

Abfallwirtschaft und Klimaschutz

Fachtagung am 08. Februar 2007

Augsburg, 2006 – ISBN 3-940009-12-1; 978-3-940009-12-8

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg
Tel.: (0821) 90 71 - 0
Fax: (0821) 90 71 - 55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Zitiervorschlag:

Bayer. Landesamt für Umwelt (Veranst.):
Abfallwirtschaft und Klimaschutz (Augsburg 08.02.2007), Augsburg, 2007

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des
Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV).

© Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 2007

Gedruckt auf Recyclingpapier

Inhaltsverzeichnis

Begrüßung und Einführung	3
Dr. Bernd Matthes, Vizepräsident des Bayerischen Landesamtes für Umwelt	
Die Bayerische Klimaschutzstrategie	7
PD Dr. Tanja Gschlößl, Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München	
Klimaschutz und Abfallwirtschaft in Bayern – Aktueller Beitrag der bayerischen Abfallwirtschaft zur Treibhausgasreduzierung	19
Dipl.-Ing. René Peche, Bayerisches Institut für Angewandte Umweltforschung und -technik (BIfA GmbH), Augsburg	
Statusbericht zum Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz und mögliche Potenziale	31
Dipl.-Ing. Günter Dehoust, Öko-Institut e.V., Darmstadt	
CO₂-Minderung durch Materialeffizienz, Vermeidung und Verwertung von Abfällen	49
Dr. Siegfried Kreibe, Bayerisches Institut für Angewandte Umweltforschung und -technik (BIfA GmbH), Augsburg	
Treibhausgasreduzierungspotenziale in Müllverbrennungsanlagen	61
Dipl.-Ing. Christian Pacher, Technische Universität München, Lehrstuhl für Technologie Biogener Rohstoffe	
CO₂-Emissionshandel – Bedeutung als Produktionsfaktor beim Anlagenbetrieb	71
Dipl.-Ing. Thomas Mühlpointner, Future Camp GmbH, München	
Abfallaufkommen und Abfallvermeidung im gewerblichen Bereich	87
Dipl.-Biol. Reinhold Naß, Büchl Consult GmbH Umweltmanagement, München	
Tagungsleitung / Referenten	97

Begrüßung und Einführung

Dr. Bernd Matthes, Vizepräsident des LfU

Meine sehr geehrten Damen und Herren,

zu unserer heutigen Fachtagung „Abfallwirtschaft und Klimaschutz“ begrüße ich Sie alle recht herzlich.

Die Bayerische Staatsregierung sieht im Klimaschutz einen wesentlichen Schwerpunkt der bayerischen Umweltpolitik.

Ziel ist eine Verminderung der Gesamt-CO₂-Emissionen in Bayern von 92 Mio. Tonnen (1996) bis zum Jahr 2010 auf einen Wert von 80 Mio. Tonnen pro Jahr (entspricht 6,4 Tonnen CO₂ je Einwohner und Jahr). Der Pro-Kopf-Ausstoß liegt in Bayern derzeit mit rund 7 Tonnen CO₂ deutlich unter dem Bundesdurchschnitt von 10,3 Tonnen.

Ziel ist es, unter Berücksichtigung der speziellen Gegebenheiten in Bayern die noch vorhandenen CO₂-Einsparpotenziale unter Beachtung der Kosten-Nutzen-Relation bestmöglich auszuschöpfen und parallel dazu Forschungslücken zu schließen.

Neben den klassischen Zielen der Abfallwirtschaft wie schadlose Beseitigung und Ressourcenschonung durch z. B. Abfallvermeidung und -verwertung (Recycling) wird zunehmend der Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz diskutiert. Nach vorliegenden Studien nimmt die Abfallwirtschaft hier durchaus eine zentrale Rolle ein. Sie hat bislang bereits zu rund einem Fünftel zu dem im Kyoto-Protokoll für Deutschland vereinbarten Treibhausgas-Minderungsziel beigetragen. Dies ist überwiegend auf die Beendigung der Deponierung von unbehandelten organischen Abfällen und damit der Vermeidung klimarelevanter Deponiegase zurück zu führen.

Die Abfallwirtschaft umfasst aber ein wesentlich weiteres Spektrum, in dem klimarelevante Prozesse positiv beeinflusst werden sollen bzw. negativ beeinflusst werden können. Zu nennen sind beispielsweise:

- Die klimaneutrale Nutzung der organischen Abfallanteile in z. B. Bioabfallvergärungsanlagen oder Müllheizkraftwerken. Hierdurch werden bereits rd. 1 % des gesamten Energiebedarfs Bayerns bereitgestellt.
- Die Chancen und Möglichkeiten der weiteren Effizienzsteigerung von Müllheizkraftwerken.
- Die zunehmende Herstellung von Ersatzbrennstoffen aus Abfall und der Einsatz in Industrieprozessen.
- Die Erfassung und umweltgerechte Entsorgung von Treibhausgasen wie Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) aus Kälte- und Klimaanlageanlagen sowie Isolierstoffen im Bausektor.
- Die Wirkungen des zunehmenden Ausbaus der Recyclingwirtschaft bzw. die Verwendung von Sekundärrohstoffen. So lassen sich bei der Herstellung von Neuwaren aus recyceltem Aluminium gegenüber dem Einsatz von primären Aluminiumrohstoffen bis zu 95 % an Energie einsparen.
- Durch die Verwendung von Altglas kann der Energieverbrauch in der Glasproduktion um bis zu 35 % vermindert werden. Allein in Bayern werden pro Einwohner im Durchschnitt über 25 kg Behälterglas im Jahr getrennt gesammelt und wieder verwertet.

- Die konsequente Erfassung und energetische Nutzung der sich auf Deponien noch über Jahre bildenden klimarelevanten Methangasemissionen in Deponiegasmotoren
- und insbesondere die Wirkungen von Abfallvermeidung und Materialeffizienz.

Nach Abschätzung des „Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)“ im 3. Sachstandsbericht 2001 ist das Potenzial der Verringerung des Ausstoßes von Treibhausgasen durch eine bessere Materialnutzung in der Industrie zusammen mit einer umweltgerechten Ausgestaltung der Abfallwirtschaft ebenso groß wie das Minderungspotenzial in den Sektoren Verkehr und Energiewirtschaft.

Um den aktuellen Beitrag der Abfallwirtschaft in Bayern zum Klimaschutz zu quantifizieren und Vorschläge für weitergehende Maßnahmen in diesem Bereich zu erarbeiten hat uns das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz beauftragt, ein Forschungsprojekt mit dem Titel „Abfallwirtschaft und Klimaschutz“ zu vergeben. Das Projekt wurde zwischenzeitlich vom Bayerischen Institut für Angewandte Umweltforschung und -technik GmbH (BfA) bearbeitet, mit dem wir heute gemeinsam diese Tagung veranstalten. Die wesentlichen Ergebnisse aus diesem Projekt werden Ihnen im Rahmen des heutigen Tages vorgestellt.

Wir haben die Tagung in zwei Themenblöcke unterteilt:

Heute Vormittag wird Herr Daehn, stellvertretender Abteilungsleiter der Abteilung Abfallwirtschaft des LfU, Sie durch den Programmteil „Stand und Entwicklung“ führen.

- Einleitend wird Sie Frau PD Dr. Tanja Gschlößl vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz über die „Bayerische Klimaschutzstrategie“ informieren.
- Herr Dipl.-Ing. René Peche vom BfA GmbH wird Ihnen anschließend Ergebnisse aus dem bereits angesprochenem Forschungsprojekt zum aktuellen Beitrag der bayerischen Abfallwirtschaft zur Treibhausgas-Minderung vorstellen.
- Im letzten Beitrag des Vormittags wird Herr Dipl.-Ing. Günter Dehoust vom Ökoinstitut Ergebnisse aus einer bundesweiten Untersuchung zum Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz vorstellen.

Heute Nachmittag wird Sie Herr Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rommel vom BfA GmbH durch den Programmteil „Minderungsstrategien“ führen.

- Herr Dr. Siegfried Kreibe vom BfA wird über Vorschläge zur CO₂-Minderung durch Materialeffizienz, Vermeidung und Verwertung von Abfällen berichten, die ebenfalls in dem bayerischen Projekt „Abfallwirtschaft und Klimaschutz“ erarbeitet wurden.
- Herr Christian Pacher vom Lehrstuhl für Technologie biogener Rohstoffe der TU München stellt Ergebnisse aus einem noch laufendem bayerischen Forschungsprojekt zu Treibhausgaspotenzialen in Müllverwertungsanlagen vor.
- Herr Dipl.-Ing. Thomas Mühlpointner, von Future Camp wird über die Bedeutung des Emissionshandels für Waste-to-Energy referieren
- und schließlich wird Herr Dipl.-Biologe Reinhold Naß von Büchl Consult über Stoffströme, Abfallaufkommen und Abfallvermeidung im gewerblichen Bereich berichten.

Ich würde mir wünschen, dass die heutige Veranstaltung dazu beiträgt, Antworten auf folgende Kernfragen zu erhalten:

- Wie groß war bisher und ist derzeit der bayerische Beitrag der Abfallwirtschaft zum Treibhaus-effekt?
- In welchen Bereichen der bayerischen Abfallwirtschaft sind weitere bedeutende Potenziale zum Klimaschutz gegeben (Wo stehen wir?!) und
- Welche Maßnahmen sind auch unter Kostenaspekten und im Vergleich mit möglichen Maß-nahmen in anderen Bereichen (z. B. industrielle Prozesse, Haushalte, Verkehr) als sinnvoll anzu-sehen (Was haben wir zu tun?!)?

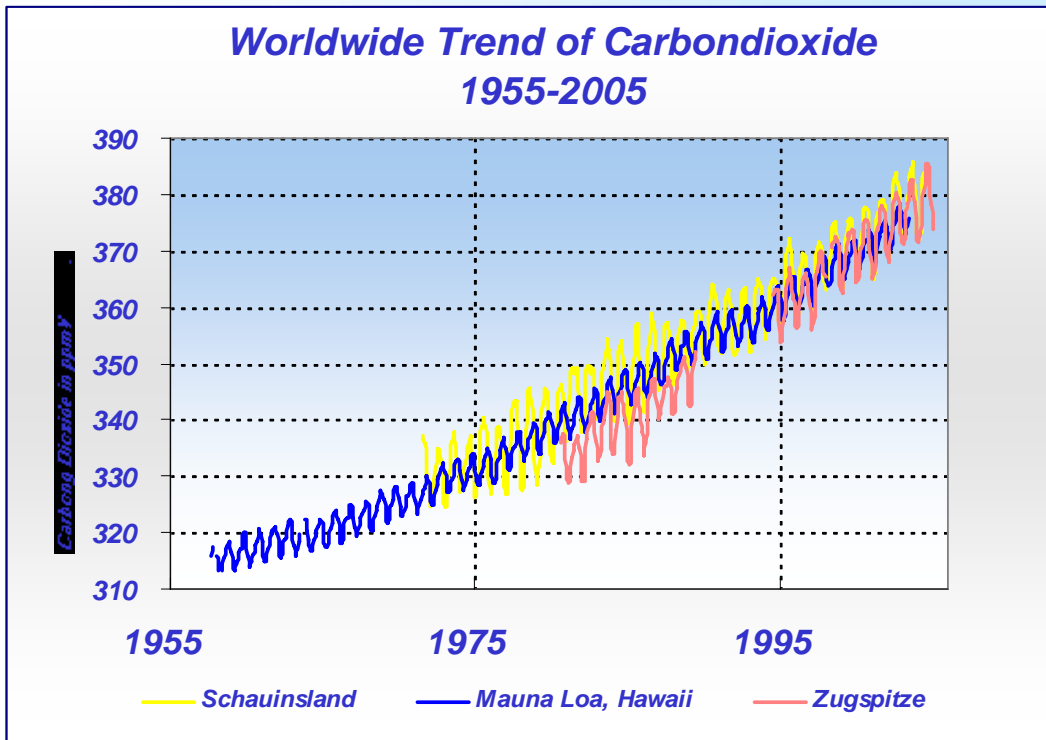
Ich darf mich bei den Moderatoren und allen Referenten für Ihre Bereitschaft, an unserer heutigen Fachtagung mitzuwirken bereits jetzt recht herzlich bedanken. Ohne Ihre Mitwirkung und Ihr Wis-sen könnten wir solche Fachtagungen allein nicht ausrichten.

Ihnen allen danke ich für Ihr Kommen und Ihr Interesse an dieser Veranstaltung. Ich wünsche der Tagung einen erfolgreichen und interessanten Verlauf, fruchtbare Vorträge und Diskussionen und danke meinen Kollegen für die gute Vorbereitung.

Die Bayerische Klimaschutzstrategie

PD Dr. Tanja Gschlößl, Bayer. Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München

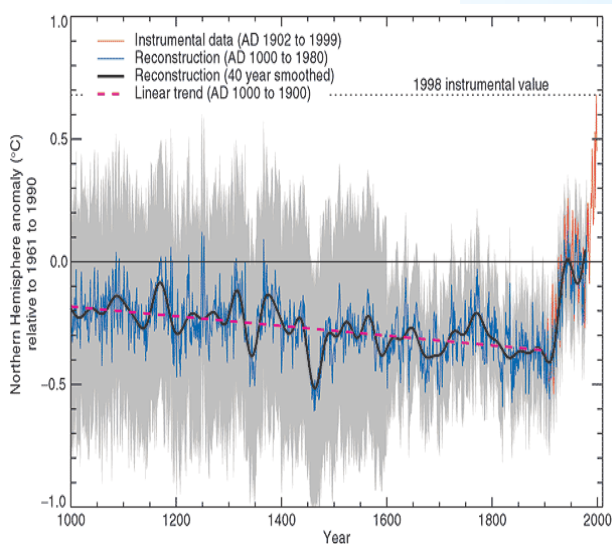




2



Aktuelle Klimastudien zeigen auf, dass:



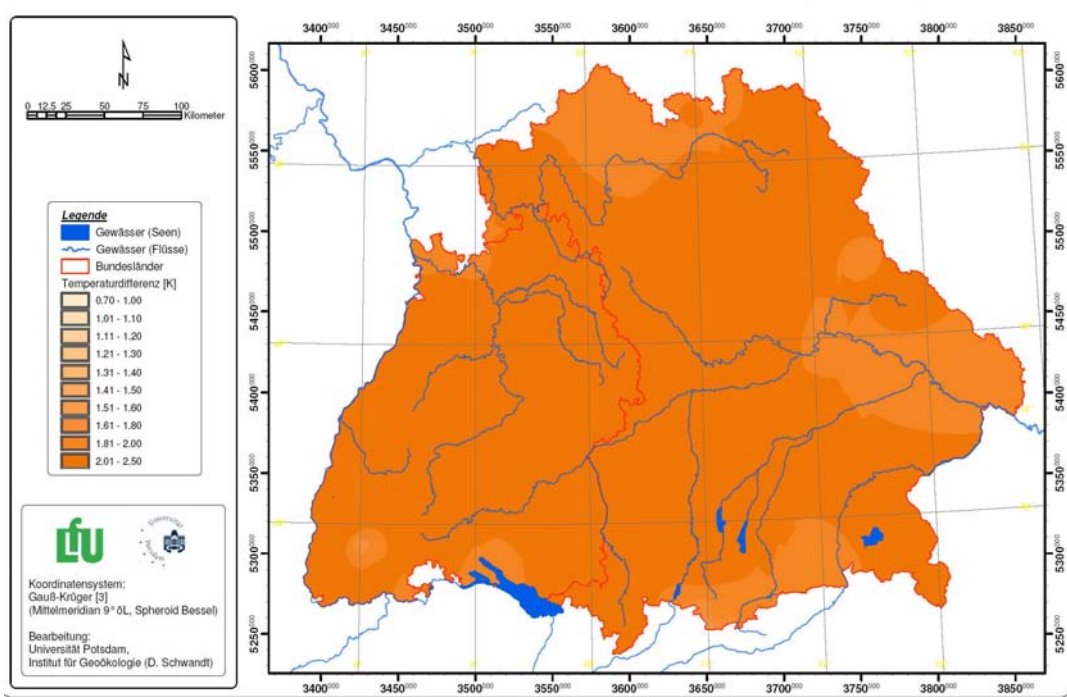
„hockey-stick-curve“

- In 5 bis 15 Jahren die Arktis im Sommer eisfrei sein wird
- In 2100 der Meeresspiegel um ca. 1 m höher liegen wird
- Hitzewellen, Dürreperioden, Starkregenereignisse auf Deutschland zukommen werden
- es in Deutschland bis 2100 im Mittel um 2 bis 4°C wärmer sein wird
- In 30 Jahren ein Durchschnittssommer so warm sein wird wie in 2003 (35.000 Hitzeopfer in Europa)
- Bayern wg. der sensiblen Alpenregion insbesondere betroffen sein wird

3



Prognose künftiger Klimaänderungen Temperaturzunahme im Winter (Zeitraum 2021 bis 2050)

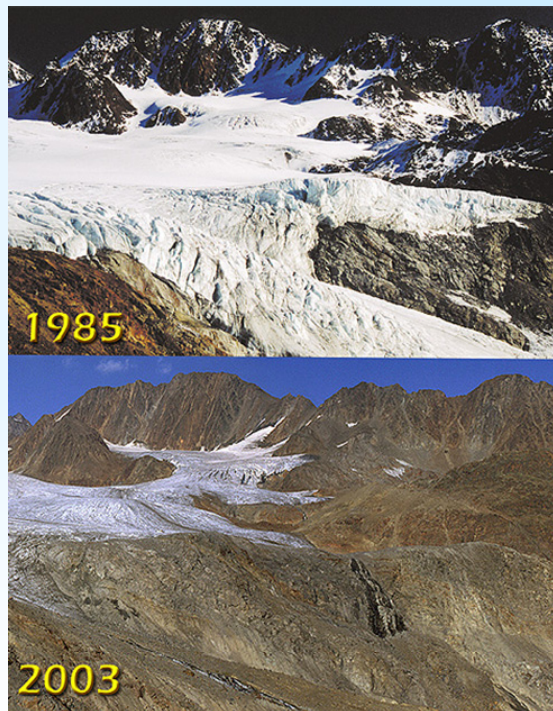


4



Klimawandel:
Globale Erwärmung
ca. 0,7°C in den letzten 100
Jahren

Alpenraum:
In den letzten 50 Jahren
Erwärmung doppelt so hoch
wie im globalen
Durchschnitt !



Vernagtferner (Ötztal)

Quelle: Kommission für Glaziologie an der Bayerischen Akademie der Wissenschaften

5



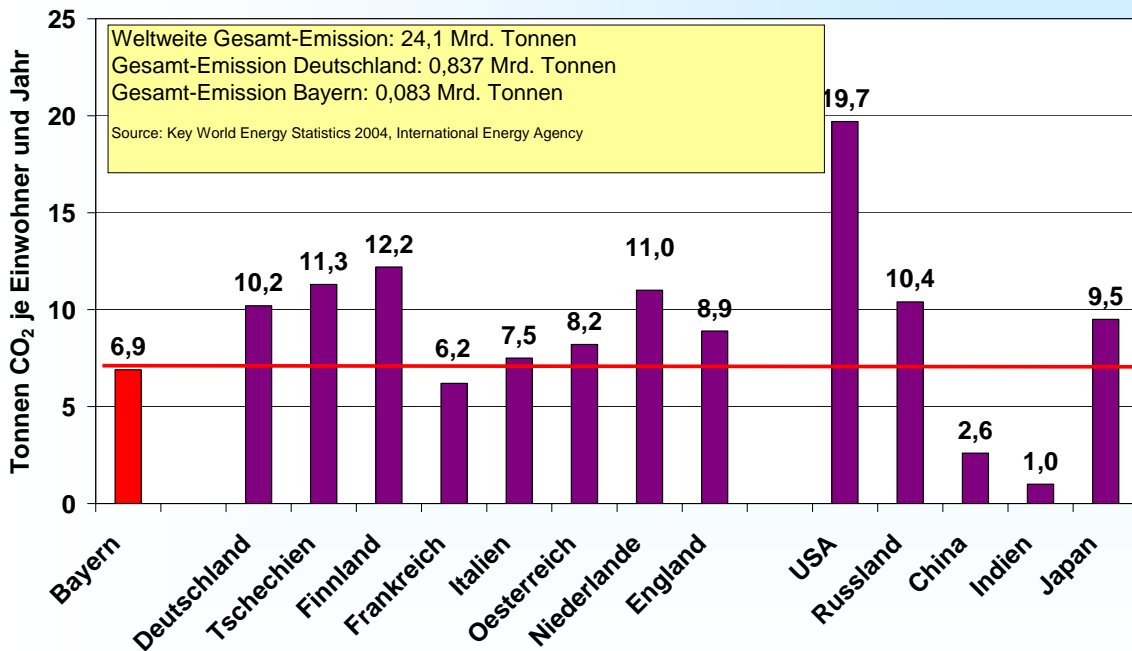
Aber auch:
Ökonomische Folgen



**Internationales Problem -
 Internationale Lösung!**



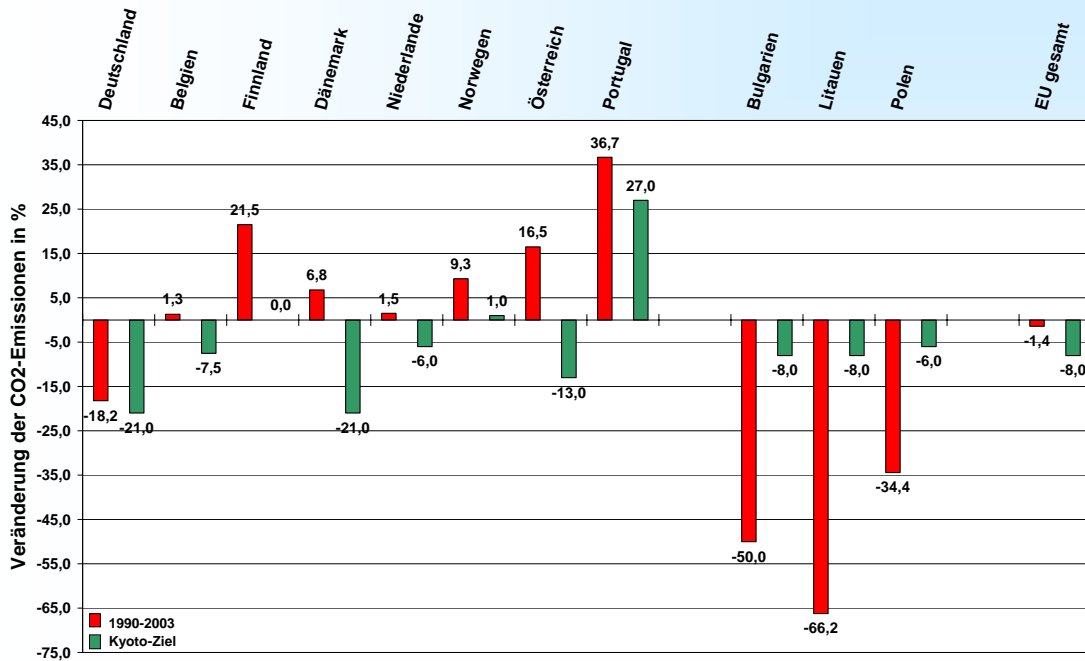
Vergleich des Pro-Kopf-Ausstoßes im Jahr 2002





UN-Klimaschutzkonferenz 1997 in Kyoto

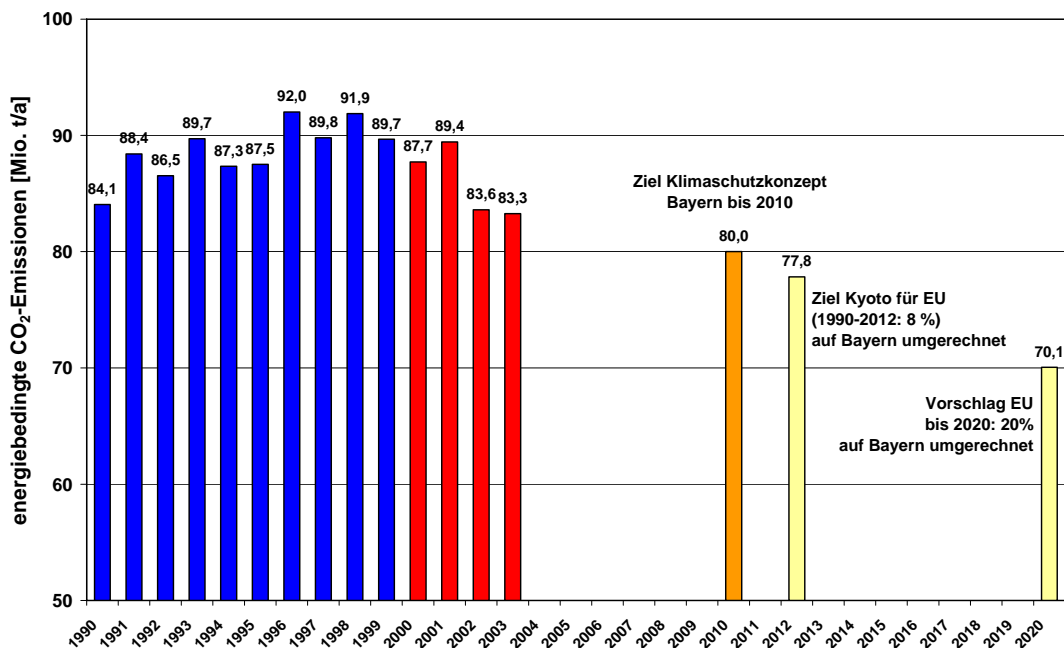
Kyoto-Protokoll: Bilanz einiger EU-Staaten bis 2003



8



Bayerische CO2-Emissionen (energiebedingt)



9



Bayerische Klimaschutzstrategie

Konsequente Durchsetzung einer Doppel-Strategie

Auf internationaler Ebene:

- Weiterentwicklung des Kyoto-Protokolls zu einem wirksamen Kyoto Plus-Abkommen unter Einbeziehung der USA und aufstrebenden Volkswirtschaften wie Indien und China

Auf nationaler Ebene:

- Umsetzung des dualen Prinzips „Vorsorge und Anpassung“:
 - Konsequente Verminderung der Treibhausgasemissionen
 - Erforschung der Klimaänderung und Anpassung an die unvermeidbaren Auswirkungen der Klimaveränderung

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

10



Bayerische Klimaschutzstrategie

Bayerisches Klimaschutzkonzept

2000 / 2003



Umweltpakt I, II und III

1995 / 2000 / 2005

Klimadialog Bayern

2001



**Gesamtkonzept Energiepolitik
(StMWIVT)**

2004

**Gesamtkonzept Nachwachsende Rohstoffe
(StMLF)**

2003 /2005

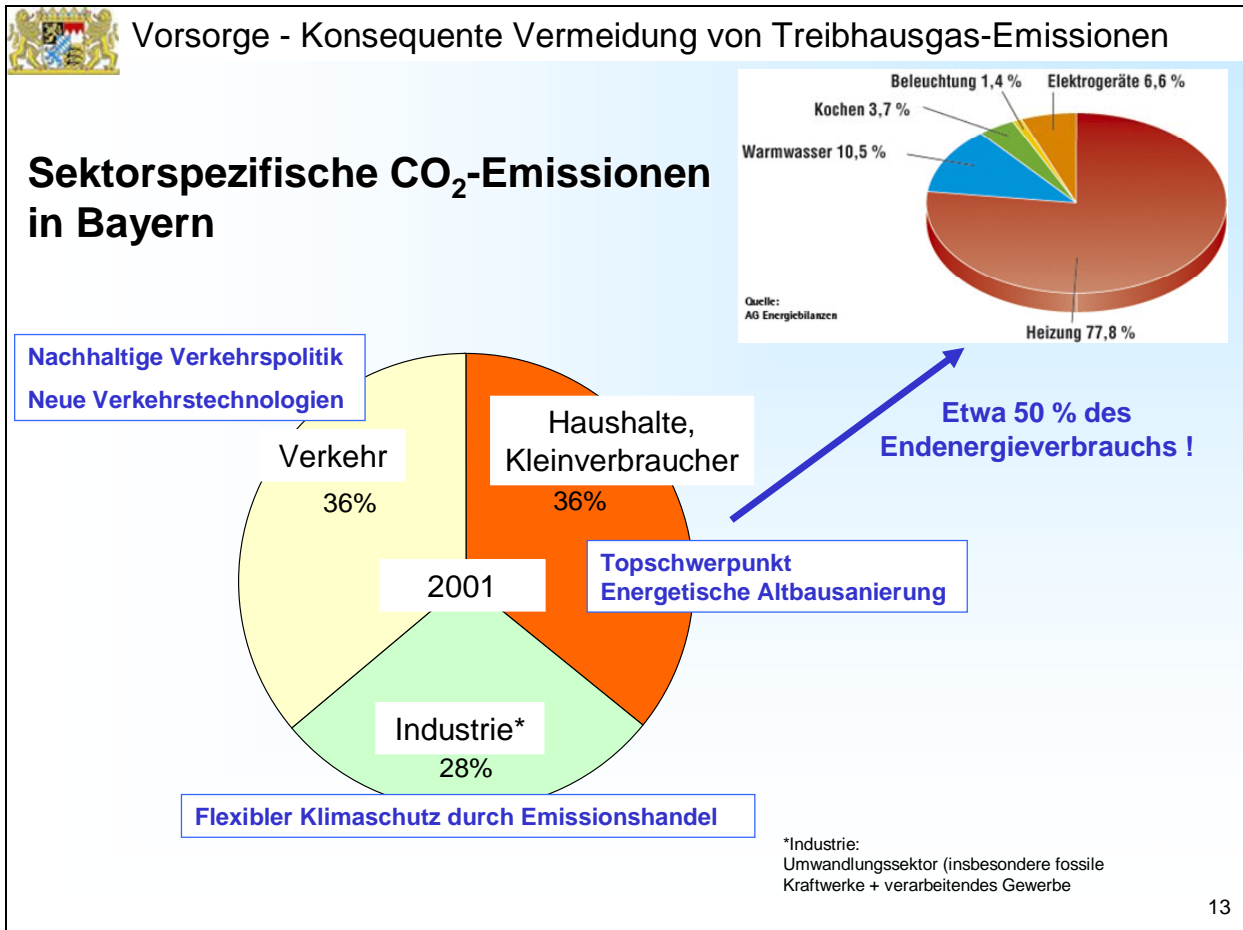
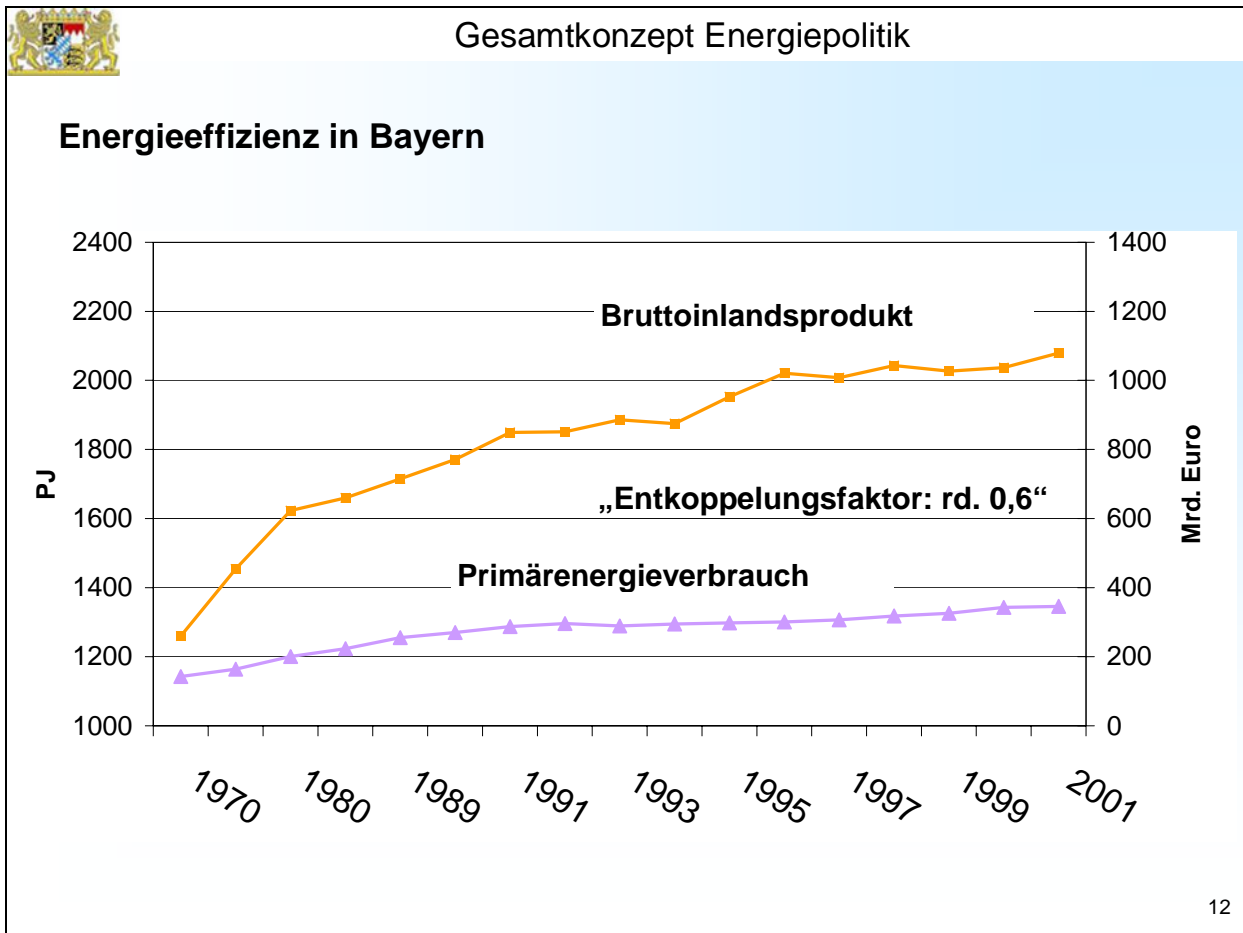
Klima-Allianz

2004, 2007



Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

11





Vorsorge – Energetische Gebäudesanierung

CO₂- Vermeidungspotential energetische Gebäudesanierung

- Der **gesamte CO₂-Ausstoß** bayerischer Haushalte aufgrund von Raumheizung und Warmwasserbereitung liegt bei **21,9 Mio. Tonnen pro Jahr**
- Unter Anwendung **ausgewählter Sanierungsmaßnahmen** mit einem guten Kosten-Nutzen-Effekt (Dämmung von oberster Geschoßdecke, Außenwanddämmung, Fensteraustausch, Dämmung Kellerdecke) liegt das technische **CO₂-Einsparpotenzial bei Gebäuden aus dem Bestand mit Baujahr bis 1978 bei 11,5 Mio. Tonnen**
- Für die Erschließung des Potentials von 11,5 Mio. Tonnen wäre eine einmalige Investition von ca. 77 Mrd. € bzw. - bei schon eingerechneter Heizkostensparnis – über 20 Jahre jährliche Ausgaben von 2,9 Mrd. € nötig
- Das gesamte technische CO₂-Einsparpotential im bayerischen Gebäudebestand liegt bei 14,2 Mio. t (113, 6 Mrd. € Gesamtinvestition bzw. 5,2 Mrd./a)
- **CO₂-Einsparung pro Haushalt durch Modernisierung von Heizanlagen:**
 - Kesseltausch und Wechsel des Energieträgers von Öl zu Gas: 300 bis 2.400 kg/a
 - Wechsel von Öl zu Holzpellets 6 t/a
 - Hackschnitzelheizungen von rd. 7 t/a.

14



Vorsorge - Konsequente Vermeidung von Treibhausgas-Emissionen

Bayerische Klimaallianz



Klimadialog mit der bayerischen Wirtschaft



Klimaschutz-Bündnisse der Bayerischen Staatsregierung mit

- Bund Naturschutz** (1. Klimagipfel am 21.10.2004)
- Landeskirchen** (2. Klimagipfel am 11.01.2007)
- Bayerischem Jugendring** (in Vorber. für Herbst 2007)
- Bayerischem Landessportverband**
- Kommunalen Spitzenverbänden**
- weiteren Akteuren**

Ziele der Klimaallianz:

- Information und Kommunikation
- Aufzeigen von Handlungsmöglichkeiten
- Einbeziehung aller gesellschaftlichen Gruppen
- Bewusstsein schaffen
- zum Handeln motivieren

Schwerpunkte

Energieeinsparung und energetische Gebäudesanierung

- Forschungsaufträge zur Optimierung des Kosten/Nutzen-Verhältnisses bei der energetischen Gebäudesanierung
- Best-Practice-Beispiele
- Konzeption und Start einer Werbekampagne zur energetischen Gebäudesanierung
- Aufbau einer Internet-Plattform zur Information und zum Informationsaustausch
- Kommunales Energiemanagement und Einführung des eea® in Bayern
- Vernetzung der regionalen Klimaschutz- und Energiesparinitiativen


Erforschung der Klimaänderung

Bayerischer Klimaforschungsverbund BayFORKLIM

1990 bis 1998

Ziel: Erforschung der Klimaänderungen in Bayern und deren Auswirkungen auf Mikroorganismen, Pflanzen, Tiere und den Menschen





KLIWA – Klimaveränderung und Wasserwirtschaft


Kooperationsvorhaben BY, BW und DWD

Ziel: Erforschung der regionalen Auswirkungen der Klimaänderungen auf den Wasserhaushalt in Süddeutschland

Bayerischer Forschungsverbund Erhöhte UV-Strahlung in Bayern

1999 bis 2003

Ziel: Messung und Modellierung der UV-Strahlung, Auswirkungen der UV-Strahlung auf Pflanzenproduktion, Ökosysteme und die menschliche Gesundheit



Bayerische Waldklimastationen (StMLF)

Ziel: Beobachtung, Überwachung und Bewertung von Umwelt- und Klimaeinflüssen auf die Wälder


Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

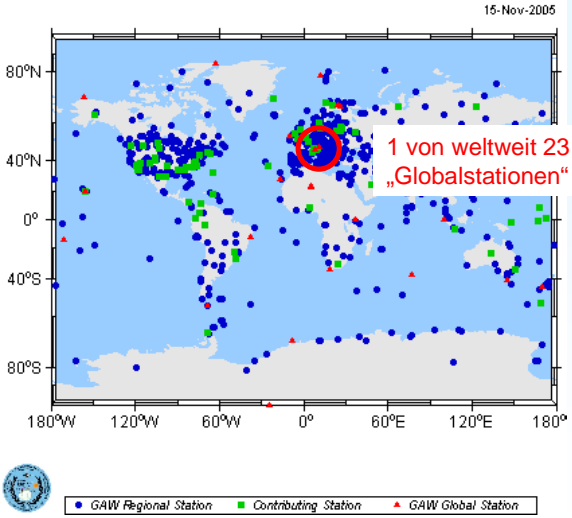
Erforschung der Klimaänderung

Umweltforschungsstation Schneefernerhaus
Zentrum für Höhen- und Klimaforschung in Bayern


Schwerpunkte

- Satellitenbeobachtung und Früherkennung
- Regionales Klima und Atmosphäre
- Global Atmosphere Watch (WMO)
- Umwelt- und Höhenmedizin





1 von weltweit 23 „Globalstationen“



Europäisches Kompetenzzentrum

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz



Anpassung an die unvermeidbaren Folgen der Klimaänderung

Übergeordnetes Ziel

Minimierung von Schäden für Mensch, Natur und Sachwerte durch

- frühzeitige und aktive Analyse von Risiken
- Umsetzung von Lösungen für Vorbeugung, Minimierung, Krisenmanagement und Folgenbewältigung

Aktuelle Beispiele

Unwetterwarnsystem Bayern (StMI)

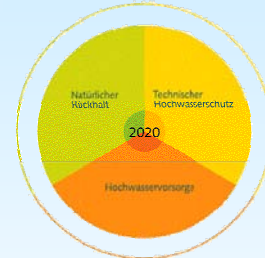
Radargestütztes Auswerte- und Prognosesystem KONRAD des DWD für Kreisverwaltungsbehörden und Gemeinden

Waldumbauprogramm „Klimawandel im Staatswald“ (StMLF)

Umwandlung von 10.000 ha reiner Fichtenwälder in Mischwälder zusätzlich zum ohnehin laufenden Waldumbau

Hochwasserschutzprogramm 2020 (StMUGV)

- Einführung eines Klimaänderungszuschlag:
- Spart nachträgliche Anpassung der Schutzsysteme
 - Zusätzlicher Schutz der Bürger und Infrastruktur



Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

18



Strategisches Project ClimChAlp

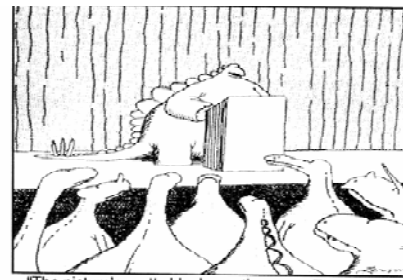
“**C**limate **C**hange, **I**mpacts and **A**daptation Strategies in the **A**lpine Space“

“Klimawandel, Auswirkungen und Anpassungsstrategien im Alpenraum“

im Rahmen des
INTERREG-III B-Alpenraumprogramms

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

19



Der Blick fürs Ganze – Klimaschutz geht uns alle an!



Quelle: NASA

Klimaschutz und Abfallwirtschaft in Bayern – Aktueller Beitrag der bayerischen Abfallwirtschaft zur Treibhausgasminderung

Dipl.-Ing. René Peche, Bayerisches Institut für Angewandte Umweltforschung und -technik (BIfA GmbH), Augsburg

1 Einleitung

Unter Stichworten wie „Nachhaltigkeit in der Abfallwirtschaft“ oder „Von der Abfallwirtschaft zur Ressourcenwirtschaft“ haben sich in letzter Zeit mehrere Studien mit dem Beitrag der Abfallwirtschaft zur Emission von Treibhausgasen beschäftigt. Teilweise war die Perspektive dieser Studien retrospektiv. So wurde zum Beispiel untersucht, in wieweit die rechtlichen Rahmenbedingungen, wie z. B. das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz einschließlich des untergesetzlichen Regelwerkes, dazu beigetragen haben, die Umweltwirkungen der Abfallwirtschaft von 1990 bis 2005 zu reduzieren. Es konnte gezeigt werden, dass insbesondere das Verbot der Ablagerung unbehandelter Abfälle einen großen Einfluss auf die Minimierung der freigesetzten Treibhausgase hatte.

Gleichwohl können abfallwirtschaftliche Maßnahmen auch in Zukunft weitere wichtige Beiträge zur Minimierung leisten. Die Untersuchung solcher Möglichkeiten war Gegenstand der vom Bayerischen Landesamt für Umwelt in Auftrag gegebenen Studie „Abfallwirtschaft und Klimaschutz“.

Die Studie bestand aus zwei Teilen. Der erste Teil umfasste die Quantifizierung des aktuellen Beitrages der Abfallwirtschaft zu den Emissionen von Treibhausgasen in Bayern sowie der Auswirkungen des Verzichts auf die Deponierung von Abfällen. Die Ergebnisse werden in diesem Tagungsbeitrag zusammengefasst.

Die Ergebnisse des zweiten Teils der Studie stellt Dr. Siegfried Kreibe in seinem Tagungsbeitrag „CO₂-Minderung durch Materialeffizienz, Vermeidung und Verwertung von Abfällen“ vor.

2 Methodische Grundlagen

2.1 Treibhauspotenzial

Die Bilanzierung des Beitrages der bayerischen Abfallwirtschaft zum Treibhauseffekt umfasste die Betrachtung wesentlicher statistisch erfasster Abfallströme sowie deren Entsorgungswege bis zum Vorliegen marktfähiger End- oder Zwischenprodukte.

Der Treibhauseffekt steht für die negative Umweltwirkung der Erwärmung der Erdatmosphäre. Der bisher in ökobilanziellen Betrachtungen zumeist angewandte Indikator ist das Strahlungspotenzial, angegeben in CO₂-Äquivalenten [CML 1992, KLÖPFER & RENNER 1995, IPCC 1996].

Im Kyoto-Protokoll werden folgende Treibhausgase genannt, die auch bei der Ermittlung des nationalen Treibhausgasinventars berücksichtigt werden:

- Kohlendioxid
- Methan
- Distickstoffmonoxid

- Schwefelhexafluorid
- Kohlenwasserstoffe
 - teilfluoriert: CHF_3 , CH_2F_2 , CH_3F , $\text{C}_5\text{H}_2\text{F}_{10}$, C_2HF_5 , $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$, $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$, $\text{C}_2\text{H}_4\text{F}_2$, $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$, C_3HF_7 , $\text{C}_3\text{H}_2\text{F}_6$, $\text{C}_3\text{H}_3\text{F}_5$
 - perfluoriert: CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , C_4F_{10} , C_4F_8 , C_5F_{12} , C_6F_{14}

In dieser Studie wurden nur die wichtigsten und v. a. ergebnisrelevanten Treibhausgase Kohlendioxid, Methan und Distickstoffmonoxid berücksichtigt.

2.2 Systemgrenzen

Grundlage für die Bilanzierung war ein bereits durch BIfA erstelltes dynamisches Stoffstrommodell der bayerischen Entsorgungsstrukturen [PITSCHKE ET AL. 2003], das aktualisiert und um relevante, noch nicht berücksichtigte, Abfallströme und Entsorgungswege erweitert wurde.

Die inputseitige Systemgrenze war dabei die Anfallstelle des Abfalls. Die „Herstellung“ der zu Abfall gewordenen Produkte wurde nicht berücksichtigt.

Das Stoffstrommodell umfasst alle Prozessschritte der Entsorgungswege der zu betrachtenden Abfälle, wie Sammlung in Hol- und Bringsystemen, Sortierung, Aufbereitung, Beseitigung und Verwertung, bis hin zur eventuell notwendigen Behandlung der bei diesen Prozessen anfallenden Rest- und Wertstoffe sowie alle mit den Prozessen verbundenen relevanten Stoff- und Energieflüsse von der Gewinnung und Aufbereitung von Rohstoffen bis zu der Bereitstellung von Betriebsmitteln und, soweit als möglich, der Entsorgung von Reststoffen.

Neben der Entsorgung der Abfälle als Hauptzweck eines Entsorgungssystems resultieren aus einem Teil der untersuchten Entsorgungsverfahren zusätzliche Nutzen, wie z. B. elektrische und thermische Energie aus der Abfallbehandlung, Sekundärrohstoffe oder Nährstoffe im Kompost der auf Felder ausgebracht wird. Für einen vollständigen Systemvergleich waren deshalb in Äquivalentprozessen die Umweltauswirkungen zu bilanzieren, die mit der konventionellen Erzeugung einer dem zusätzlichen Nutzen äquivalenten Stoff- und Energiemenge verbunden sind. Diese „eingesparten“ Umweltauswirkungen wurden den Umweltauswirkungen des Entsorgungssystems gutgeschrieben. Das bedeutet, dass die durch die Bilanzierung der konventionellen Herstellungsprozesse erhaltenen Aufwendungen und Emissionen dem jeweiligen System als Gutschrift angerechnet, d.h. von den Umweltauswirkungen rechnerisch abgezogen, wurden. Das führte u. a. zu negativen Netto-Ergebnissen.

Die Bereitstellung und der Unterhalt der Infrastruktur (der Bau, die Wartung und Reparatur von Gebäuden, Maschinen, Industrieanlagen, Transportmitteln und Verkehrswegen) wurden nicht berücksichtigt, da die damit verbundenen Aufwendungen und Emissionen nur einen untergeordneten Beitrag zu den Gesamtaufwendungen und -emissionen der bayerischen Abfallwirtschaft liefern würden. Dieser geringe Beitrag erklärt sich daraus, dass die Aufwendungen und Emissionen für die Bereitstellung der Infrastruktur auf die während der gesamten Betriebsphase der Anlagen durchgesetzten Materialmengen bezogen werden müssen.

2.3 Berücksichtigte Abfälle

Der Bezugsraum für die Bilanzierung waren die in Bayern gesammelten und erfassten Siedlungs- und Gewerbeabfälle, die zum größten Teil in bayerischen Abfallbehandlungsanlagen, zu einem geringen Teil jedoch auch in Anlagen außerhalb Bayerns, verwertet und beseitigt wurden.

Datengrundlage für die Siedlungsabfälle war die zum Zeitpunkt der Studiererstellung aktuelle verifizierte und publizierte Abfallbilanz Bayerns für das Jahr 2003, die hauptsächlich die Entsorgungswege der Siedlungsabfälle erfasst und darstellt [LFU 2004].

Datengrundlage für die Gewerbeabfälle war eine empirische Studie der Büchl Consult GmbH zur Verwertung und Beseitigung nicht besonders überwachungsbedürftiger Gewerbeabfälle aus Bayern [BÜCHL 2004]. Die darin erfassten und abgeschätzten Daten stammten ebenfalls aus dem Jahr 2003, so dass die gemeinsame Betrachtung mit den Siedlungsabfällen problemlos zulässig war. Auf die Ermittlung dieser Abfallströme geht der Tagungsbeitrag „Abfallaugkommen und Abfallvermeidung im gewerblichen Bereich“ von Herrn Reinhold Naß ein.

Datengrundlage für die Bauabfälle war die Statistik zur Entsorgung von Bauabfällen in Bayern 2002 des Bayerischen Landesamtes für Statistik und Datenverarbeitung [LFSTAD 2004].

3 Bilanzierungsmodell

3.1 Quantifizierung der berücksichtigten Abfallströme

Insgesamt sind 22,99 Mio. t Abfälle in das Stoffstrommodell aufgenommen worden, die sich auf 13,47 Mio. t Bauabfall, 6,4 Mio. t Siedlungsabfall und 3,12 Mio. t Gewerbeabfall aufteilen.

Der Bauabfall umfasst Bauschutt, Bodenaushub, Straßenaufbruch, Baustellenabfälle und Bau- und Abbruchholz zur Aufbereitung bzw. Beseitigung. Die Verwendung von Bodenaushub für eine oberirdische Verfüllung und im Rahmen von Rekultivierungen wurden nicht berücksichtigt.

Die Zusammensetzung des Siedlungs- und Gewerbeabfalls sind in Abbildung 3.1 dargestellt.

Keine Berücksichtigung fanden beim Siedlungsabfall die ausgewiesenen Mengen Alttextilien, Flachglas, Altfett, Autobatterien und Kleinfractionen (z. B. Korken, Altschuhe, Teppichböden, Altreifen etc.) sowie beim Gewerbeabfall die ausgewiesenen Mengen Sortierreste aus der Sortierung von Haushaltsabfällen und sonstige Gewerbeabfälle.

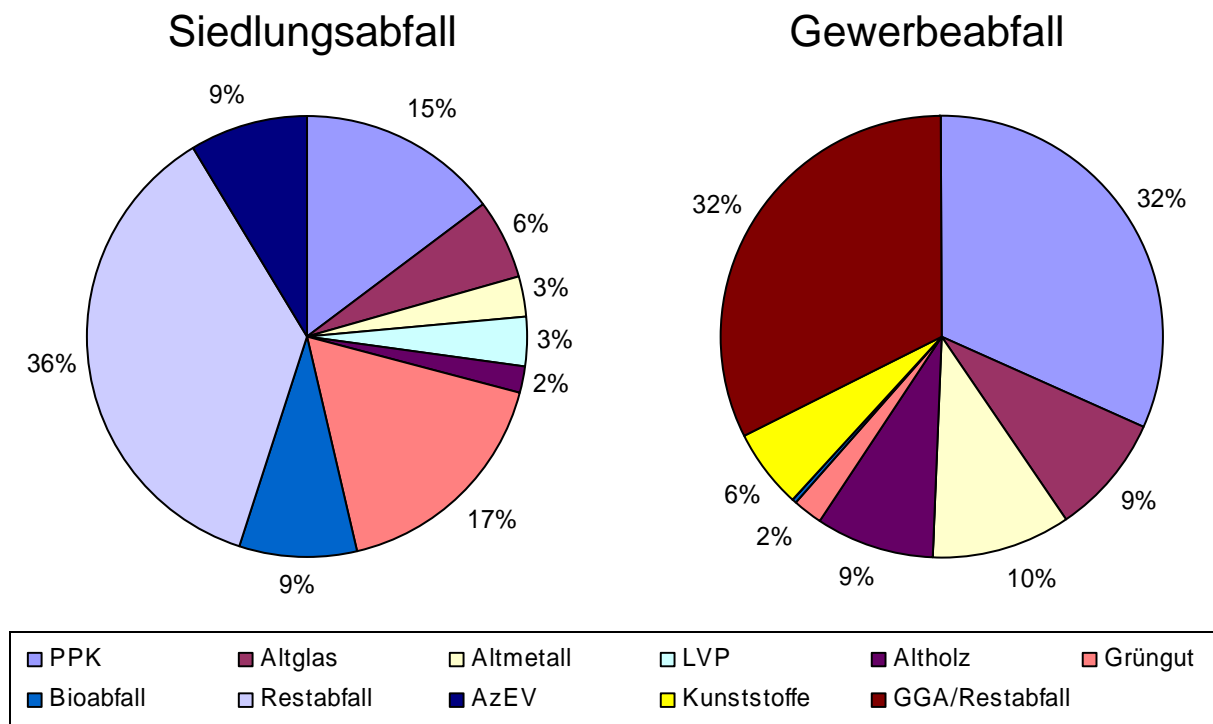


Abb. 3.1: Zusammensetzung des Siedlungs- und Gewerbeabfalls

3.2 Bilanzierte Erfassungs-, Verwertungs- und Beseitigungswege

Tabelle 3.1 fasst die Erfassungs-, Verwertungs- und Entsorgungswege für die untersuchten Abfall- bzw. Wertstoffströme zusammen.

Tab. 3.1: Erfassungs-, Verwertungs- und Beseitigungswege für Restabfälle und Wertstoffe, die in der Bilanzierung berücksichtigt wurden (SA → Siedlungsabfall, GA → Gewerbeabfall)

Abfallart	Erfassung	Bilanzierter Verwertungs- und Entsorgungsweg
Papier, Pappe, Kartonagen (PPK)	<ul style="list-style-type: none"> • Hol- und Bringsystem (SA) • Holsystem (GA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sortierung/Aufbereitung • werkstoffliche Verwertung
Altglas	<ul style="list-style-type: none"> • Bringsystem (SA) • Holsystem (GA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sortierung/Aufbereitung • werkstoffliche Verwertung
Altmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Bringsystem (SA) • Holsystem (GA) 	<p><u>FE-Metalle</u> (SA, GA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sortierung/Aufbereitung • werkstoffliche Verwertung <p><u>Elektro- und Elektronikaltgeräte</u> (SA)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sortierung/Aufbereitung • rohstoffliche Verwertung • werkstoffliche Verwertung • Beseitigung (MVA und Deponie)
Leichtverpackungen (LVP)	<ul style="list-style-type: none"> • Hol- und Bringsystem (SA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sortierung/Aufbereitung • werkstoffliche Verwertung
Altholz	<ul style="list-style-type: none"> • Bringsystem (SA) • Holsystem (GA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sortierung/Aufbereitung • Herstellung von Ersatzbrennstoff • werkstoffliche Verwertung • energetische Verwertung MVA • industrielle Mitverbrennung

Abfallart	Erfassung	Bilanzierter Verwertungs- und Entsorgungsweg
Grüngut/Bioabfall	<ul style="list-style-type: none"> • Bringsystem Bioabfall (SA) • Hol- und Bringsystem Grüngut (SA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Kompostierung • Vergärung • Verwendung als Häckselgut
Restabfall	<ul style="list-style-type: none"> • Holsystem (SA) 	<ul style="list-style-type: none"> • thermische Beseitigung MVA • Deponierung (auch für Rückstände aus der therm. Beseitigung) • Mechanisch Biologische Abfallbehandlung
Abfälle zur energet. Verwertung (AzEV)	<ul style="list-style-type: none"> • Bringsystem (SA) 	<ul style="list-style-type: none"> • thermische Verwertung MVA
Kunststoffe	<ul style="list-style-type: none"> • Holsystem (GA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sortierung/Aufbereitung • Herstellung von Ersatzbrennstoff • werkstoffliche Verwertung • energetische Verwertung MVA • industrielle Mitverbrennung
Gemischte Gewerbeabfälle (GGA) / Restabfall	<ul style="list-style-type: none"> • Holsystem (GA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sortierung/Aufbereitung • werkstoffliche Verwertung • energetische Verwertung MVA • thermische Beseitigung MVA • industrielle Mitverbrennung • Deponierung
sonstige Gewerbeabfälle	<ul style="list-style-type: none"> • Holsystem (GA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Sortierung/Aufbereitung des GA-Gemisches • Herstellung von Ersatzbrennstoff • werkstoffliche Verwertung • energetische Verwertung MVA • Deponierung • industrielle Mitverbrennung
Bauabfälle	<ul style="list-style-type: none"> • Holsystem 	<ul style="list-style-type: none"> • mobile und stationäre Aufbereitung • werkstoffliche Verwertung • Deponierung

4 Beitrag der bayerischen Abfallwirtschaft zur Emission von Treibhausgasen

4.1 Erläuterungen zur Darstellung und Auswertung

Für die Auswertung des Beitrages der Abfallwirtschaft Bayerns zum Treibhauseffekt sind Darstellungen verwendet worden, wie in Abbildung 4.1 erläutert.

Da keine der untersuchten Maßnahmen zur Abfallverwertung und Abfallvermeidung auf Bauabfälle abzielte, blieb das Treibhauspotenzial der Bauabfälle bei allen Szenarien gleich. Das machte eine separate Auswertung der Bauabfälle nicht notwendig, weshalb diese den Gewerbeabfällen zugeordnet wurden.

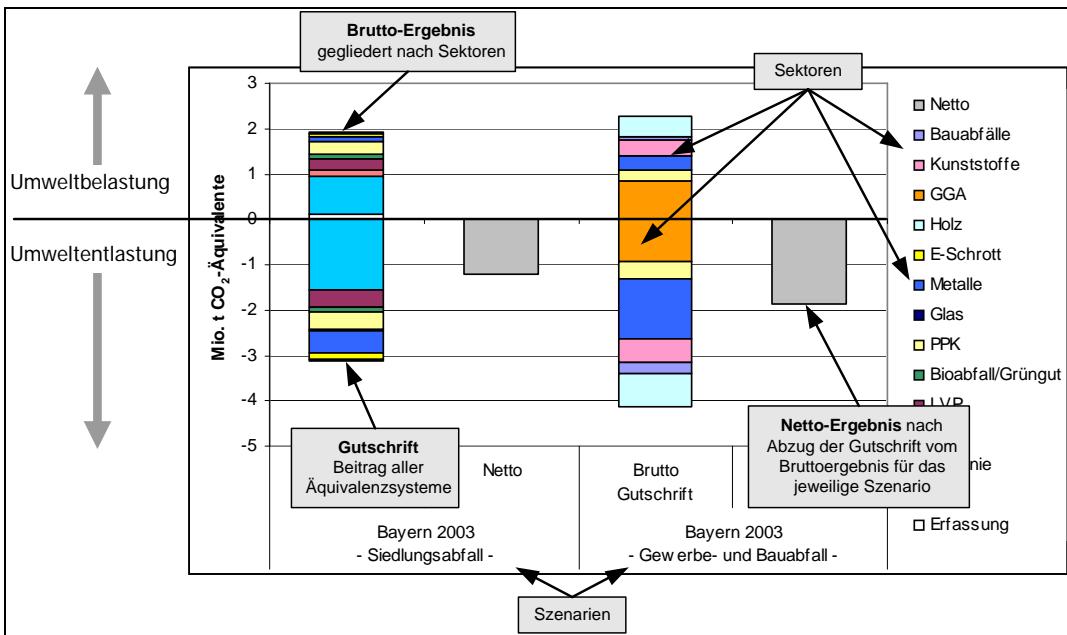


Abb. 4.1: Erläuterung der graphischen Darstellung zur Bewertung der Beiträge der bayerischen Abfallwirtschaft zum Treibhauseffekt

Die jeweils linken Balken der betrachteten Szenarien zeigen zum einen die Brutto-Aufwandsergebnisse (Umweltbelastungen - Balken nach oben) und zum anderen die Gutschriften (Umwententlastungen - Balken nach unten). Die sektorale Darstellung in farblich unterteilten Abschnitten erlaubt es, die Abfallströme bzw. Äquivalenzsysteme mit relevanten Beiträgen zum Gesamtergebnis zu identifizieren.

Aus der Verrechnung der Umweltbe- und -entlastungen resultiert das Netto-Ergebnis für das betrachtete Szenario, das jeweils im rechten Balken dargestellt ist. Es zeigt, ob die Umwelt durch den Beitrag der Abfallwirtschaft belastet (Balken nach oben) oder entlastet (Balken nach unten) wurde. Auf eine farblich unterteilte Darstellung ist hier verzichtet worden, da infolge der Verrechnung eine zweckdienliche Auflösung in Sektoren nicht möglich war.

4.2 Szenario Bayern 2003 – aktueller Beitrag der bayerischen Abfallwirtschaft zum Treibhauseffekt

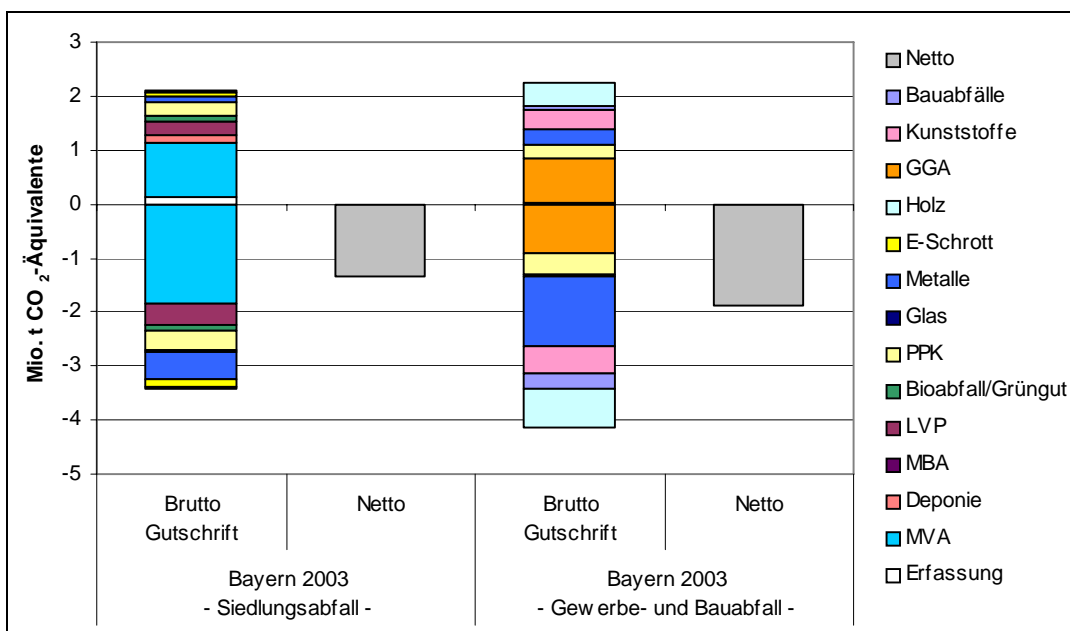


Abb.4.2: Treibhauspotenzial der bayerischen Abfallwirtschaft 2003 (Umweltbelastung: positive Werte; Umweltentlastung: negative Werte)

Abbildung 4.2 zeigt, dass die bayerische Abfallwirtschaft 2003 sowohl im Siedlungs- als auch im Gewerbebereich zu einer Netto-Entlastung der Umwelt von treibhauswirksamen Gasen beigetragen hat.

Brutto-Ergebnis (Umweltbelastung mit Treibhausgasemissionen)

Beim Siedlungsabfall stammte fast die Hälfte der Umweltbelastung mit CO₂-Äquivalenten aus der Entsorgung des Restabfalls in Müllverbrennungsanlagen. Darüber hinaus fielen sowohl bei der Verwertung von LVP- als auch von PPK-Abfällen relevante Treibhausgasemissionen an. Die anderen Abfallströme sowie die Abfallerfassung spielten eine untergeordnete Rolle.

Beim Gewerbe- und Bauabfall sind mehr als ein Drittel der Umweltbelastung mit CO₂-Äquivalenten der Entsorgung der gemischten Gewerbeabfälle zuzuordnen. Der größte Teil davon stammte aus der Verwertung und Beseitigung in Müllverbrennungsanlagen sowie aus der Deponierung. Die restlichen CO₂-Äquivalente verteilten sich zu ähnlichen Anteilen auf die anderen Abfallströme mit Ausnahme der Bauabfälle, die nur eine untergeordnete Rolle spielten. So gut wie keinen Einfluss auf das Brutto-Ergebnis hatte die Abfallerfassung.

Tab. 4.1: Analyse der Beiträge wichtiger Abfallströme zum Brutto-Ergebnis des Treibhauspotenzials der bayerischen Abfallwirtschaft 2003

Abfallstrom	Anteil	
Siedlungsabfall	2,08 Mio. t CO₂-Äqu.	100 %
Entsorgung von Restabfall in MVA	1,03 Mio. t CO ₂ -Äqu.	49 %
Verwertung von PPK-Abfällen	0,26 Mio. t CO ₂ -Äqu.	12 %
Verwertung von LVP-Abfällen	0,24 Mio. t CO ₂ -Äqu.	11 %
Gewerbe- und Bauabfall	2,26 Mio. t CO₂-Äqu.	100 %
Entsorgung von gemischten Gewerbeabfällen	0,82 Mio. t CO ₂ -Äqu.	36 %
Verwertung von Altholz	0,44 Mio. t CO ₂ -Äqu.	20 %
Verwertung von Kunststoffen	0,33 Mio. t CO ₂ -Äqu.	15 %
Verwertung von Altmetallen	0,3 Mio. t CO ₂ -Äqu.	13 %
Verwertung von PPK-Abfällen	0,27 Mio. t CO ₂ -Äqu.	12 %

Gutschriften (Umweltentlastung von Treibhausgasemissionen)

Beim Siedlungsabfall fiel fast die Hälfte der Umweltentlastung von CO₂-Äquivalenten durch Äquivalenzprozesse an, die sich aus der Entsorgung des Restabfalls in Müllverbrennungsanlagen ergab. Durch die mit der Verbrennung des Restabfalls erzeugte Energie wurden konventionelle Prozesse zur Energieerzeugung ersetzt und die mit dem Verbrennen fossiler Energieträger verbundenen Emissionen vermieden. Relevante, aber deutlich kleinere Anteile an den Gutschriften resultierten aus der Verwertung von LVP-, PPK- und Altmetallabfällen. Durch die Verwendung der dort erzeugten Sekundärrohstoffe wurden Emissionen vermieden, die bei der konventionellen Herstellung aus Primärrohstoffen anfallen.

Beim Gewerbe- und Bauabfall fiel der größte Anteil an der Umweltentlastung von CO₂-Äquivalenten bei der Verwertung von Altmetallen an. Mit der Rückführung von Aluminiumschrott in Form von Sekundär-Aluminiumbarren in den Produktionsprozess wurde die Herstellung von Primär-Aluminiumbarren substituiert, wogegen die Verwertung von Eisenmetallen zu Elektro-Rohstahl die Herstellung von Oxygen-Rohstahl aus Primärrohstoffen substituierte. Bei beiden Prozessen wirkte sich das in verminderten Aufwendungen und Emissionen aus. Ein weiterer großer Anteil an der

Gutschrift stammte aus der Entsorgung der gemischten Gewerbeabfälle. Er resultierte dort fast ausschließlich aus der Energieerzeugung infolge der Abfallverbrennung. Dadurch konnten konventionelle Prozesse zur Erzeugung von Strom und Fernwärme bzw. Prozessdampf ersetzt und die damit verbundenen Emissionen vermieden werden. Kleinere Anteile der Gutschrift sind den Äquivalenzsystemen zur Verwertung von Altholz- und Kunststoffabfällen zuzuordnen. Durch die Verwendung der dort erzeugten Sekundärrohstoffe wurden Emissionen vermieden, die bei der konventionellen Herstellung aus Primärrohstoffen anfallen.

Tab. 4.2: Analyse der Beiträge wichtiger Abfallströme aus den Äquivalenzsystemen zu den Gutschriften des Treibhauspotenzials der bayerischen Abfallwirtschaft 2003

Abfallstrom	Anteil	
	- Mio. t CO ₂ -Äqu.	%
Siedlungsabfall	- 3,43 Mio. t CO₂-Äqu.	100 %
Entsorgung von Restabfall in MVA	- 1,84 Mio. t CO ₂ -Äqu.	54 %
Verwertung von Altmetallen	- 0,5 Mio. t CO ₂ -Äqu.	15 %
Verwertung von LVP-Abfällen	- 0,39 Mio. t CO ₂ -Äqu.	11 %
Verwertung von PPK-Abfällen	- 0,37 Mio. t CO ₂ -Äqu.	11 %
Gewerbe- und Bauabfall	- 4,13 Mio. t CO₂-Äqu.	100 %
Verwertung von Altmetallen	- 1,31 Mio. t CO ₂ -Äqu.	32 %
Entsorgung von gemischten Gewerbeabfällen	- 0,92 Mio. t CO ₂ -Äqu.	22 %
Verwertung von Altholz	- 0,73 Mio. t CO ₂ -Äqu.	18 %
Verwertung von Kunststoffen	- 0,5 Mio. t CO ₂ -Äqu.	12 %

Netto-Ergebnis (Umweltbelastung abzüglich Umweltentlastung)

Die Verrechnung der Brutto-Ergebnisse mit den Gutschriften führte zu Treibhauspotenzialen von – 1,33 Mio. t CO₂-Äquivalenten für den Siedlungsabfall und – 1,87 Mio. t CO₂-Äquivalenten für den Gewerbe- und Bauabfall.

4.3 Szenario Bayern 2003 ohne Deponierung

Im Prinzip war 2003 schon abzusehen, dass ab Mitte 2005 eine unbehandelte Ablagerung von Abfällen nicht mehr möglich sein würde. Um die Auswirkungen des Verzichts auf die Deponierung von Abfällen zu ermitteln, wurde die abfallwirtschaftliche Situation in Bayern 2003 ohne Deponierung betrachtet. Die Ergebnisse dieses Szenarios dienten als Referenz zur Berechnung der Treibhausgas-Minderungspotenziale der untersuchten Maßnahmen zur Abfallverwertung und -vermeidung, die von Dr. Kreibe in seinem Tagungsbeitrag vorgestellt werden.

Der Verzicht auf die Deponierung von Abfällen wirkte sich auf die Fraktionen Restabfall, Altholz und Elektro- und Elektronikaltgeräte aus der haushaltsnahen Erfassung sowie gemischter Gewerbeabfall aus dem bayerischen Gewerbe aus. Die betroffenen Mengen wurden im Modell folgenden Entsorgungswegen zugeführt:

- Restabfall zur MVA
- Elektro- und Elektronikaltgeräte:
 - Altglas zusammen mit Restabfällen zur Beseitigung
 - Mischkunststoffe zur energetischen Verwertung
- Altholz zur MVA
- Gemischte Gewerbeabfälle zur MVA

Die Deponierung von Bauabfällen bleibt unverändert.

In Abbildung 4.3 sind die spezifischen Treibhauspotenziale der Szenarien Bayern 2003 und Bayern 2003 ohne Deponierung, die sich aus der Verrechnung der Umweltbe- und -entlastungen der genannten Abfallströme ergaben, gegenübergestellt.

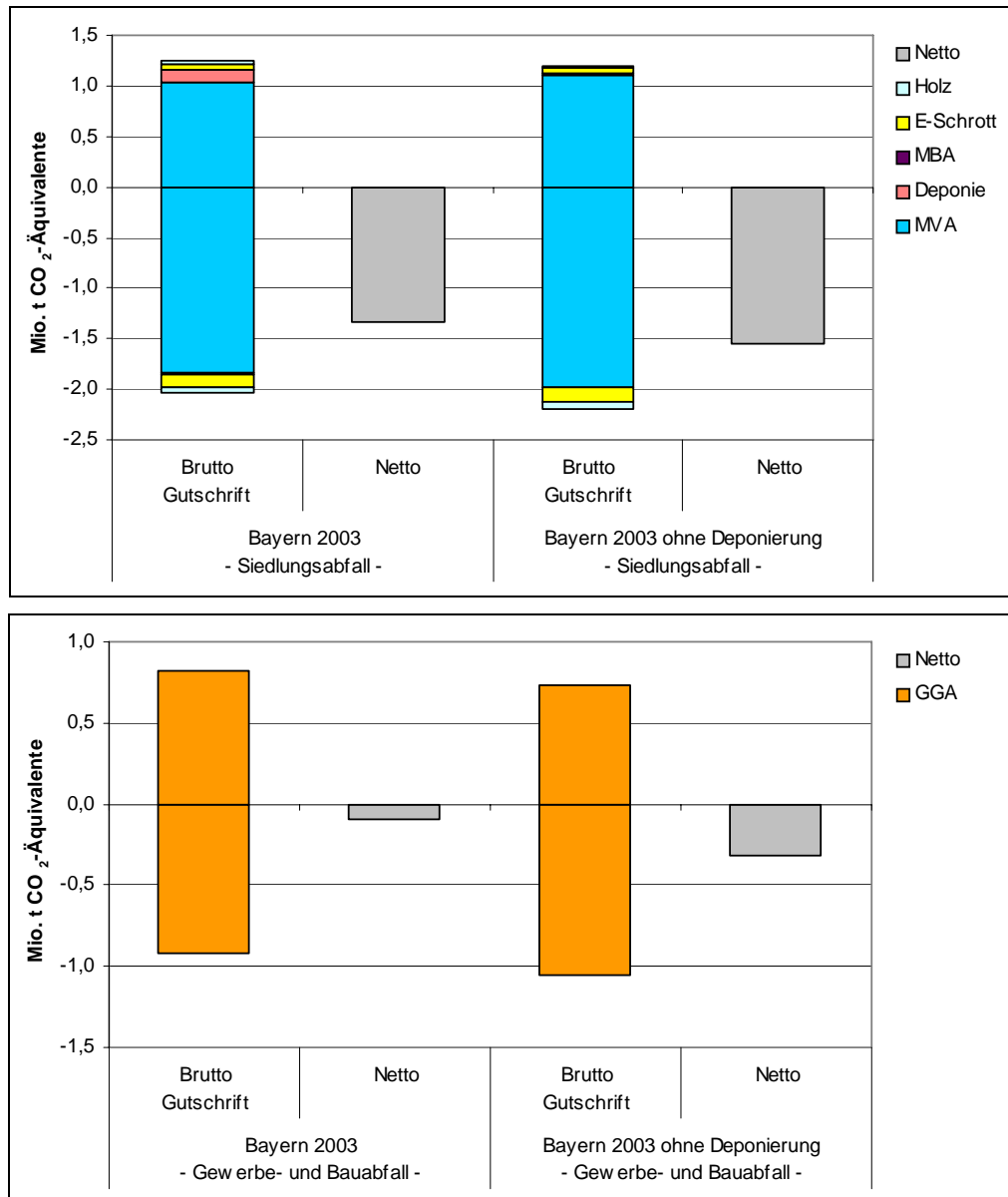


Abb. 4.3: Spezifische Treibhauspotenziale der Abfallströme Restabfall (MVA, Deponie und MBA), Elektro- und Elektronikaltgeräte, Altholz und gemischte Gewerbeabfälle der Szenarien Bayern 2003 und Bayern 2003 ohne Deponierung (Umweltbelastung: positive Werte; Umweltentlastung: negative Werte)

Die Netto-Ergebnisse beider Szenarien zeigen, dass der Verzicht auf Deponierung von Abfällen zu dem erwarteten positiven Effekt führte, zurückzuführen auf vermiedene Methanemissionen aus den Deponien sowie erhöhte Gutschriften bei der energetischen Verwertung. Gegenüber dem Ausgangsszenario Bayern 2003 konnte die Treibhausgasminderung zwischen 1 % für die Verwertung von Elektro- und Elektronikaltgeräten und 351 % für die Verwertung von Altholz aus der haushaltsnahen Erfassung erhöht werden (vgl. Tab. 4.3).

Tab. 4.3: Änderung der Treibhauspotenziale der betroffenen Abfallströme vom Szenario Bayern 2003 zum Szenario Bayern 2003 ohne Deponierung (Bayern 2003 o. D.)

	Szenario Bayern 2003	Szenario Bayern 2003 o. D.	Beitrag zu den Treibhausgasemissionen (spezifisches Treibhauspotenzial)
	[CO ₂ -Äquivalente]		
Siedlungsabfall			
Entsorgung Restabfall	- 695.449 t	- 865.028 t	Entlastung um 169.579 t (29 %)
Verwertung E-Schrott	- 73.680 t	- 74.290 t	Entlastung um 1.240 t (1 %)
Verwertung Altholz	- 14.030 t	- 63.300 t	Entlastung um 49.270 t (351 %)
Gewerbeabfall			
Entsorgung GGA	- 95.270 t	- 318.390 t	Entlastung um 223.120 t (234 %)

Abbildung 4.4 zeigt den Einfluss des Verzichts auf Deponierung von Abfällen auf das Treibhauspotenzial der gesamten bayerischen Abfallwirtschaft. Auch wenn die betroffene Abfallmenge, die von der ursprünglichen Deponierung auf andere Entsorgungswege umgeleitet wurde, nur 410.510 t beträgt (ca. 2 % der Gesamtmenge 2003) ist eine deutliche Reduzierung der Treibhausgasemissionen sowohl beim Siedlungs- als auch beim Gewerbe- und Bauabfall zu sehen.

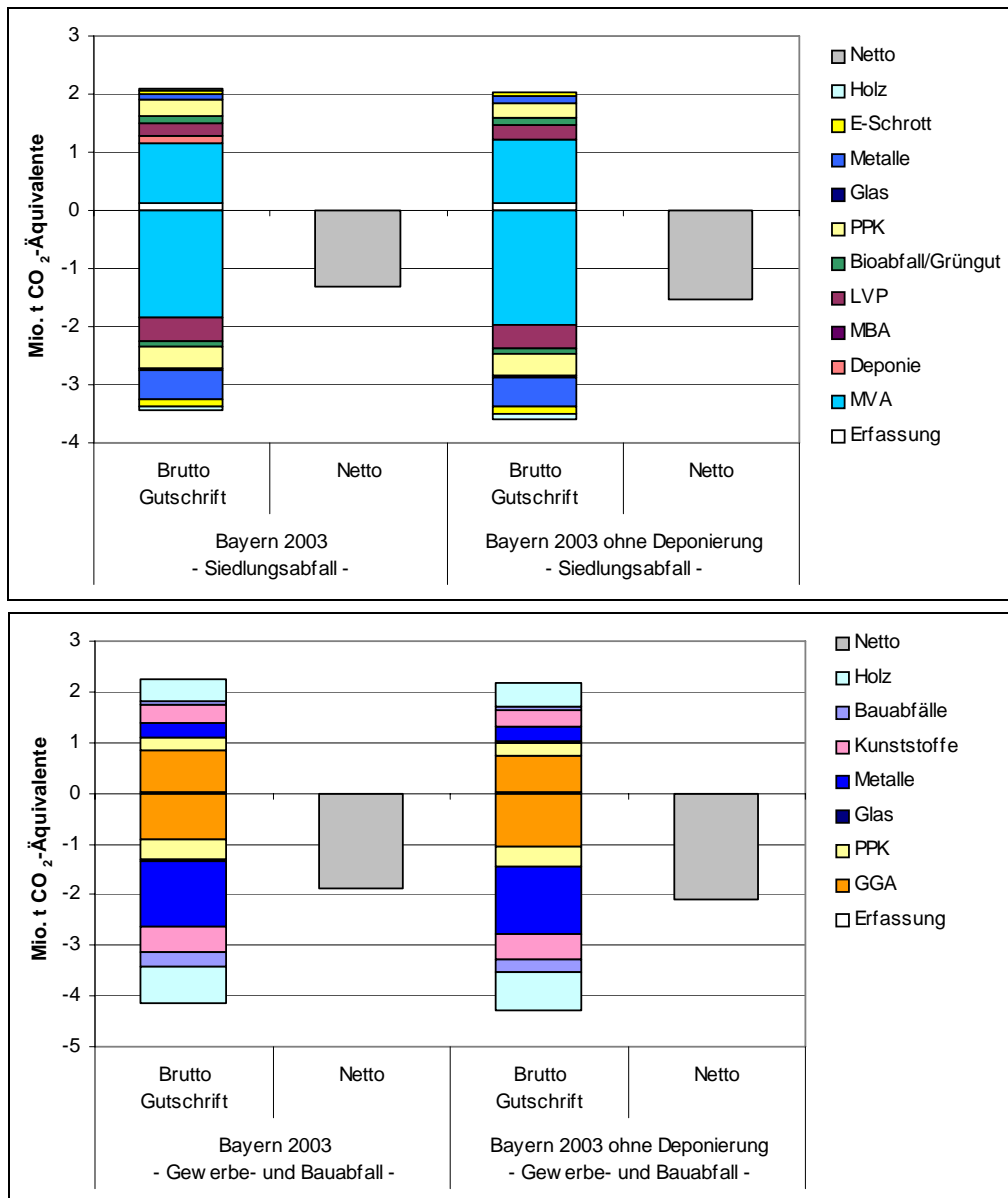


Abb. 4.4: Treibhauspotenzial der bayerischen Abfallwirtschaft im Referenzszenario Bayern 2003 und im Szenario Bayern 2003 ohne Deponierung (Umweltbelastung: positive Werte; Umweltentlastung: negative Werte)

Die Verrechnung der Brutto-Ergebnisse (Umweltbelastungen) mit den Gutschriften (Umweltentlastungen) führte zu Treibhauspotenzialen von – 1,55 Mio. t CO₂-Äquivalente für den Siedlungsabfall und – 2,10 Mio. t CO₂-Äquivalente für den Gewerbe- und Bauabfall. Das entspricht einer Entlastung der Umwelt von treibhauswirksamen Gasen von 242 kg CO₂-Äquivalenten pro Tonne Siedlungsabfall sowie 126 kg CO₂-Äquivalenten pro Tonne Gewerbe- und Bauabfall.

5 Fazit

Im Szenario 2003 ging von der bayerischen Abfallwirtschaft keine Netto-Belastung der Umwelt mit treibhauswirksamen Gasen aus.

Auf Grund der Gutschriften aus der Verwertung und thermischen Beseitigung der Abfälle ergab sich für die gesamte bayerische Abfallwirtschaft ein Beitrag zur Treibhausgasminde- rung in Höhe von 3,2 Mio. t CO₂-Äquivalenten. Bezogen auf die Abfallmenge von 22,9 Mio. Tonnen entspricht das 139 kg CO₂-Äquivalente pro Tonne Abfall.

Das Szenario Bayern 2003 ohne Deponierung zeigt, dass mit dem Verzicht auf die Deponierung von Abfällen die bereits im Ausgangsszenario Bayern 2003 ermittelte Entlastung der Umwelt von treibhauswirksamen Gasen um weitere ca. 14 % erhöht werden konnte. Das entspricht ca. 442.523 t CO₂-Äquivalenten für die gesamte bayerische Abfallwirtschaft. Spezifisch stieg der Beitrag zur Treibhausgasminde- rung pro Tonne Siedlungsabfall dadurch um 34 kg CO₂-Äquivalente (+ 17 %) und pro Tonne Gewerbe- und Bauabfall um 13 kg CO₂-Äquivalente (+ 12 %). Für die gesamte bayerische Abfallwirtschaft ergab sich daraus ein Beitrag zur Treibhausgasminde- rung von 3,64 Mio. t CO₂-Äquivalente. Bezogen auf die Abfallmenge von 22,9 Mio. Tonnen entspricht das 159 kg CO₂-Äquivalente pro Tonne Abfall.


Die bayerische Abfallwirtschaft trägt also in erheblichem Umfang dazu bei, dass die Umwelt von Treibhausgasen entlastet wird.

Literatur

- [BÜCHL 2004] Büchl Consult GmbH: Verwertung und Beseitigung von nicht besonders überwachungsbedürftigen Gewerbeabfällen aus Bayern. *Im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München 2004*
- [CML 1992] Heijungs, R. et al.: Backgrounds - Environmental Life Cycle Assessment of Products. *CML Centre of Environmental Science Leiden University, Dutch Organisation for Applied Scientific Research Apeldoorn (Hg.), B&G Fuels and Raw Materials Bureau Rotterdam 1992*
- [IPCC 1996] Intergovernmental Panel on Climate Change: Climate Change 1995 – The Science of Climate Change. *Houghton, J. T. (Hg), Cambridge University Press, Cambridge 1996*
- [KLÖPFER & RENNER 1995] Klöpfer, W.; Renner, I.: Methodik der Wirkungsbilanz im Rahmen von Produkt-Ökobilanzen unter Berücksichtigung nicht oder nur schwer quantifizierbarer Umwelt-Kategorien. *UBA-Texte 23/95, Berlin 1995*
- [LFU 2004] Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.): Abfallwirtschaft - Hausmüll in Bayern, Bilanzen 2003. *Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg 2004*
- [LFSTAD 2004] Bayerisches Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung: Entsorgung von Bauabfällen in Bayern 2002. *Statistische Berichte, München 2004*
- [PITSCHKE ET AL. 2003] Pitschke, T.; Roth, U.; Hottenroth, S.; Rommel, W.: Optimierung von Entsorgungsstrukturen. *Bayerisches Institut für Angewandte Umweltforschung und -technik GmbH im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, Augsburg 2003*

Statusbericht zum Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz und mögliche Potenziale

Dipl.-Ing. Günter Dehoust, Öko-Institut e.V., Darmstadt



Überblick

Statusbericht
Abfall und Klima

Inhalte

- 1. Szenarien Deutschland 1990/2005/2020**
 - Abfälle/Entsorgungswege
 - Bilanzrahmen
 - Szenarien
 - Ergebnisse
 - Umsetzungsvorschläge
- 2. (möglicher) Beitrag der europäischen Abfallwirtschaft (EU 15) zum Klimaschutz**

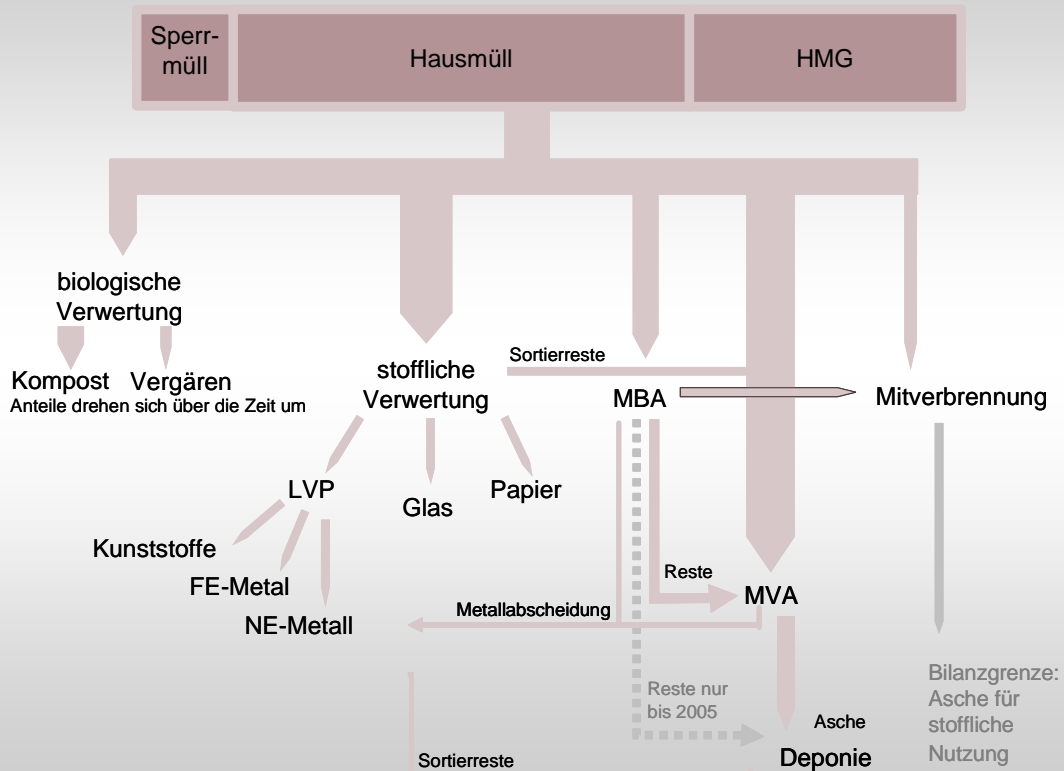
www.oeko.de

Abfallaufkommen als Grundlage der Bilanz

Abfallaufkommen	1990*	2005**	2020***
	Mio t	Mio t	Mio t
Summe Haus- und Sperrmüll	33,9	16,2	16,2
Hausmüllähnlicher Gewerbeabfall	15,2	4,2	4,2
Bioabfall und Parkabfälle	2,0	8,0	8,0
Altpapier	1,6	7,6	7,6
Altglas	1,3	3,2	3,2
Leichtverpackungen	0	1,9	1,9
Summe Wertstoffe	4,9	20,6	20,6
Summe Siedlungsabfälle gesamt	54,0	40,9	40,9

Aufgrund von Rundungen kommt es zu Abweichungen bei den Summen

- * aus [StBA 1994]
- ** Daten für Haus- und Sperrmüll und hausmüllähnliche Gewerbeabfälle aus [LAGA 2004]
- Daten für Wertstoffe aus [StBA 2003]
- *** gleicher Ansatz wie 2005 für alle Szenarien 2020



Verbleib der Abfälle (Abfallmengen in 1.000 t)

Entsorgungswege	1990	2005	2020 Basis I	2020 Basis II	2020 optimiert
Verwertung trockener Reststoffe*	3.339	16.373	16.373	16.373	16.373
Verwertung Bioabfälle	1.006	7.604	7.604	7.604	7.604
MBA		6.221	7.122	7.122	7.122
Mitverbrennung	72	2.093	3.529	3.532	3.532
MVA**	7.914	13.420	16.237	16.296	16.296
Schlacke aus der MVA***	1.302	2.300	2.806	2.807	2.807
Fe-Metalle aus MBA und MVA	109.390	309.916	354.532	447.852	447.852
NE-Metalle aus MBA und MVA		12.833	15.041	52.534	52.534
Summe Primärabfälle zur Deponie	41.911	0	0	0	0
Summe Sortierreste zur Deponie	104	63	63	63	275
Verbrennungsreste zur Deponie	261	467	605	599	599
MBA-Rest zur Deponie	0	3.261	0	0	0
Summe Input Deponie gesamt	42.277	3.791	669	663	874

- **Grundlage Bilanz aus Ufo-Plan-Vorhaben „Beitrag der Abfallwirtschaft zur nachhaltigen Entwicklung in Deutschland“ IFEU 2004**
- **Siedlungsabfälle = Haushaltsabfälle + hausmüllähnlicher Gewerbeabfall**
- **Deponiegasemissionen werden dem Verursacherjahr zu 100% angerechnet**

Bilanzierte Szenarien:

- **Siedlungsabfälle 1990**
- **Siedlungsabfälle 2005**
- **Siedlungsabfälle 2020 Basis I**
- **Siedlungsabfälle 2020 Basis II**
- **Siedlungsabfälle 2020 optimiert**

Bilanzdaten MBA Szenarien 2005 und 2020

	2005	Basis I	Basis II/ optimiert	
Mechanische Aufbereitung				
abgetrennte Leichtstoffe	20%	20%	30%	des Inputs
ausgeschleuste Störstoffe	3%	3%	3%	des Inputs
Wirkungsgrad Metallabtrennung				
Eisen (Fe)	80%	80%	80%	der Metallfraktion
Nicht-Eisenmetalle (NE)	30%	30%	70%	der Metallfraktion
Biologische Aufbereitung				
Aerob	80%	100%	100%	des Anlagendurchsatzes
Anaerob	20%	0%	0%	des Anlagendurchsatzes
Rotteverlust	30%	10%	10%	des Rotteinputs
Gasertrag Vergärung	54,8			m ³ /t Input
Methangehalt	55			Vol %

Bilanzdaten MVA Szenarien

	1990 und 2005	2020 Basis I	2020 Basis II und optimiert
Energieproduktion netto			
η_{el}	10%	15%	15%
Gutschrift-Bestand	Mix 2005	Mix 2020	Mix 2020
Gutschrift-Zuwachs		Erdgas-GuD	Import - Steinkohle
η_{th}	30%	36,8%	36,8%
Rückgewinnung			
Fe	50%	50%	70%
NE –Metalle (als Alu)	10%	10%	50%

Bioabfallbehandlung 2005:

90 % aerobe Anlagen 50 % davon geschlossen
 10 % Vergärung

Änderung Bioabfallbehandlung 2020 Basis I und II:

alle aerobe Anlagen zu 100 % geschlossen

Änderung Bioabfallbehandlung 2020 Basis II und opt.:

20 % aerobe Anlagen
 80 % Vergärung

LVP 2005:

Modell nach Umberto (IFEU 2004);

LVP 2020:

rohstoffliches Recycling von KS wird zu je 50 % durch werkstoffliches und energetisches ersetzt

Abfallzusammensetzung

		Haushalts-			
		abfall	HMG	SBS	MBA-Rest
Wassergehalt	%	33%	23%	25%	33%
Heizwert	MJ/kg FS	9	18	18	
C gesamt	% FS	22,4%	25%	35%	17%
C regenerativ	% Cges	65%	40%	35%	55%
C fossil	% Cges	35%	60%	65%	45%
C regenerativ	g/kg FS	145,6	100	122,5	94
C fossil	g/kg FS	78,4	150	227,5	78
NE-Metalle	% FS	0,4%	0,4%		0
Eisen	% FS	2,5%	4%		0

Strommixe für die einzelnen Szenarien

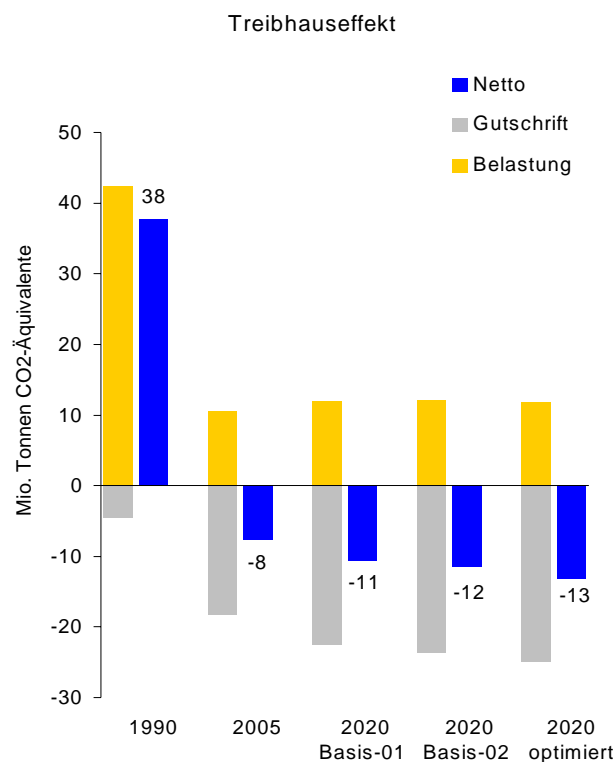
	1990	2005	2020*
Steinkohle	23,5%	22%	32,1%
Braunkohle	26,2%	24,4%	30,6%
Gas	12,0%	14,25%	10,4%
Öl-schwer	0,7%	0,6%	0,2%
Müll		2,3%	2,5%
Uran	29,7%	28,25%	13,9%
Wasser	4,4%	4,5%	4,4%
Wind	1,9%	2,7%	4,7%
Solar			0,2%
Holz		1%	1%
Sonstiges	1,7%		

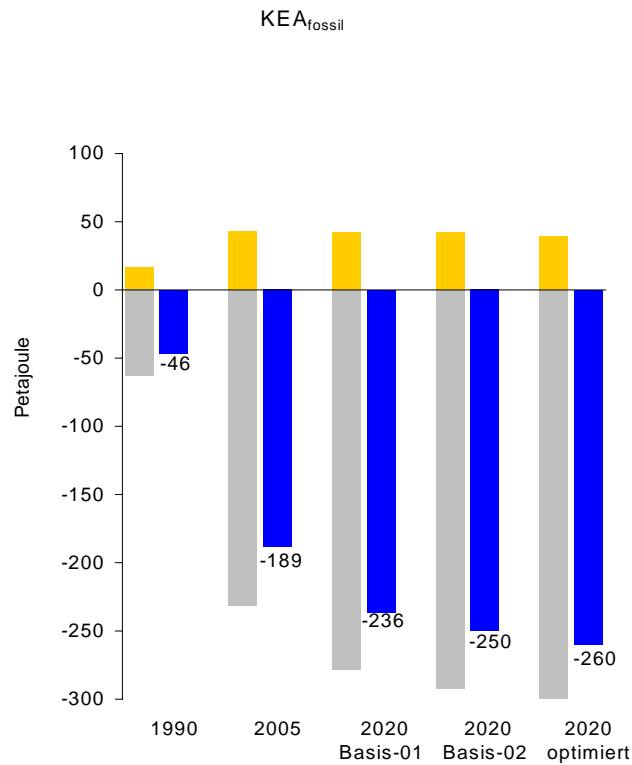
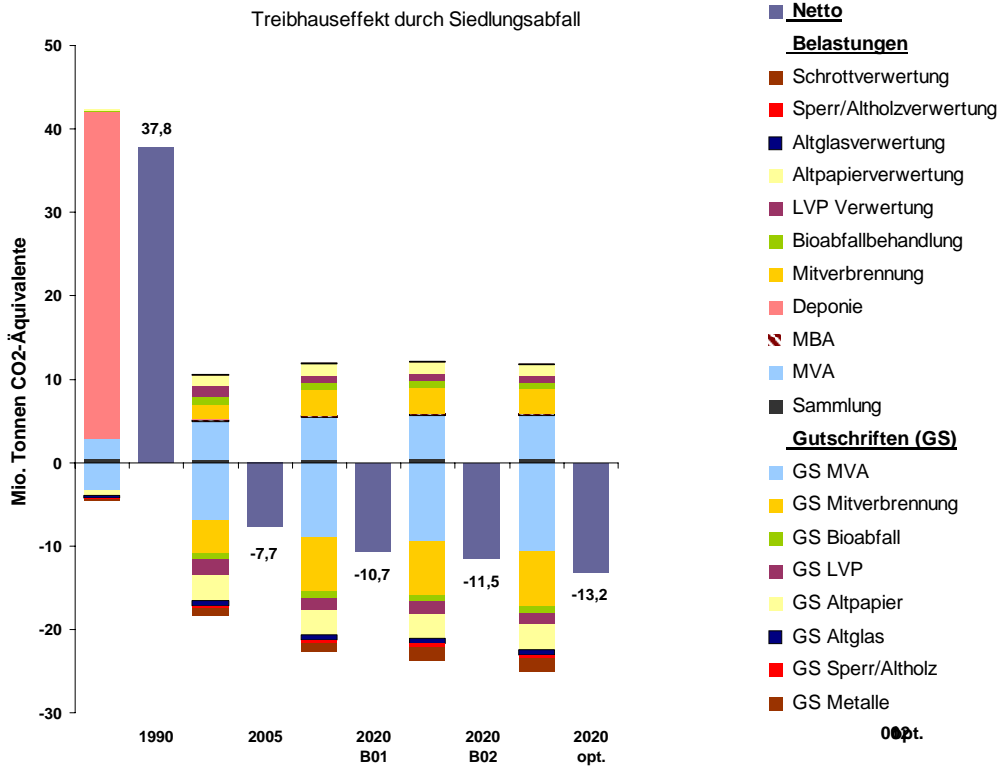
* gilt nicht für den Zubau
Quellen: 1990: [ifeu 2005], 2005/2020: [GEMIS 2005]

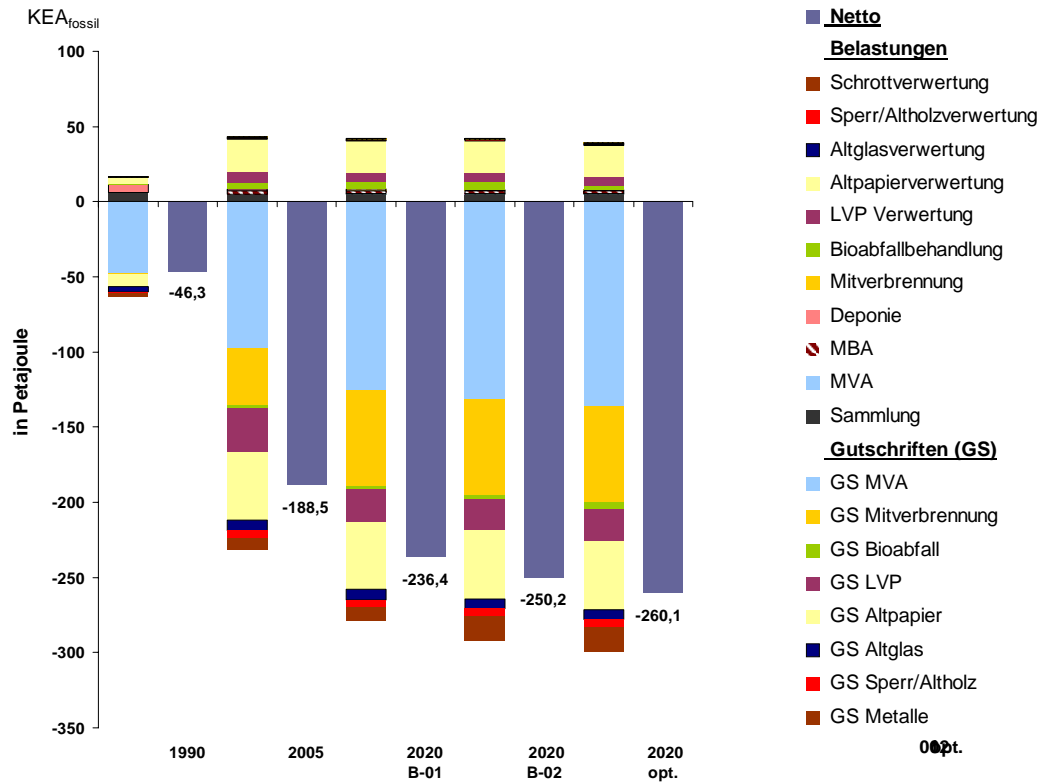
Wärmegutschriften für die einzelnen Szenarien

	1990/2005	2020
Prozesswärme*	17,4%	17,4%
davon Leichtöl	7,5%	7,5%
davon Schweröl	9,2%	9,2%
davon Gas	57,8%	57,8%
davon Steinkohle	21,3%	21,3%
davon Braunkohle	4,2%	4,2%
Fernwärme	82,6%	82,6%
davon Ölheizung	85%	30%
davon Gasheizung	10%	70%
davon Stromheizung	5%	0%

*Quellen: Mix für Prozesswärme [ITAD 2002],
 Annahmen für 1990/2005 [IFEU 2005]
 eigene Annahmen für 2020.







Stromgutschriften Gutschriften (Netto-Bonus) für MVA

MVA-Gutschrift	Spezi-fischer Netto-Bonus	Bilan-zierte Menge Abfall	Netto-Bonus Bilanz	Ein-sparung gegen über 2005	Max. MVA Kapa-zität*	Netto-Bonus Max.	Ein-sparung Gegen über 2005
	kg/t	Mio t	Mio t	Mio t	Mio t	Mio t	Mio t
		Abfall	CO ₂	CO ₂	Abfall	CO ₂	CO ₂
Szenario 1990	-126	7,9	-1,0				
Szenario 2005	-184	13,4	-2,5		16,2	-3,0	
Szenario 2020 Basis II	-251	16,3	-4,1	1,6	17,8	-4,5	1,5
Szenario 2020 optimiert	-333	16,3	-5,4	2,9	17,8	-5,9	2,9
Strommix 2020	-285	16,3	-4,6	2,1	17,8	-5,1	2,1
Erdgas-GuD 2020	-160	16,3	-2,6	0,1	17,8	-2,8	-0,2
Importsteinkohle 2020	-363	16,3	-5,9	3,4	17,8	-6,5	3,5
rhein. Braunkohle 2020	-415	16,3	-6,8	4,3	17,8	-7,4	4,4

* nach [LAGA 2004]

Sektorale Entwicklung der verbrennungsbedingten CO₂-Emissionen in Deutschland (Angaben in Mio. t CO₂)

CO ₂ -Emissionen in D	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Energieerzeugung	441,6	402,9	402,9	390,5	387,5	379,2	382,4	364,2	366,8	351,6	364,0	368,9	378,1	385,1
Industrie	195,5	169,8	160,0	150,7	153,5	152,9	148,3	149,0	143,1	141,3	141,8	137,3	134,0	130,9
Verkehr	158,1	161,5	167,8	172,5	168,9	172,5	172,6	173,1	176,4	181,9	178,3	174,6	172,5	166,5
Haushalte	129,3	131,5	123,5	134,0	128,4	129,2	142,5	138,4	132,0	119,9	116,8	131,2	120,1	122,4
Gewerbe	90,6	86,3	75,4	72,4	67,4	68,5	79,2	68,8	66,8	62,6	59,2	61,8	59,1	60,3
Gesamtemissionen*	1015,0	976,9	929,5	920,0	905,6	902,2	924,9	893,5	885,2	857,4	860,0	873,8	863,8	865,3

* Differenzen in der Summe liegen in den jeweiligen Rundungen begründet
Quelle: Nationaler Inventarbericht 2005. DIW Wochenbericht Nr. 9/2005

www.oeko.de

(BMU 2005)

Im Klimaschutzprogramm vom 18. Oktober 2000 festgelegte Minderungsbeiträge einzelner Sektoren bis 2012

Maßnahmen und Instrumente	Minderungspotenzial (in Mio. t CO ₂ -Äquivalente)
Ökologische Steuerreform	20
Erneuerbare Energien	20
Maßnahmen im Bereich private Haushalte und im Gebäudebereich	18 bis 25 (bis 2005)
Maßnahmen in der Industrie	15 bis 20 (bis 2005)
Maßnahmen im Verkehrssektor	15 bis 20 (bis 2005)
Maßnahmen der Energiewirtschaft	20 (bis 2005)
Beitrag des Abfallbereichs	20
Maßnahmen im Bereich Land- und Forstwirtschaft	keine Quantifizierung

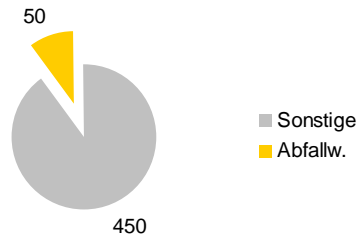
Quelle: Nationales Klimaschutzprogramm vom 18. Oktober 2000. Seite 36.

www.oeko.de

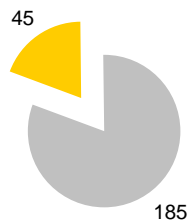
(BMU 2005)

Beitrag der deutschen Siedlungsabfallwirtschaft an der insgesamt geplanten Reduktion von 40 % der Treibhausgas-Emissionen

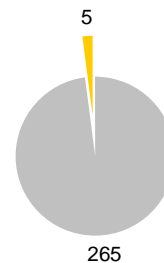
1990 bis 2020



1990 bis 2003/2005



2003/2005 bis 2020



www.oeko.de

Spannweite des Einsparungspotenzial in 2020 gegenüber 2005

	Einsparung	
	von Mio t CO ₂ -Äq.	bis Mio t CO ₂ -Äq.
MVA	-1,5	-3,0
Mitverbrennung	-1,4*	-3,6**
Altholz	-1,4	-1,4
Bioabfall	0,1	-0,3
stoffliche Verwertung	-0,2	-0,8
Summe	-4,4	-9,1

* ohne Klärschlamm

** mit Klärschlamm

www.oeko.de

Deutschland I

- Förderung von werkstofflichem Recycling der Metalle durch Durchsetzung des SdT (BAT) bei MBA und MVA unterstützt durch Anforderung an Aschen und SBS bezüglich Metallfreiheit
- Abfallmitverbrennung profitiert durch Beteiligung am Emissionshandel
- Förderung zur Steigerung der Energieabgabe bei MVA, durch Steigerung der Anteile von:
 - KWK-Wärme
 - Prozessdampfauskopplung
 - hocheffiziente Stromproduktion (bspw. Kombination mit GuD)

Deutschland II

Förderungsmaßnahmen

- Förderung von Wärmenetzen
- Abwärmeabgabe bei KWK-Anteil unter Vorgabe (BAT, Durchschnitt) und in Abhängigkeit von alter der Anlage
- Anreizprogramme für Einsatz von Fernwärme (KWK- und/oder regenerative Wärme) durch Vorgaben auf Nachfrageseite

Deutschland III

Förderungsmaßnahmen

- Premiumstrom, -wärme
- Investitionsprogramm zur Förderung von Zukunftstechnologien (ZIP)
- Einbezug der MVA in Emissionshandel???
- Joint Implementation/Clean Development Mechanism

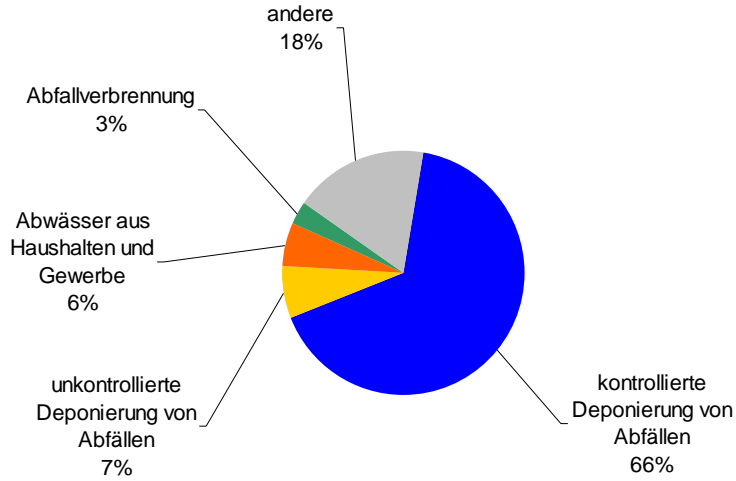
Entwicklung der gesamten Treibhausgasemissionen der EU-15 von 1990 bis 2003

	Basis-jahr*	1990	1995	2000	2002	2003	Absolute Veränderung 2003/Basisjahr	Veränderung 2003/Basisjahr	Emissionsziel gemäß Kyoto-Protokoll (EU-burden sharing) bis 2008/2012
	in Mio t CO ₂ -Äquivalenten						in Mio t CO ₂ -Äquivalenten	in %	
Belgien	146,8	146	152	148	145	147,7	0,9	+ 0,6	- 7,5
Dänemark	69,6	69	77	68	69	74,0	4,4	+ 6,3	- 21,0
Deutschland	1248,3	1244	1103	1017	1015	1017,5	- 230,8	- 18,5	- 21,0
Finnland	70,4	70	71	70	77	85,5	15,1	+ 21,5	0,0
Frankreich	568,0	568	563	560	554	557,2	- 10,8	- 1,9	0,0
Griechenland	111,7	109	114	132	134	137,6	25,9	+ 23,2	+ 25,0
Großbritannien	751,4	748	691	652	644	651,1	-100,3	- 13,3	- 12,5
Irland	54,0	54	58	69	69	67,6	13,6	+ 25,2	+ 13,0
Italien	510,3	511	528	551	555	569,8	59,5	+ 11,6	- 6,5
Luxemburg	12,7	13	10	10	11	11,3	- 1,4	- 11,5	- 28,0
Niederlande	213,1	212	224	214	213	214,8	1,7	+ 0,8	- 6,0
Österreich	78,5	79	80	81	86	91,6	13,1	+ 16,6	- 13,0
Portugal	59,4	59	70	80	86	81,2	21,8	+ 36,7	+ 27,0
Schweden	72,3	72	73	67	69	70,6	- 1,7	- 2,4	+ 4,0
Spanien	286,1	284	315	380	399	402,3	116,2	+ 40,6	+ 15,0
EU-15	4252,5	4238	4129	4100	4126	4179,6	- 72,9	- 1,7	- 8,0

Quelle: Annual European Community greenhouse gas inventory 1990-2003 and inventory report 2005 (European Environment Agency, Mai 2005)

(BMU 2005)

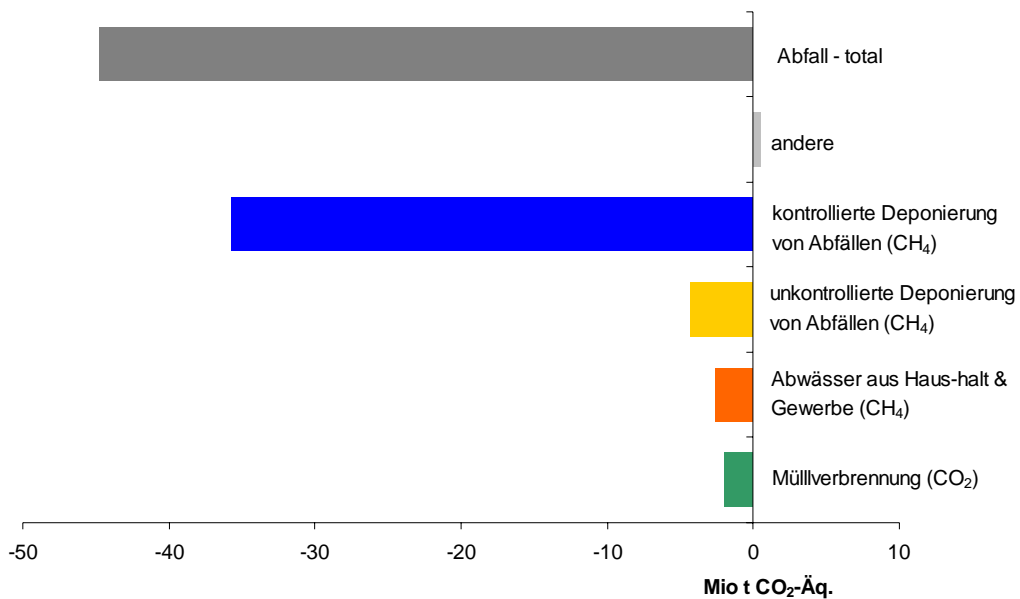
Anteile einzelner Abfallsektoren an den Treibhausgasemissionen 2003



(Deuber, Herold 2005)

www.oeko.de

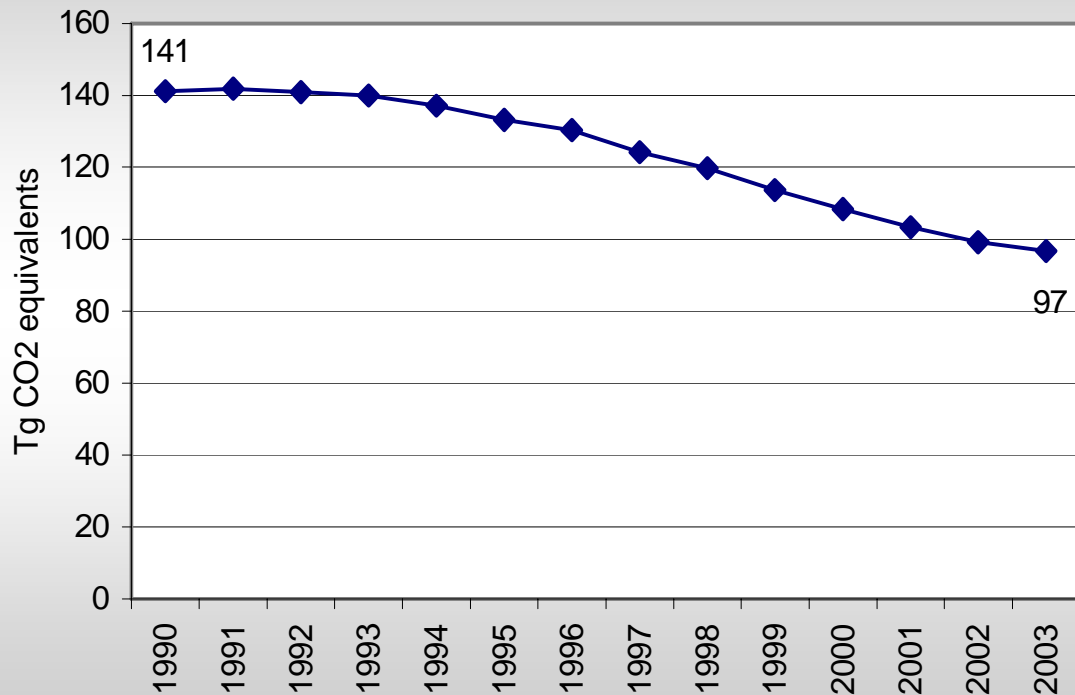
Reduktion von Treibhausgasemissionen einzelner Abfallsektoren in der EU 15 von 1990 bis 2003 in Mio. t CO₂-Äquivalente



(Deuber, Herold 2005)

www.oeko.de

Verlauf der EU 15 Treibhausgasemissionen für den Sektor „Waste“



(Deuber, Herold 2005)

www.oeko.de

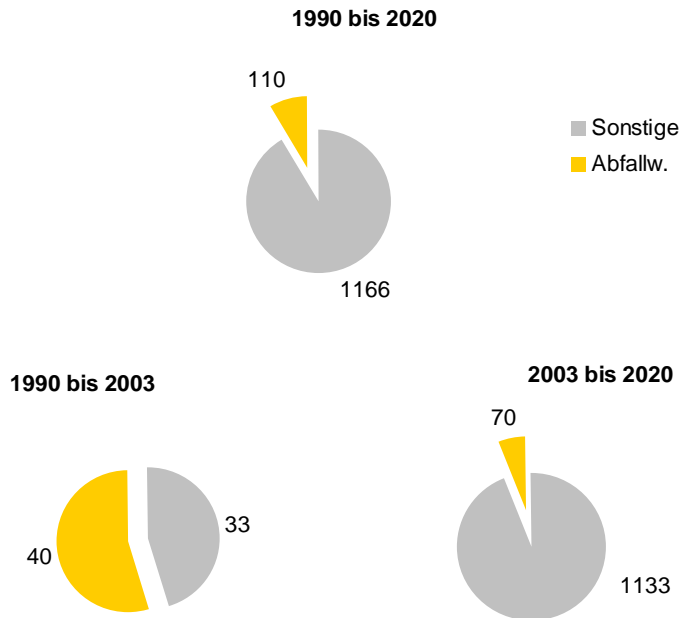
Von den Mitgliedsstaaten gemeldete Beiträge zu den Methan-Emissionen von Abfalldeponien in der EU 15 in 1.000 t CO₂-Äquivalente

Mitgliedsstaaten	1990			2003			Reduktion gesamt
	kontrolliert	unkontr.	Summe	kontrolliert	unkontr.	Summe	
Österreich	4.144	0	4.144	2.829	0	2.829	1.315
Belgien	2.630	0	2.630	917	0	917	1.713
Dänemark	1.334	0	1.334	1.153	0	1.153	181
Finnland	2.235	0	2.235	1.518	0	1.518	717
Frankreich	6.332	4.876	11.208	7.963	2.347	10.310	898
Deutschland	31.479	0	31.479	11.655	0	11.655	19.824
Griechenland	1.088	1.564	2.652	2.121	1.794	3.915	-1.263
Irland	849	309	1.158	1.481	450	1.931	-773
Italien	7.787	2.561	10.348	9.294	396	9.690	658
Luxemburg	64	0	64	49	0	49	15
Niederlande	12.011	0	12.011	6.775	0	6.775	5.236
Portugal	549	1.291	1.840	1.706	1.262	2.968	-1.128
Spanien	2.690	751	3.441	6.429	965	7.394	-3.953
Schweden	2.554	0	2.554	1.740	0	1.740	814
Großbritannien	23.760	0	23.760	8.064	0	8.064	15.696
EU 15	99.506	11.352	110.858	63.694	7.214	70.908	39.950

(nach Deuber, Herold 2005)

www.oeko.de

Beitrag durch vermiedene bzw. noch zu vermeidende Methanemissionen in Europa an der insgesamt geplanten Reduktion von 30 % der Treibhausgas-Emissionen im Zeitraum 1990 bis 2020



www.oeko.de

Deponiebürtige Treibhausgasemissionen in der EU-15 in Abhängigkeit der deponierten Menge biologisch abbaubarer Abfälle

	Abfälle	Treibhausgase	Reduktion zu 2000
	1.000 t	Mio t CO ₂ -Äq.	Mio t CO ₂ -Äq.
Bezugsjahr 1995	111.240	103	-
Ist 2000	103.858	96	-
2006	66.360	62	42
2009	44.240	41	62
2016	30.968	29	74

spezifische Belastung 928 kg CO₂-Äquivalente je t Abfall
 gemäß Deponierichtlinie: 2006 = 75 %; 2009 = 50 %; 2016 = 35 %
 von 1995

www.oeko.de

Abfallmengen in der EU 15 und Aufteilung auf die wichtigsten Entsorgungswege in 1000 t (Europäische Kommission 2003)

Mitgliedsstaaten	Recycling	Kompost	MVA mit Energien	MVA ohne Energien	Deponie gesamt	Summe
Österreich	1.061	1.852	456		1.553	4.922
Belgien	1.982	831	149	233	1.473	4.668
Dänemark	7.725	560	1.852		355	10.492
Finnland			270		1.580	1.850
Frankreich	3.627	2.964	8.787	1.527	14.306	31.211
Deutschland	16.517	4.022	10.497		14.605	45.641
Griechenland	359	32			2.280	2.671
Irland	271	17			2.093	2.381
Italien	2.595	2.209	2.121		21.745	28.670
Luxemburg	1	33	133		60	227
Niederlande	2.415	2.301	3.704		1.314	9.734
Portugal	347	275	930		3.410	4.962
Spanien	1.090	360	1.460		1.223	4.133
Schweden	1.778	3.106	1.742		10.253	16.879
Großbritannien	3.764		2.479	20	27.608	33.871
EU 15	43.532	18.562	34.580	1.780	103.858	202.312

www.oeko.de

(nach EEA 2003)

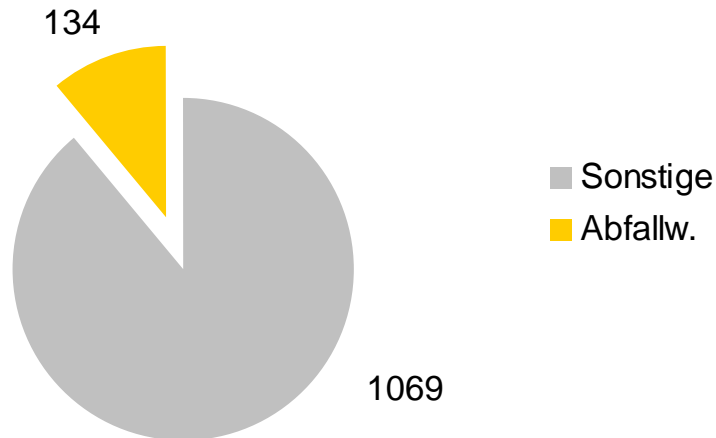
Entwicklungen der Treibhausgasemissionen in der EU 15 unter der Annahme, das die Abfälle mit ähnlicher Qualität behandelt werden, wie in den Szenarien für 2020 in der Bilanz für Deutschland

Entsorgungs- Wege	Ist		2000		Zukunft		2020	
	Anteile an Gesamt	Abfall- menge	spez. Bonus	Netto Bonus	Anteile an Gesamt	Abfall- menge	spez. Bonus	Netto Bonus
	%	Mio t	kg/t	Mio t CO ₂ -Äq.	%	Mio t	kg/t	Mio t CO ₂ -Äq.
Recycling	22	43,5	-275	-12,0	34	68,8	-275	-18,9
Kompost	9	18,6	25	0,5	18	36,4	-8	-0,3
MVA mit E	17	34,6	-8	-0,3	38	76,8	-187	-14,4
MVA ohne E	1	1,8	335	0,6	0	0	335	0
Deponie	51	103,9	928	96,4	2	4,0	20	0,1
Mitverbrennung					8	16,2	-1006	-16,3
MBA					16,7	33,8	27	0,9
Sammlung	100	202,3	9	1,8	100	202,3	9	1,8
Summe	100	202,3		87	100	202,3		-47

www.oeko.de

**Möglicher Beitrag der Siedlungsabfallwirtschaft an der insgesamt geplanten in
Reduktion von Klimagas-Emissionen in der EU-15 im Zeitraum 2003 bis 2020**

2003 bis 2020



- **Deponieverbot
aber mind. strikte Umsetzung der
Deponieverordnung**
- **Recycling von trockenen Wertstoffen und
Bioabfall**
- **Optimierung der Energienutzung bei der
MVA**

CO₂-Minderung durch Materialeffizienz, Vermeidung und Verwertung von Abfällen

Dr. Siegfried Kreibe, Bayerisches Institut für Angewandte Umweltforschung und -technik (BIfA GmbH), Augsburg

1 Einführung

Ein Ziel der bereits im Beitrag von Herrn Peche vorgestellten Studie, die BIfA im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) bearbeitet hat, war die Ermittlung von Potenzialen zur Treibhausgas-Minderung durch Maßnahmen der Abfallvermeidung und -verwertung sowie die Abschätzung der resultierenden CO₂-Vermeidungskosten. Dieser Beitrag stellt die Ergebnisse der hierzu analysierten sieben Szenarien zusammenfassend dar. Für die Ermittlung der Treibhausgas-Minderungspotenziale wurden als Referenz die Ergebnisse des im Beitrag von Herrn Peche vorgestellten Modells Bayern 2003 ohne Deponierung herangezogen. Eine Quantifizierung der CO₂-Vermeidungskosten unter Einbeziehung aller Kosten beeinflussenden Faktoren und ihrer Wechselwirkungen war im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Gleichwohl können orientierende Aussagen auf Basis von Literaturwerten, qualifizierten Abschätzungen und Annahmen getroffen werden.

2 Szenario optimierte Bioabfallverwertung

Derzeit werden 8 % des Bioabfalls in Bayern in Vergärungsanlagen behandelt. Die Kompostierung der restlichen Bioabfallmenge findet zu etwa 50 % noch in offenen Anlagen statt. Im Szenario optimierte Bioabfallverwertung wird davon ausgegangen, dass der Anteil der durch Vergärung verwerteten Bioabfälle verdreifacht wird. Das bei der Vergärung anfallende Biogas und der Gärrest werden energetisch verwertet. Die Kompostierung der nicht vergorenen Bioabfälle erfolgt ausschließlich in geschlossenen Kompostieranlagen.

Abbildung 1 zeigt, dass durch diese Änderungen die im Referenzszenario gegebene geringfügige Netto-Belastung in eine deutliche Netto-Klimaentlastung überführt werden.

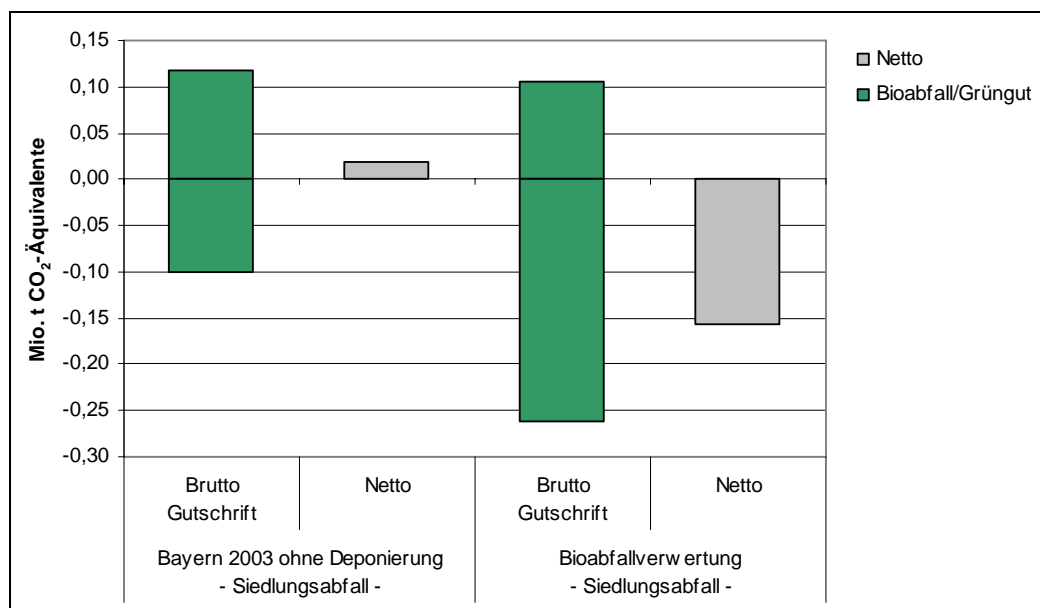


Abb. 1: Auswirkungen des Szenarios optimierte Bioabfallverwertung auf die Belastung der Umwelt mit CO₂-Äquivalenten durch den Abfallstrom Bioabfall/Grüngut.

Das zusätzliche Treibhausgas-Minderungspotenzial des Szenarios optimierte Bioabfallverwertung beträgt ca. 175.090 t CO₂-Äquivalente. Die bereits im Referenzszenario gegebene Entlastung der Umwelt von treibhauswirksamen Gasen durch die Gesamtheit der betrachteten Stoffströme der bayerischen Abfallwirtschaft kann so um weitere ca. 5 % erhöht werden.

Zur Berechnung der CO₂-Vermeidungskosten wurden die Entsorgungskosten für die betroffene Abfallmenge den entsprechenden Entsorgungskosten des Referenzszenarios gegenüber gestellt sowie Annahmen für zusätzliche Kosten für eine Umsetzung der Maßnahmen durch den Freistaat Bayern getroffen.

Bei Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen würden für den Gebührenzahler jährlich zusätzliche Entsorgungskosten in Höhe von ca. 15,78 Mio. € anfallen. Es wurde darüber hinaus angenommen, dass für den Freistaat Bayern für „Überzeugungsarbeit“ bei Anlagenbetreibern und Kommunen bis zur Umsetzung der Maßnahmen Kosten in Höhe von ca. 1,5 Mio. € anfallen würden. Ferner wird angenommen, dass die Umsetzung des Szenarios drei Jahre in Anspruch nimmt. Die CO₂-Vermeidungskosten für das Szenario optimierte Bioabfallverwertung ergeben sich damit wie in Tabelle 1 dargestellt.

Tab. 1: Auf Basis der Annahmen für das Szenario optimierte Bioabfallverwertung angenommene CO₂-Vermeidungskosten.

Jahr	zusätzliche Entsorgungskosten ¹⁾ für den Gebührenzahler	Kosten für den Freistaat Bayern	Treibhausgas-minderung ²⁾ [CO ₂ -Äquivalente]	spezifische CO ₂ -Vermeidungskosten [ct/kg CO ₂ -Äqu.]
1.	5,26 Mio. €	500.000 €	58,36 Mio. kg	9,9
2.	10,52 Mio. €	500.000 €	116,75 Mio. kg	9,4
3.	15,78 Mio. €	500.000 €	175,09 Mio. kg	9,3

¹⁾ Im 1. Jahr 1/3, im 2. Jahr 2/3, im 3. Jahr 100 % der zusätzlichen Entsorgungskosten bei vollständiger Umsetzung.

²⁾ Im 1. Jahr 1/3, im 2. Jahr 2/3, im 3. Jahr 100 % der Treibhausgas-minderung bei vollständiger Umsetzung

Nach vollständiger Umsetzung der Maßnahme würden für den Freistaat Bayern keine Kosten mehr anfallen. Die jährlichen CO₂-Vermeidungskosten beschränken sich somit ab dem 4. Jahr auf die zusätzlichen Entsorgungskosten in Höhe von 15,78 Mio. €. Das entspricht spezifischen CO₂-Vermeidungskosten von 9,0 ct/kg CO₂-Äquivalent.

3 Szenario Bioabfallverbrennung

Derzeit werden ca. 1,72 Mio. t an Bioabfällen in Bayern getrennt erfasst und verwertet. Im Szenario Bioabfallverbrennung wird davon ausgegangen, dass Bioabfälle in ganz Bayern zusammen mit dem Restmüll erfasst und vollständig in MVA verbrannt werden.

Die folgende Abbildung stellt die Auswirkungen dieser Änderungen gegenüber dem Referenzszenario für die gesamte betrachtete bayerische Abfallwirtschaft dar.

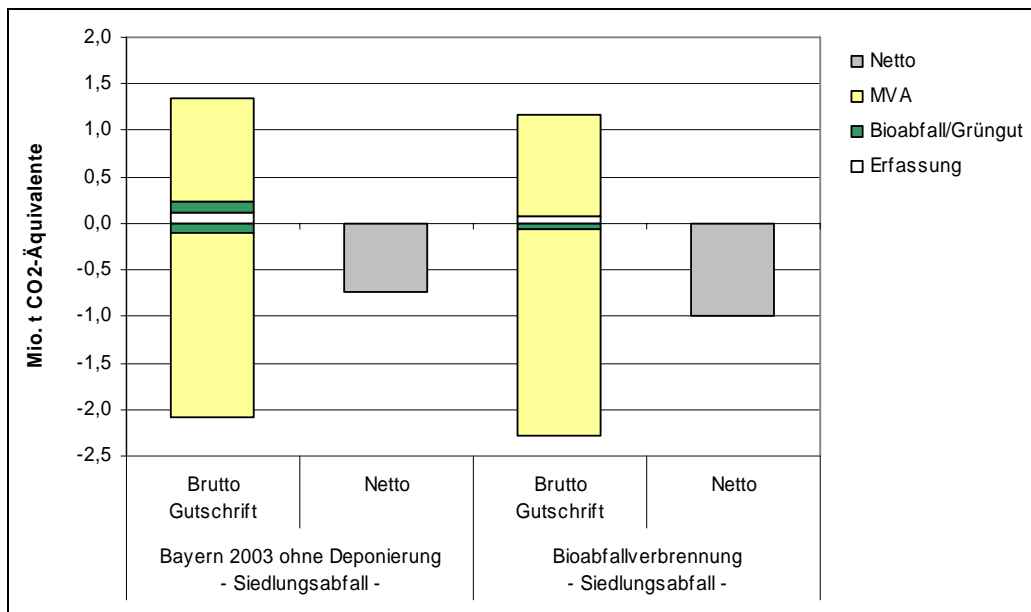


Abb. 2: Auswirkungen des Szenarios Bioabfallverbrennung auf die Belastung der Umwelt mit CO₂-Äquivalenten durch den Abfallstrom Siedlungsabfälle.

Das zusätzliche Treibhausgas-Minderungspotenzial des Szenarios Bioabfallverbrennung beträgt ca. 247.250 t CO₂-Äquivalente. Die bereits im Referenzszenario gegebene Entlastung der Umwelt von treibhauswirksamen Gasen durch die Gesamtheit der betrachteten Stoffströme der bayerischen Abfallwirtschaft kann so um weitere ca. 6,8 % erhöht werden.

Eine Kostenbetrachtung wurde für dieses Szenario nicht durchgeführt.

4 Szenario optimierte Altholzverwertung

Derzeit wird Altholz aus der haushaltsnahen Erfassung und aus dem Gewerbe teilweise stofflich verwertet, teilweise in Müllverbrennungsanlagen und teilweise in anderen Feuerungsanlagen. Im Szenario optimierte Altholzverwertung wird davon ausgegangen, dass bisher in MVA behandeltes Altholz künftig in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen verwertet wird.

Wie die folgende Abbildung zeigt, resultiert aus der Umsetzung des Szenarios eine deutliche Reduzierung der Treibhausgasemissionen.

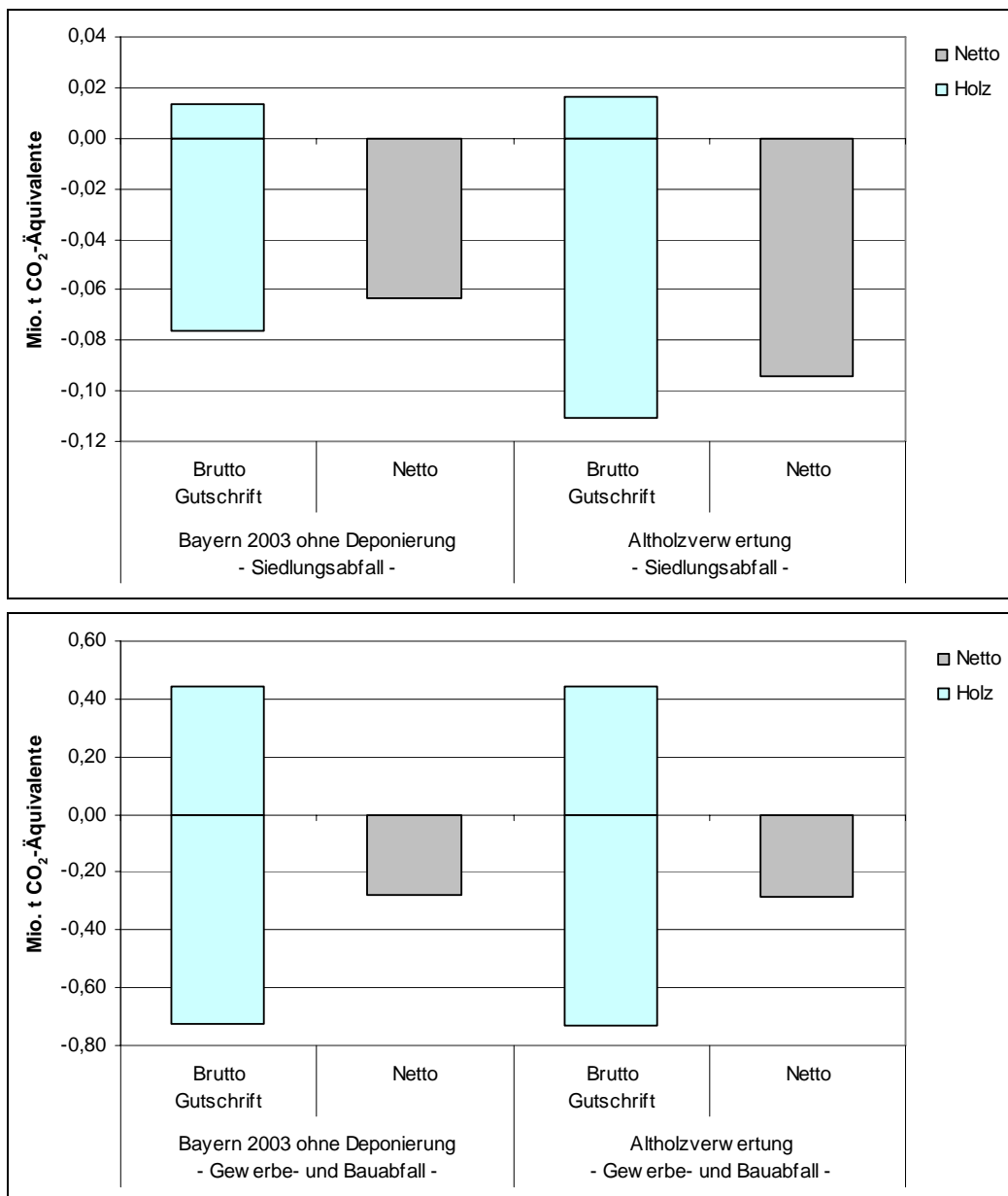


Abb. 3: Auswirkungen des Szenarios optimierte Altholzverwertung auf die Belastung der Umwelt mit CO₂-Äquivalenten durch den Abfallstrom Siedlungsabfälle (oben) und durch den Abfallstrom Gewerbe- und Bauabfall (unten).

Das zusätzliche Treibhausgas-Minderungspotenzial des Szenarios optimierte Altholzverwertung beträgt ca. 34.210 t CO₂-Äquivalente. Die bereits im Referenzszenario gegebene Entlastung der Umwelt von treibhauswirksamen Gasen durch die Gesamtheit der betrachteten Stoffströme der bayerischen Abfallwirtschaft kann so um weitere ca. 1,0 % erhöht werden.

Die vollständige Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen würde für den Gebührenzahler keine zusätzlichen Kosten verursachen. Die jährlichen Beseitigungs-/Verwertungskosten würden je nach Altholzklasse um ca. 10,61 Mio. € bis ca. 12,97 Mio. € sinken. Da die Maßnahme sich selber tragen würde, bestände für den Freistaat Bayern keine Notwendigkeit, die Umsetzung finanziell zu fördern. Unter der Annahme, dass eine Umsetzung der Maßnahme innerhalb von drei Jahren gelingt, könnten sich die spezifischen CO₂-Vermeidungskosten wie folgt entwickeln.

Tab. 2: Auf Basis der Annahmen für das Szenario optimierte Altholzverwertung angenommene CO₂-Vermeidungskosten.

Jahr	zusätzliche Entsorgungskosten¹⁾ für den Gebührenzahler	Kosten für den Freistaat Bayern	Treibhausgas-minderung²⁾ [CO₂-Äquivalente]	spezifische CO₂-Vermeidungskosten [ct/kg CO₂-Äqu.]
1.	-3,54 bis - 4,32 Mio. €	- €	11,4 Mio. kg	-31,1 bis - 37,9
2.	-7,07 bis - 8,65 Mio. €	- €	22,8 Mio. kg	- 31,1 bis - 37,9
3.	-10,61 bis - 12,97 Mio. €	- €	34,2 Mio. kg	- 31,1 bis - 37,9

¹⁾ Im 1. Jahr 1/3, im 2. Jahr 2/3, im 3. Jahr 100 % der geänderten Entsorgungskosten bei vollständiger Umsetzung

²⁾ Im 1. Jahr 1/3, im 2. Jahr 2/3, im 3. Jahr 100 % der Treibhausgas-minderung bei vollständiger Umsetzung

Nach drei Jahren und vollständiger Umsetzung der Maßnahme würde der Gebührenzahler jährlich Entsorgungskosten zwischen ca. 10,61 Mio. € und ca. 12,97 Mio. € einsparen. Verrechnet mit dem Treibhausgas-Minderungspotenzial der Maßnahme entspräche das einer spezifischen Kostensenkung von 31 bis 37,9 ct/kg eingespartem CO₂-Äquivalent.

Es muss darauf hingewiesen werden, dass es sich hier um ein fiktives Szenario handelt. Die Verfügbarkeit möglicher Standorte für KWK-Anlagen mit entsprechendem ganzjährigem Wärmebedarf wurde nicht geprüft.

5 Ausweitung NE-Metallabscheidung aus MVA-Schlacken

Derzeit wird von einem Drittel der anfallenden Verbrennungsschlacke aus MVA NE-Metalle abgetrennt. Die dadurch realisierte Verwertungsquote liegt damit ca. 0,5 % der Schlackemenge. In diesem Szenario wird davon ausgegangen, dass die NE-Metall-Abscheidung auf die gesamte anfallende Menge an Verbrennungsschlacke aus MVA ausgeweitet und so die durch NE-Metallabscheidung bedingte Verwertungsquote auf 1 % der Schlackemenge gesteigert wird.

Die folgende Abbildung zeigt, welche Auswirkungen eine Umsetzung des Szenarios auf die Treibhausgasemissionen der bayerischen Abfallwirtschaft hätte.

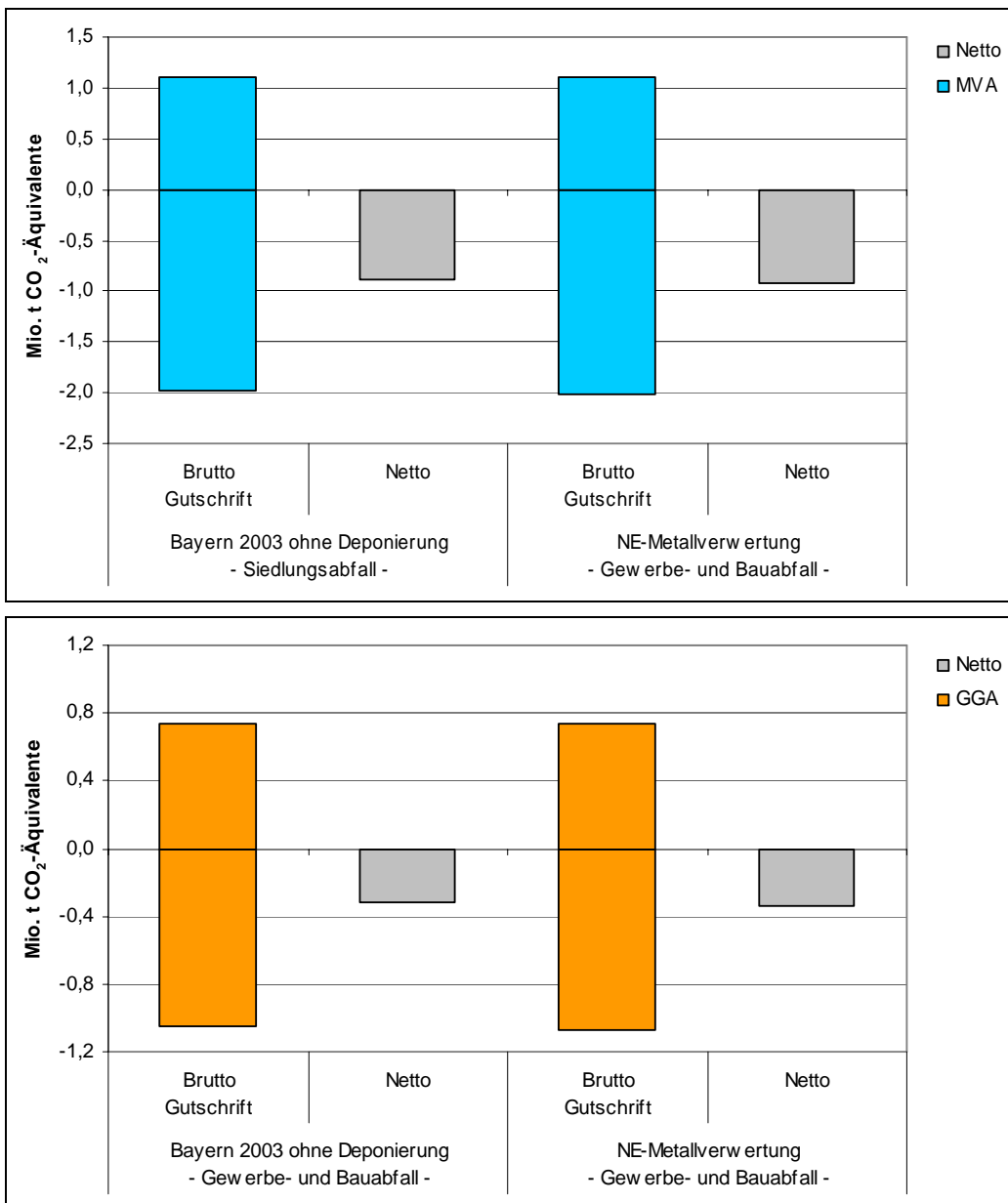


Abb. 4: Auswirkungen des Szenarios NE-Metallabscheidung aus MVA-Schlacken auf die Belastung der Umwelt mit CO₂-Äquivalenten durch den Abfallstrom Siedlungsabfälle (oben) und durch den Abfallstrom Gewerbe- und Bauabfall (unten).

Es zeigt sich, dass die Maßnahme zu dem erwarteten positiven Effekt führen würde. Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen fällt aufgrund des geringen Anteils der NE-Metalle an den gesamten betrachteten Abfallmengen jedoch nicht sehr hoch aus. Das zusätzliche Treibhausgas-Minderungspotenzial des Szenarios NE-Metallabscheidung aus MVA-Schlacken beträgt ca. 57.410t CO₂-Äquivalente. Die bereits im Referenzszenario gegebene Entlastung der Umwelt von treibhauswirksamen Gasen durch die Gesamtheit der betrachteten Stoffströme der bayerischen Abfallwirtschaft kann so um weitere ca. 1,6 % erhöht werden.

Für die Zukunft wird ein weiterer Anstieg der NE-Metall-Schrottpreise angenommen, der dazu führt, dass die Erlöse aus der NE-Metallabscheidung die höheren Aufwendungen für eine optimierte NE-Metall-Abscheidung ausgleichen und so für die Umsetzung dieser Maßnahme keine CO₂-Vermeidungskosten für die bayerische Abfallwirtschaft anfallen.

6 Steigerung der PPK-Erfassungsquote

Derzeit werden in Bayern jährlich etwa 1,92 Mio. t PPK getrennt erfasst. In diesem Szenario wird von einer Steigerung der getrennt erfassten PPK-Abfallmengen um 10 % ausgegangen.

Die folgende Abbildung zeigt, welche Auswirkungen eine Umsetzung des Szenarios auf die Treibhausgasemissionen der bayerischen Abfallwirtschaft hätte.

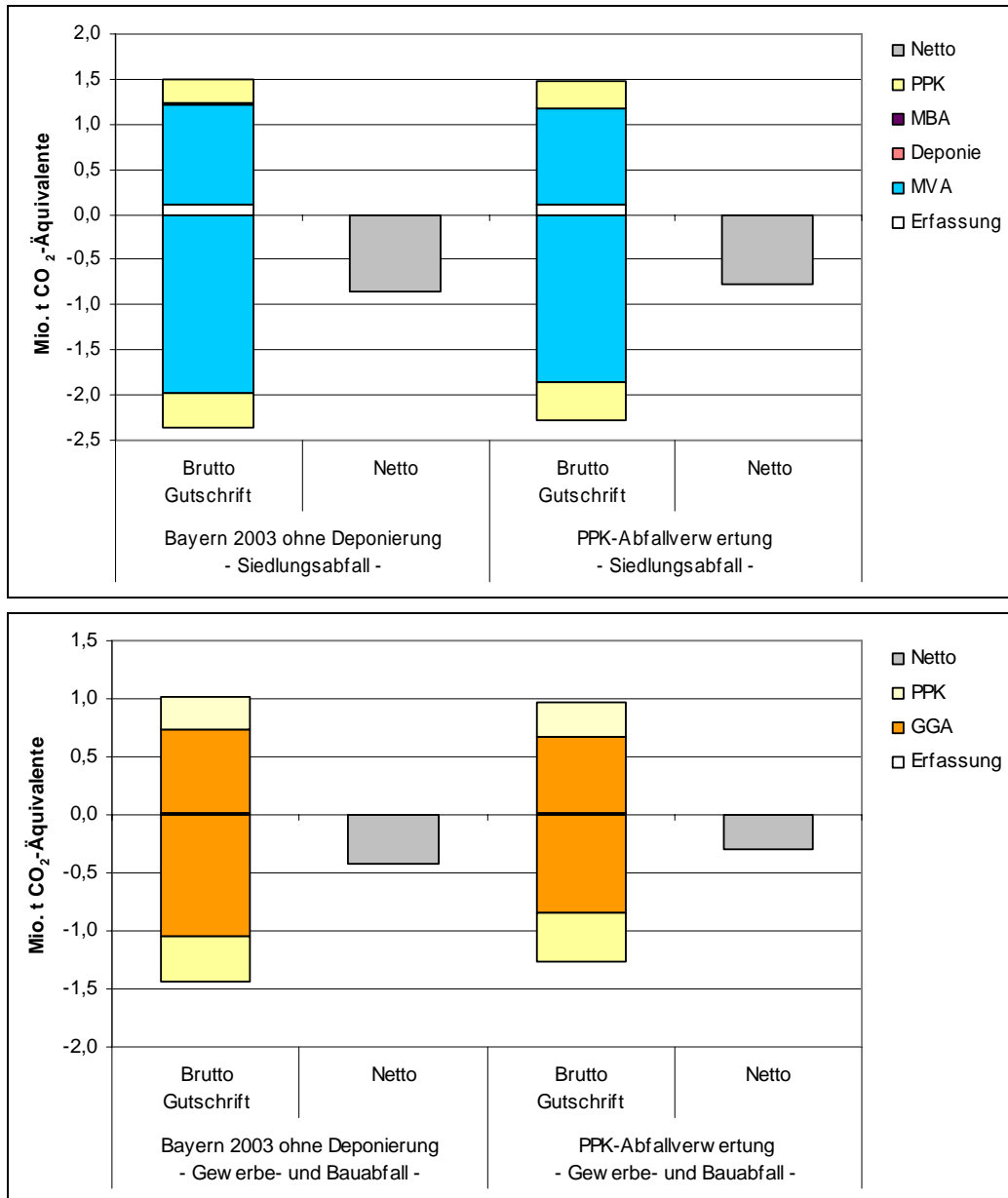


Abb. 5: Auswirkungen des Szenarios Steigerung der PPK-Erfassungsquote auf die Belastung der Umwelt mit CO₂-Äquivalenten durch den Abfallstrom Siedlungsabfälle (oben) und durch den Abfallstrom Gewerbe- und Bauabfall (unten).

Für die betroffenen Abfallströme würde sich kein positiver Effekt einstellen. Das Szenario würde stattdessen eine Zunahme der Emissionen von Treibhausgasen um ca. 195.980 t CO₂-Äquivalente zur Folge haben. Die im Referenzszenario gegebene Entlastung der Umwelt von treibhauswirksamen Gasen durch die Gesamtheit der betrachteten Stoffströme der bayerischen Abfallwirtschaft würde damit um ca. 5,4 % verringert werden. Ursache für diesen Effekt ist die Tatsache, dass bei der Substitution von Frischfasern durch Altpapier im Rahmen der stofflichen Verwertung keine CO₂-Gutschriften erfolgen da die Frischfasern aus nachwachsenden Rohstoffen stammen. Der

Zusatznutzen aus der Erzeugung von Energie in MVA wird hingegen in vollem Umfange als Klima entlastend gewertet. Dieser Zusatznutzen entfällt bei stofflicher Verwertung der PPK-Abfälle. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass hier nur die Klimawirkungen betrachtet werden. Die Vorteile der stofflichen PPK-Verwertung kommen in anderen Umweltkategorien zum Tragen, die aber nicht Gegenstand dieser Studie waren.

Da in diesem Szenario keine CO₂-Emissionsminderung sondern eine -erhöhung ermittelt wurde, wurden keine CO₂-Vermeidungskosten berechnet.

7 Verbesserung der Materialeffizienz

Trotz umfangreicher Bemühungen gibt es nach wie vor in erheblichem Umfang ungenutzte Möglichkeiten zur Steigerung der Materialeffizienz in der produzierenden Wirtschaft. Eine belastbare Quantifizierung dieser Möglichkeiten ist nicht möglich. In diesem Szenario wird angenommen, dass durch eine Intensivierung von Maßnahmen zur Steigerung der Materialeffizienz in der Metall verarbeitenden Industrie eine Reduzierung des Aufkommens an Metallabfällen um 6 % und in der Kunststoff verarbeitenden Industrie eine Reduzierung des Aufkommens an Kunststoffabfällen um 14 % erzielt wird. Auf diese Weise können ca. 18726 t an Altmetallen und 25.620 t an Kunststoffabfällen aus dem bayerischen Gewerbe vermieden werden.

Die folgende Abbildung zeigt, welche Auswirkungen eine Umsetzung des Szenarios auf die Treibhausgasemissionen der bayerischen Abfallwirtschaft hätte.

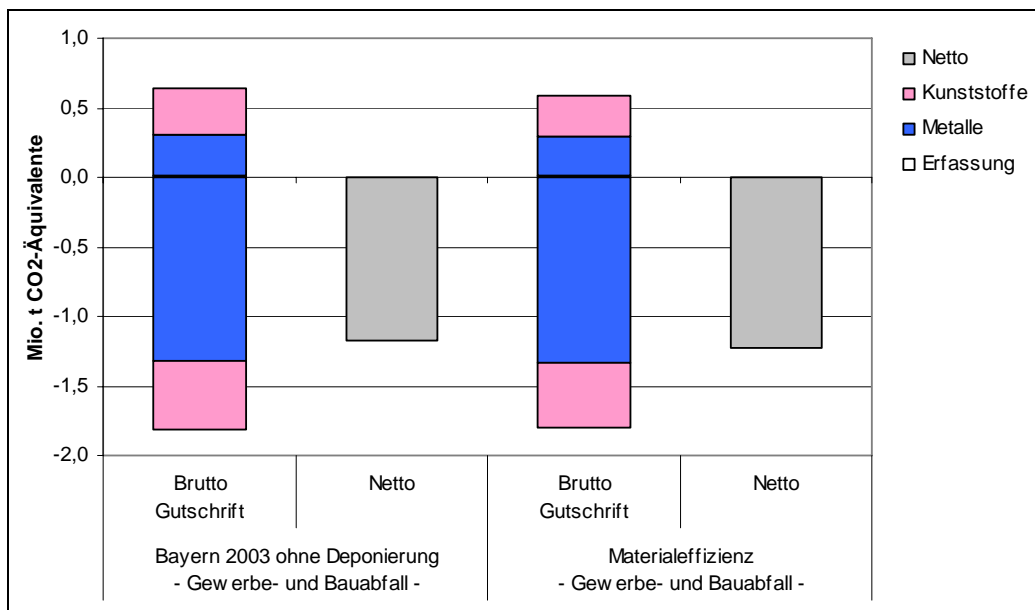


Abb. 6: Auswirkungen des Szenarios Steigerung der Verbesserung der Materialeffizienz auf die Belastung der Umwelt mit CO₂-Äquivalenten durch den Abfallstrom Gewerbe- und Bauabfall.

Es zeigt sich, dass die Maßnahmen zu dem erwarteten positiven Effekt führen würde. Die Reduzierung der Treibhausgasemissionen fällt aufgrund des geringen Anteils der betrachteten Stoffströme an den gesamten Abfallmengen jedoch nicht sehr hoch aus.

Das zusätzliche Treibhausgas-Minderungspotenzial des Szenarios Verbesserung der Materialeffizienz beträgt ca. 58.920 t CO₂-Äquivalente. Die bereits im Referenzszenario gegebene Entlastung

der Umwelt von treibhauswirksamen Gasen durch die Gesamtheit der betrachteten Stoffströme der bayerischen Abfallwirtschaft kann so um weitere ca. 1,7 % erhöht werden.

Eine Ermittlung der CO₂-Vermeidungskosten ist ohne detaillierte Kenntnis der Vermeidungspotenziale und der Aufwände zur Realisierung dieser Potenziale im Einzelfall nicht möglich. Aus diesem Grunde wurde mit Hilfe der beiden folgenden Annahmen für die Kosten bzw. Einsparungen der Unternehmen ein Korridor definiert:

- CO₂-Vermeidungskosten fallen nur während einer 5-jährigen Phase an, in der die Umstellung auf materialeffizientere Prozesse erfolgt
- Fiktive Obergrenze: Während dieser Umstellungsphase sind die aus der Abfallvermeidung resultierenden Einsparungen an Entsorgungskosten pro Tonne vermiedener Abfall um bis zu 50 € höher, als die Aufwendungen für die Steigerung der Materialeffizienz.
- Fiktive Untergrenze: Während dieser Umstellungsphase sind die aus der Abfallvermeidung resultierenden Einsparungen an Entsorgungskosten pro Tonne vermiedener Abfall um bis zu 20 € geringer, als die Aufwendungen für die Steigerung der Materialeffizienz.

Verrechnet mit der vermiedenen Abfallmenge könnten damit für die Unternehmen Einsparungen in Höhe von 2,22 Mio. € bis hin zu betriebliche Zusatzkosten in Höhe von 886.920 € anfallen. Die spezifischen CO₂-Vermeidungskosten lägen damit bei 3,7 ct Einsparungen bis zu 1,5 ct Mehrkosten pro kg CO₂-Äquivalent. Nach Umsetzung der Maßnahmen würden keine CO₂-Vermeidungskosten mehr anfallen.

8 Intensivierung der Abfallberatung

In diesem Szenario wird angenommen, dass durch Intensivierung der Abfallberatung die Menge an getrennt erfassten PPK- und Bioabfällen im Siedlungsabfall binnen fünf Jahren um 10 % gesenkt wird.

Die folgende Abbildung zeigt, welche Auswirkungen eine Umsetzung des Szenarios auf die Treibhausgasemissionen der bayerischen Abfallwirtschaft hätte.

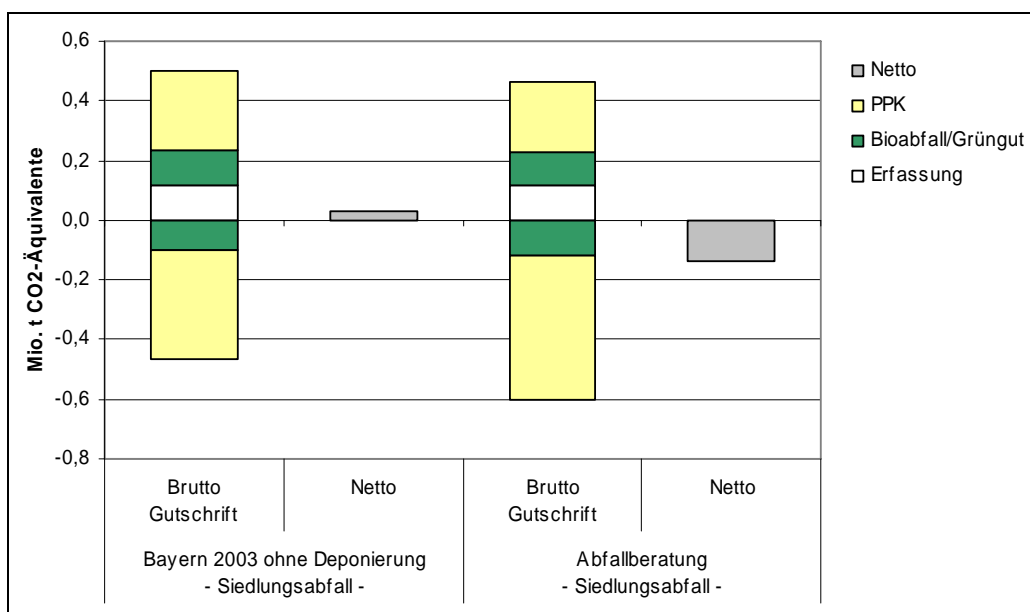


Abb. 7: Auswirkungen des Szenarios Intensivierung der Abfallberatung auf die Belastung der Umwelt mit CO₂-Äquivalenten durch den Abfallstrom Siedlungsabfälle.

Das zusätzliche Treibhausgas-Minderungspotenzial des Szenarios Intensivierung der Abfallberatung beträgt ca. 164.090 t CO₂-Äquivalente. Die bereits im Referenzszenario gegebene Entlastung der Umwelt von treibhauswirksamen Gasen durch die Gesamtheit der betrachteten Stoffströme der bayerischen Abfallwirtschaft kann so um weitere ca. 4,5 % erhöht werden.

Zur Abschätzung der Kosten wurde angenommen, dass für eine intensive landesweite Kampagne Kosten in Höhe von jeweils ca. 500.000 € für den Freistaat Bayern und für die beteiligten Kommunen anfallen. Ferner wurde angenommen, dass die Umsetzung der Maßnahmen innerhalb von fünf Jahren mit kontinuierlich wachsendem Erfolg stattfindet. Damit ergäben sich CO₂-Vermeidungskosten wie in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 3: Auf Basis der Annahmen für das Szenario Intensivierung der Abfallberatung angenommene CO₂-Vermeidungskosten

Jahr	Kosten für die Kommunen	Kosten für den Freistaat Bayern	Treibhausgas-minderung ¹⁾ [CO ₂ -Äquivalente]	spezifische CO ₂ -Vermeidungskosten [ct/kg CO ₂ -Äqu.]
1.	50.000 €	150.000 €	328.000 kg	61,0
2.	50.000 €	150.000 €	656.000 kg	30,5
3.	100.000 €	100.000 €	984.000 kg	20,3
4.	150.000 €	50.000 €	1,31 Mio. kg	15,3
5.	150.000 €	50.000 €	1,64 Mio. kg	12,2

1) Annahme gleich bleibende Steigerung bis zu 100 % im 5. Jahr

Nach Erreichen des Ziels würden für die bayerische Abfallwirtschaft keine CO₂-Vermeidungskosten mehr anfallen. Bis dahin würden die jährlichen spezifischen CO₂-Vermeidungskosten kontinuierlich von 61 ct/kg CO₂-Äquivalent im ersten Jahr auf 12,2 ct/kg CO₂-Äquivalent im fünften Jahr absinken.

9 Fazit

Obwohl Kosten- und Markteffekte in dieser Untersuchung nicht vollständig untersucht werden konnten, wird deutlich, dass erhebliches Potenzial zur Minderung der Klimagasemissionen vor allem in zwei Bereichen liegt: der Intensivierung der Abfallberatung mit dem Ziel einer Abfallvermeidung und der Optimierung der Bioabfallerfassung.

Bedingt durch das Untersuchungsdesign wurden die Potenziale zur Reduzierung der Treibhausgasbelastung in der hier dargestellten Arbeit insbesondere im Bereich der Abfallvermeidung nur unvollständig erfasst. Die Herstellung der zu Abfall gewordenen Produkte und damit auch die dabei freigesetzten bzw. im Falle einer Vermeidung eben nicht freigesetzten Treibhausgasmengen werden im Untersuchungsrahmen nicht berücksichtigt. Der Klimaeffekt einer Abfallvermeidung in dem Sinne, dass ein Abfall gar nicht erst entsteht, wird also unterbewertet. Allerdings sind bei der differenzierten Bewertung von Vermeidungseffekten auch Nebenwirkungen der Vermeidung und Substitutionseffekte zu berücksichtigen.

Es muss aber auch darauf hingewiesen werden, dass eine vermehrte Abfallvermeidung im Bereich der Privathaushalte auch mit großem Beratungsaufwand nur schwer durchsetzbar ist (hierzu z. B.: Kreibe et al. 2007).

Unter den analysierten Szenarien kristallisiert sich somit die Optimierung der Bioabfallverwertung als das am meisten Erfolg versprechende abfallwirtschaftliche Handlungsfeld zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen heraus. Dies gilt sowohl für das Ausmaß der damit erreichbaren Reduzierung von Treibhausgasemissionen als auch für die damit verbundenen Kosten.

Bevor entsprechende Maßnahmen ergriffen werden, sollten jedoch zusätzlich zu den Folgen für den Klimaschutz auch die Folgen für andere Umweltwirkungen analysiert werden. Die Umsetzung selbst dürfte angesichts der Kosten für den Gebührenzahler und von Fragen der Investitionssicherheit für bestehende Anlagen eher als ein strategisches denn als ein kurzfristiges Ziel zu betrachten sein.

Treibhausgasminderungspotenziale in Müllverbrennungsanlagen

Dipl.-Ing. Christian Pacher¹, Dipl.-Ing. Uwe Eggenstein², Dr.-Ing. Peter Quicker²,
Prof. Dr.-Ing. Martin Faulstich¹,

¹Technische Universität München, Lehrstuhl für Technologie Biogener Rohstoffe

² ATZ-Entwicklungszentrum, Sulzbach-Rosenberg

1 Einführung

Aufgrund der jüngst publizierten Berichte zum Klimawandel ist der Handlungsbedarf hinsichtlich vorsorgender Klimaschutzmaßnahmen dringlicher geworden denn je. Schon früh hat man die Anzeichen eines Klimawandels erkannt, aber erst mit dem Übereinkommen der Vereinten Nationen im Rahmen des Kyoto-Protokolls am 11. Dezember 1997 und mit dem endgültigen Inkrafttreten am 16. Februar 2005 erfolgte ein wesentlicher Schritt in Richtung vorbeugendem Klimaschutz. Im Rahmen des Kyoto-Protokolls, das für die Industrieländer insgesamt eine Reduktion der sechs Kyotogase (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆) von 5,2 % bis zum Jahr 2012 vorsieht, hat sich die Europäische Union zu einer Reduktion von 8% verpflichtet. Im Rahmen des EU burden sharing agreement wurden mit den Mitgliedsstaaten unterschiedliche, individuelle Reduktionsziele vereinbart [1] (Abb.1).

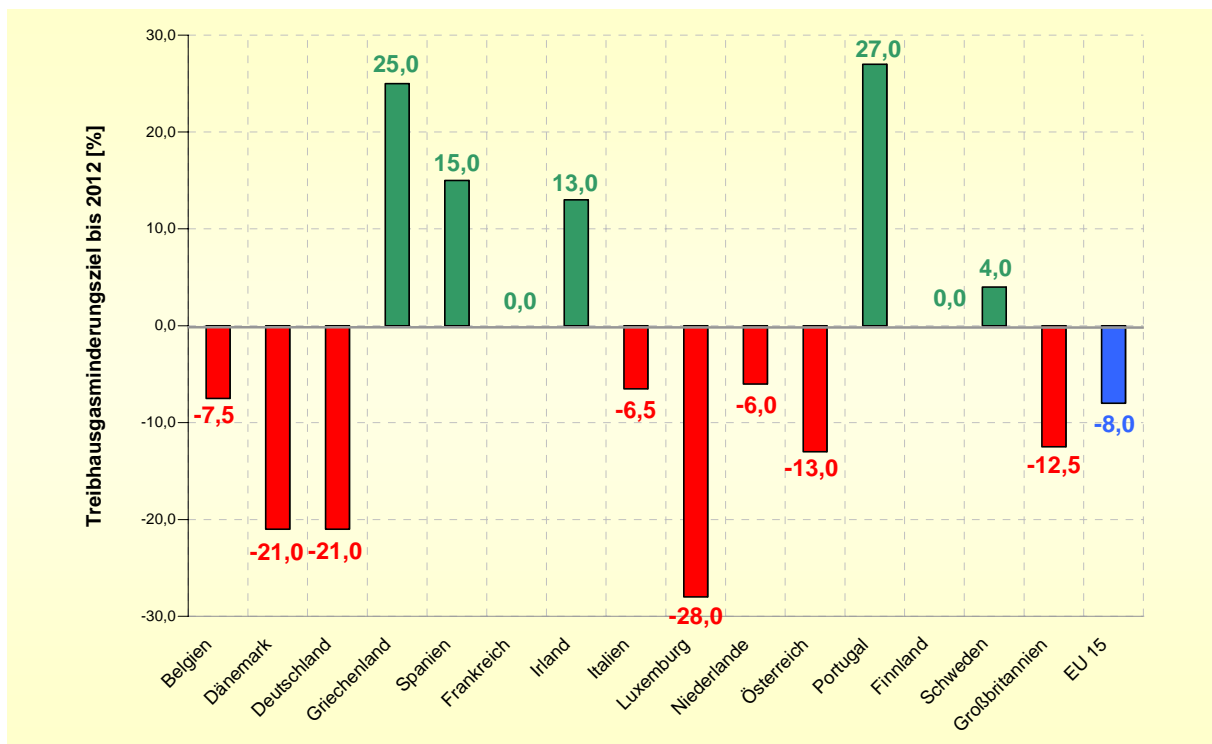


Abb. 1: Treibhausgasminderungsziele innerhalb der EU laut EU burden sharing agreement [1]

Deutschland hat das ehrgeizige Ziel, die Treibhausgasemissionen bis 2012 um 21 % gegenüber dem Basisjahr 1990 zu vermindern, über die Vereinbarungen des Kyoto-Protokolls hinaus bis 2020 sogar um 40 % [2]. Das Erreichen dieses Ziels erscheint derzeit allerdings nur unter weiteren Anstrengungen möglich, denn nach kontinuierlichen Reduzierungen in den 90er Jahren stagniert die erzielte Emissionsreduzierung in den letzten Jahren auf einem Wert von etwa 18 % (Abb. 2).

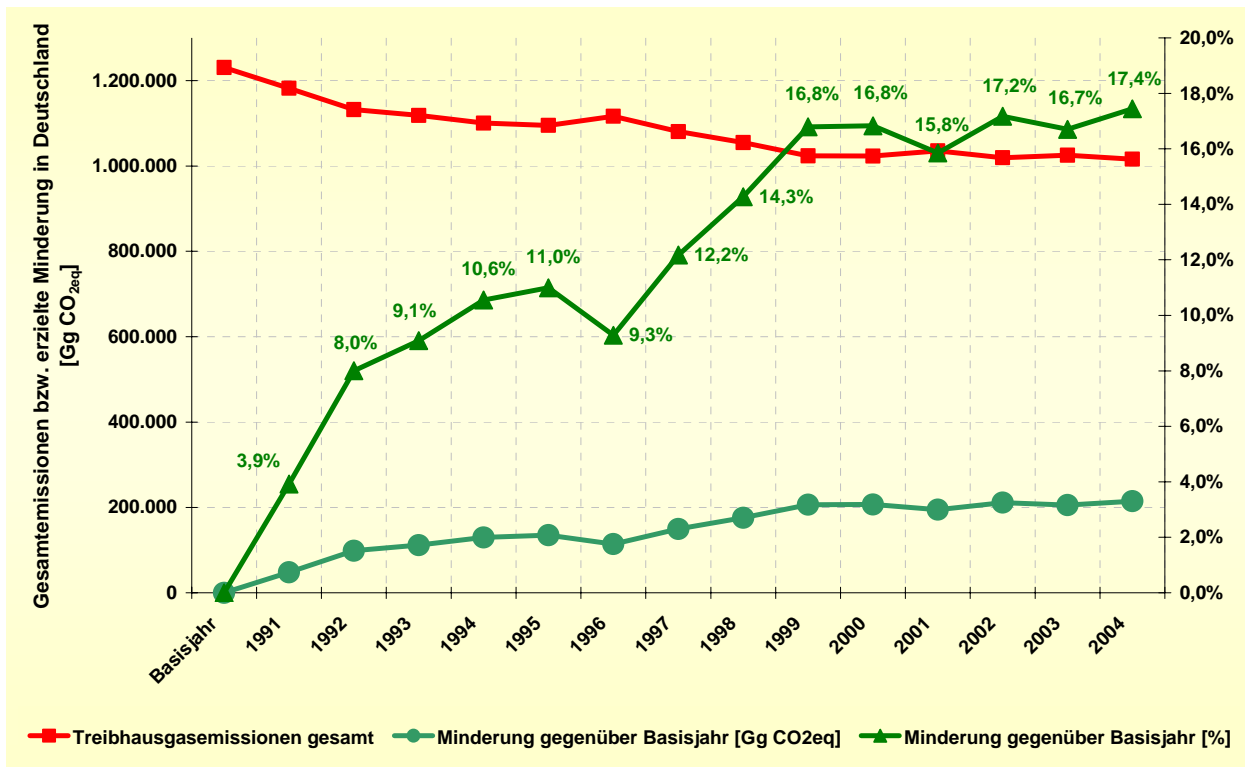


Abb. 2: Entwicklung der Treibhausgasemissionen und der erzielten Minderungen gegenüber dem Basisjahr [3]

2 Problemstellung und Zielsetzung

Die bisherigen Emissionseinsparungen in Deutschland sind zu etwa der Hälfte auf die Umstrukturierung großer Teile der DDR-Wirtschaft und auf die damit verbundene Schließung ineffizienter und veralteter Kraftwerke und Industrieanlagen zurückzuführen. In Anbetracht dieser einmaligen, historischen Einflussgrößen und der stagnierenden Emissionsrückgänge müssen neue Wege zur Erreichung der formulierten Ziele beschritten werden.

Beträchtliche Potenziale liegen hierbei neben dem Einsatz Erneuerbarer Energien vor allem in der Steigerung der Effizienz in Energie erzeugenden Anlagen [2].

Auch bei der thermischen Verwertung von Abfällen wird Energie erzeugt, die fossile Energieträger substituiert. Damit kann ein erheblicher Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden. Dieser Beitrag nimmt weiterhin zu, da nach Inkrafttreten der Technischen Anleitung Siedlungsabfall (TASi) zum 1. Juni 2005 zusätzlich bisher unbehandelt deponierte Abfälle durch die thermischen Behandlungsanlagen verwertet werden. Dadurch steigen zwar die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung an, diese sind aber nach derzeitigem Kenntnisstand zu 50 % biogenen Ursprungs und damit nicht klimawirksam [4]. Die zusätzlich kontrollierte Energiegewinnung aus der thermischen Abfallbehandlung führt zudem zu einer Einsparung wertvoller, natürlicher Ressourcen. Die Müllverbrennungsanlagen haben sich somit trotz des vorrangigen Entsorgungsauftrags inzwischen zu Abfallverwertungsanlagen entwickelt.

Um den Beitrag der Müllverbrennung zum Erreichen vorgegebener Klimaschutzziele abschätzen zu können, wurden in Bayern mögliche technische Optimierungs- und Treibhausgasminderungspotenziale an ausgewählten Müllverbrennungsanlagen im Rahmen eines Forschungsprojekts erhoben.

3 Optimierung- und Treibhausgasminderungspotenziale in Müllverwertungsanlagen

Die Betreiber thermischer Behandlungsanlagen konnten aufgrund der etablierten Verfahrenstechnik bereits seit vielen Jahren hinsichtlich möglicher Optimierungsmaßnahmen an einzelnen Anlagenteilen Erfahrungen sammeln. Aufgrund immissionsschutzrechtlicher Verpflichtungen wurden die Anlagen ständig optimiert und erfüllen somit gleichermaßen strengste Anforderungen an den Umweltschutz. Teilweise wurden die Prozesskreisläufe bestimmter Anlagen bereits bei der Planung hinsichtlich bestimmter Parameter soweit optimiert, dass sich in diesen Fällen kaum weitere Optimierungspotenziale ergeben.

Für die untersuchten Anlagen wurde zusammen mit den Anlagenbetreibern ein Maßnahmenkatalog für anlagenspezifische Verbesserungen erstellt. Die an den Anlagen bereits durchgeführten Maßnahmen, sowie die damit verbundenen betrieblichen Erfahrungen werden im Folgenden vorgestellt.

3.1 Maßnahmen bei der Verbrennung

Ein zentraler Ansatzpunkt technischer Verbesserungsmaßnahmen ist die Feuerung als erster Verfahrensschritt bei der Müllverbrennung. Es stehen inzwischen verschiedene verfahrenstechnische Möglichkeiten zur Verfügung, um durch geeignete Variation der Betriebsparameter in großem Umfang den Verbrennungsprozess und damit die Energieeffizienz zu beeinflussen. CO₂-Einsparpotenziale ergeben sich hierbei allerdings erst, wenn die durch Effizienzoptimierung zusätzlich erzeugte Energie entsprechend abgegeben und fossile Energieträger eingespart werden können.

Durch eine Verringerung des Luftüberschusses können Abgasverluste und die Gebläseleistung verringert werden. Beispielsweise steigt der elektrische Wirkungsgrad um 0,5 – 1 %-Punkte bei Verringerung des Sauerstoffgehalts im Abgas von 10 % auf 7 % [5]. Begrenzt wird diese Maßnahme durch die vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte (zum Beispiel für Kohlenmonoxid) und die Korrosionsgefahr.

Der Luftüberschuss wurde in allen untersuchten Anlagen begrenzt. Die Werte variieren je nach Anlage zwischen 6,0 % und 8,5 %.

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung des Wirkungsgrads durch veränderte Verbrennungsparameter besteht in der Senkung der Abgastemperatur nach dem Kessel. Dadurch wird mehr Dampf erzeugt. 10 K Temperaturabsenkung erhöhen den Kesselwirkungsgrad um durchschnittlich 1 % [6]. Die Anwendung dieser Maßnahme wird jedoch durch Säuretaupunkte und auftretende Korrosion eingeschränkt.

Die Rauchgastemperatur nach dem Kessel wurde an den beteiligten Müllheizkraftwerken bereits möglichst weit abgesenkt. Die Erfahrungen in den Anlagen haben gezeigt, dass durch die erhöhte Auskopplung thermischer Energie aus dem Rauchgas ein erhöhter Reinigungsaufwand durch Ablagerungen entsteht. Die Ablagerungen bilden sich bei geringeren Temperaturen in verstärktem Umfang an den Wärmetauscherflächen.

Grundsätzliche Probleme bestehen zudem möglicherweise in der Anlagenkonfiguration, wenn zum Beispiel die für die Absenkung erforderlichen Wärmetauscher aufgrund vorhandenen Platzmangels im Bereich des Kessels nicht installiert werden können oder fehlende Wärmeabnehmer und der erhöhte Reinigungsaufwand eine Wirkungsgradsteigerung unter betrieblichen Gesichtspunkten nicht sinnvoll erscheinen lassen.

In einer Anlage wird dieser Ansatz für zwei Ofenlinien derzeit umgesetzt, so dass im weiteren Projektverlauf Aussagen über die Auswirkungen auf den Anlagenwirkungsgrad getroffen werden sollen.

Ein generelles Problem der Müllverbrennung ist die starke Schwankung der Brennstoffzusammensetzung. Die Heterogenität des Brennstoffs führt zu ungleichmäßigen Brenneigenschaften, damit zu einem schlechteren Ausbrand und letztlich zu höheren Emissionen (zum Beispiel CO, NO_x).

Zur Optimierung der Verbrennung ist ein Brennstoff mit möglichst gleichmäßiger Zusammensetzung wünschenswert. In den Müllverbrennungsanlagen kann diesem Wunsch teilweise durch die Mischvorgänge im Müllbunker Rechnung getragen werden. Eine Beurteilung des Brennstoffs Müll kann auch zu bestimmtem Maße durch Feuerungsregelungen erfolgen. Zur Bestimmung des Temperaturprofils des Feuers können zum Beispiel Infrarotkameras eingesetzt werden.

In den untersuchten Müllheizkraftwerken sind verschiedene Verfahren zur Beurteilung des Heizwertes des Mülls und zur Beeinflussung der Feuerung etabliert. So kommen zur Kontrolle der Verbrennungsvorgänge und zur Vergleichmäßigung des Brennwertes Bilanzierungsprogramme, Online-Heizwert-Berechnungen oder auch Kombinationen aus Pyrometern und Thermoelementen mit anschließender Plausibilitätsprüfung zum Einsatz.

3.2 Maßnahmen bei der Dampferzeugung und Dampfnutzung

Durch Erhöhung der Dampfparameter, das heißt des Drucks und der Temperatur des erzeugten Dampfes, kann der energetische Wirkungsgrad der Turbinen deutlich gesteigert werden, sofern es die Kapazitäten der installierten Turbinen ermöglichen.

Problematisch ist dieser Ansatz bei Müllheizkraftwerken bezüglich der mit der Temperatur zunehmenden Korrosionserscheinungen an den Oberflächen der Dampferzeuger. Es ist derzeit kein erprobtes Korrosionsschutzkonzept am Markt verfügbar, um diese Korrosionen zu vermeiden.

Dampfparameter von 40 bar und 400 °C ermöglichen einen akzeptablen Anlagenbetrieb.

Die untersuchten Anlagen wiesen hinsichtlich dieser Maßnahme keine Potenziale mehr auf, da die Dampfparameter (zum Beispiel 410°C / 72 bar bzw. 400°C / 78 bar) bereits oberhalb der üblichen Grenze von 400°C / 40 bar liegen oder eine Erhöhung der Parameter Umbauten in der weitergehenden Anlagenperipherie (zum Beispiel Austausch der Turbinen) bedingen würde, die aus wirtschaftlichen Gründen nicht realisierbar ist.

Die Erhöhung der Dampfparameter kann auch durch externe Dampfüberhitzung erfolgen. Der Dampf wird außerhalb des Kessels zusätzlich erhitzt, um somit ein größeres Arbeitspotenzial des Dampfes zu erreichen. Dies geschieht mit relativ geringem zusätzlichem Brennstoffeinsatz. Der Wirkungsgrad der Anlage kann mit dieser Maßnahme erhöht werden, ohne im Kessel eine erhöhte Korrosion durch höhere Dampfparameter zu erzeugen. Die erzielbare Wirkungsgraderhöhung geht allerdings mit zusätzlichen Kosten und Emissionen aus dem Zusatzbrennstoff wie zum Beispiel Erdgas einher. Eine Bilanzierung der Emissionseinsparungen aus der Wirkungsgraderhöhung und der zusätzlichen Emissionen aus der Zufeuerung erfolgte im Rahmen dieser Untersuchungen nicht, da der nachträgliche Einbau in bestehende Müllheizkraftwerke den Anlagenbetreibern nicht umsetzbar erscheint (zum Beispiel wegen der begrenzten Kapazität der installierten Turbinen). Bei der Planung neuer Anlagen kann diese Maßnahme allerdings eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Ergänzung darstellen.

Eine weitere Maßnahme zur Optimierung der Dampfnutzung ist die Erhöhung der Enthalpiedifferenz zwischen Frisch- und Abdampf. Diese Maßnahme steht in der Diskussion. Zwar kann die Turbine mehr Energie auskoppeln durch eine Verringerung der Abdampfparameter, zum Beispiel

durch Erhöhung der Kondensatorleistung, limitiert wird diese Maßnahme allerdings in erheblichem Maße durch den möglichen Verschleiß der Turbinenbeschaukelung. Da der Kondensatanteil im Dampf ansteigt und somit die Turbine stärker belastet wird, wird diese Maßnahme skeptisch betrachtet. In einer Anlage entstand aufgrund einer abgebrochenen Schaufel erheblicher Schaden an einer Turbine, die komplett ausgetauscht werden musste, in einer anderen Anlage wurden die Planungen für den nachträglichen Einbau dieser Maßnahme aufgrund finanzieller Erwägungen verworfen.

3.3 Maßnahmen bei der Gasreinigung

Die Reinigung der Rauchgase stellt bei Müllheizkraftwerken generell einen aufwändigen Verfahrensschritt dar. Es wurden verschiedene Ansätze untersucht, bei denen eine Energieeinsparung möglich ist, ohne die Reinigungsleistung nachteilig zu beeinflussen.

Für die Einhaltung der strengen Grenzwerte für Stickoxide von weniger als $70 \text{ mg NO}_x/\text{m}_n^3$ in Bayern ist eine katalytische Entstickung (SCR) erforderlich.

Dieses Verfahren kann im Temperaturbereich von 200°C - 300°C betrieben werden.

Häufig wird die Kesselaustrittstemperatur der Rauchgase von ca. 250°C in der Gasreinigungsstufe abgekühlt. Diese Abkühlung auf ca. 65°C erfolgt bei nassen Gasreinigungssystemen durch die Verdampfungskühlung. Bei trockenen und halbtrockenen Gasreinigungsverfahren ist eine Abkühlung auf 140°C - 200°C vorgesehen, die unter anderem zum thermischen Schutz der installierten Filterschläuche dient. Wenn diesen Reinigungsstufen eine katalytische Entstickung (SCR) nachgeschaltet ist, muss das Rauchgas wieder auf die Betriebstemperatur des Katalysators aufgeheizt werden. Eine Absenkung der Katalysatortemperatur der SCR von 230°C - 300°C auf 200°C - 230°C ist ohne nachteilige Verringerung der Aktivität möglich. Hierdurch kann das Abgas zusätzlich mit Prozessdampf statt mit Erdgas wieder aufgeheizt werden. Durch diese Maßnahme können sowohl CO_2 -Emissionen, als auch Betriebskosten eingespart werden.

Die Untersuchungen dieses Forschungsvorhabens ergaben diesbezüglich je nach Rauchgasreinigungssystem erhebliche Minderungspotenziale. An einer Anlage mit Nassreinigung und katalytischer Entstickung (SCR-De NO_x) wurde die Katalysatortemperatur auf etwa 270°C abgesenkt und zusätzlich erfolgte das Aufheizen des Rauchgases nicht mehr mit Erdgas, sondern mit Prozessdampf. Dadurch ließen sich klimawirksame CO_2 -Emissionen in Höhe von etwa 2.400 t CO_2 im Jahr einsparen, wobei die gesamten klimawirksamen CO_2 -Emissionen etwa bei 100.000 t CO_2 lagen.

Eine weitere Temperaturabsenkung erfolgte bisher in keiner der untersuchten Anlagen.

Beim Einsatz von Venturiwäschern in der Rauchgasreinigung bestehen Potentiale hinsichtlich der Ausbildung der Venturikehlen. Durch Ersatz der einfachen starren Kehlen durch verstellbare Venturikehlen mit zusätzlicher verstellbarer Multiventuriebene können bei 25 % weniger Druckverlust gleiche Abscheidegrade realisiert werden [7]. Dadurch wird der Eigenstrombedarf der Anlage gesenkt und die Stromabgabe erhöht.

Bei betriebsnotwendigem Ersatz eines Venturiwäschers kämen diese Überlegungen in Betracht, da sich sonst die Investitionen nicht lohnen. Von den untersuchten Anlagen verfügte lediglich eine Anlage über entsprechende Nasswäscher. Ein Ersatz des Venturiwäschers ist in absehbarer Zeit jedoch nicht notwendig, so dass die tatsächlichen Energieeinsparungen bisher nicht ermittelt werden konnten. Für einen zukünftigen Wechsel der Wäscher soll diese Maßnahme nochmals Beachtung finden.

3.4 Perspektiven

Die größten Potenziale liegen in der intensiveren Nutzung der erzeugten Energie und der damit verbundenen Substitution von fossilen Energieträgern. Etwa 58 % des Endenergiebedarfs in Deutschland entfielen 2004 auf die Bereitstellung von Wärme, so dass in diesem Bereich große Substitutionspotenziale vorhanden sind. Vor allem im Bereich der privaten Haushalte, deren Energieverbrauch sich zu etwa 91 % auf Wärme erstreckt (Abb. 3), könnten durch entsprechende Vorrangsregelungen bei der Einspeisung in öffentliche Versorgungsnetze große Potenziale genutzt werden.

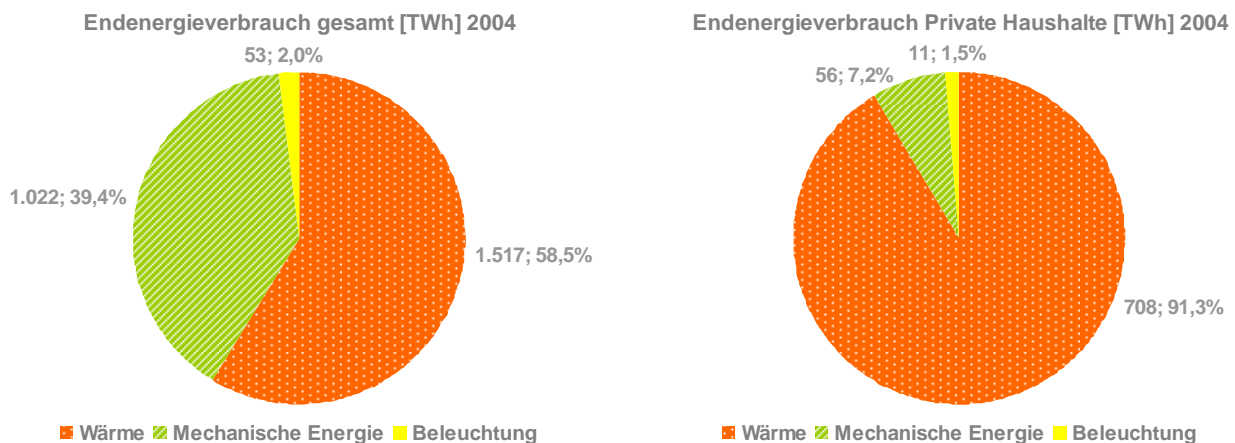


Abb. 3: Struktur des Endenergieverbrauchs insgesamt in Deutschland [TWh; %; linke Abb.] und Endenergieverbrauch im Bereich der privaten Haushalte 2004 [TWh; %; rechte Abb.] [8]

Die Müllheizkraftwerke können hierbei zur Energiebereitstellung einen weitaus größeren Beitrag als bisher leisten, da vor allem eine stärkere Wärmenutzung aus technischer Sicht möglich ist. Ebenso ist die Erzeugung von Kälte aus Prozessdampf vor allem im Sommer ein bereits technisch erprobtes Konzept mit Marktpotenzial. Verfahren, die sich noch im Entwicklungsstadium befinden, wie beispielsweise die mobile Wärmespeicherung oder die Erzeugung von Trockeneis für technische Anwendungen, werden als generell begrüßenswert angesehen, an eine konkrete Realisierung ist jedoch erst nach Erreichen der Marktreife zu denken.

So steht derzeit eine intensivere Energienutzung im Vordergrund, bei der die spezifischen lokalen Randbedingungen zu bedenken sind, die je nach Standort der Anlage sehr unterschiedlich ausfallen. Im Idealfall ist eine Anbindung an Fernwärmenetze bzw. an Gewerbegebiete vorhanden. Doch auch in diesem Fall kann es aufgrund von jahreszeitlich bedingten Abnahmeleistungen, Lieferverträgen und Vorrangsregelungen bei der Energieeinspeisung zu verminderten Abgabeleistungen kommen. Es kann nicht die gesamte Wärmemenge eingespeist werden und die Anlagen müssen vorrangig stromoptimiert betrieben werden.

Erhebliche Schwierigkeiten bei der Energieabgabe entstehen, wenn keine Anbindung an Fernwärmenetze vorhanden ist oder Lieferverträge mit vorhandenen Dampfabnehmern auslaufen und nicht verlängert werden. Dann entstehen vor allem in ländlich geprägten Gebieten erhebliche Probleme, die erzeugte Energie adäquat an Verbraucher abzugeben, und an den jeweiligen Anlagen sehr unterschiedliche Gesamtwirkungsgrade.

Die möglichen Potenziale soll die folgende Grafik verdeutlichen, die auf einem Erhebungsjahr innerhalb dieses Projekts beruht. Durch die ungenutzte Energie von knapp 492.000 MWh (Abb. 4) könnten etwa 55 Mio. m³ Erdgas substituiert werden. Bei Nutzung dieses fossilen Energieträgers würden CO₂-Emissionen in der Größenordnung von etwa 100.000 t CO₂ freigesetzt. Werden die aus dem Verbrennungsprozess des Müllheizkraftwerks bedingten, klimawirksamen CO₂-Emissionen subtrahiert, so ergibt sich in diesem Fall eine Einsparung von etwa 30.000 t CO₂.

Energienutzung am Beispiel einer untersuchten MVA bezogen auf die gesamte erzeugte Energiemenge [MWh/a]

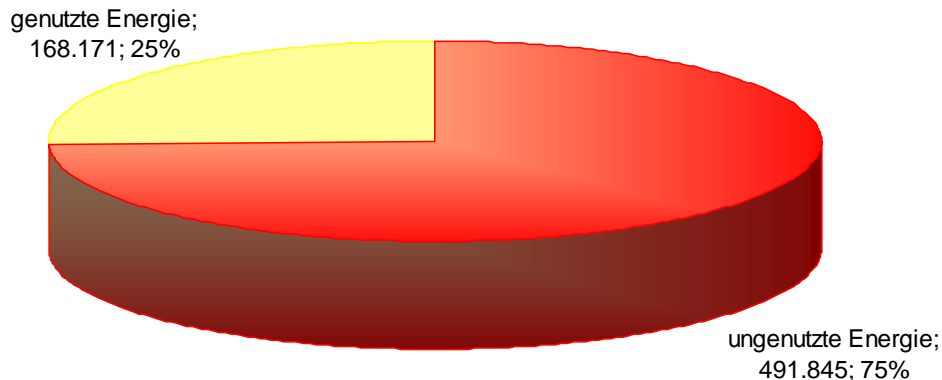


Abb. 4: Energienutzung einer untersuchten MVA bezogen auf die gesamte erzeugte Energie [MWh/a]

Dabei müssen die Überlegungen nicht nur in Richtung technischer Weiterentwicklung gehen, sondern auch Lösungen wie die Ansiedlung von Betrieben mit hohem Bedarf an preiswerter Wärme können Möglichkeiten bieten. Die Vermittlung kann zum Beispiel über eine internetbasierte Energieplattform erfolgen, wie sie bereits im Bereich von Bauabfällen praktiziert wird. Der Wärmeerzeuger kann seine Energie unter Angabe von Menge, Temperaturniveau, zeitlicher Verfügbarkeit und Standort des Betriebs anbieten und potenzielle Kunden werben. Die mögliche Realisierung einer Energiebörse wird derzeit überprüft.

Neben der intensiveren Nutzung der zur Verfügung stehenden Energie, stützen sich weitere Überlegungen auf den Betrieb der Anlage. Beim An- und Abfahren vor bzw. nach Revisionen und bei unterstützender Feuerung bei schlechten Verbrennungsvorgängen werden Gas- und Ölbrenner eingesetzt, die mit fossilen Brennstoffen betrieben werden. Der Einsatz dieser Brenner ist nicht nur mit hohen Kosten für die Energiebereitstellung, sondern auch mit zusätzlichen klimawirksamen CO₂-Emissionen verbunden, die nicht aus dem eigentlichen Verbrennungsprozess heraus entstehen. Es wurde die Möglichkeit untersucht, diese Brenner mit CO₂-neutralen Brennstoffen (zum Beispiel Sägemehl) zu betreiben.

Da eine hohe Verlässlichkeit der betriebenen Brenner notwendig ist, stützten sich die Überlegungen innerhalb des Forschungsvorhabens auf Zweistoffbrenner, die bereits auf dem Markt etabliert sind und notfalls neben dem Einsatz von Sägemehl auch den Einsatz von fossilen Brennstoffen gewährleisten. Diese Überlegungen scheiterten allerdings am Brennstoff Sägemehl selbst: Da der Ausbrand des Sägemehls nur bei hohen Ofentemperaturen gewährleistet ist, die bei Anfahrvorgängen nicht gegeben sind, beschränkt sich der Einsatz dieser Brenner lediglich auf Abfahrvorgänge bzw. auf die so genannte Stützfeuerung, die in den untersuchten Anlagen selten zur Anwendung kommt. Durch den eingeschränkten Einsatz stehen die Investitionen für diese Brenner in keinem Verhältnis zu den damit zu erreichenden CO₂-Minderungen. Eine Reduzierung von CO₂-Emissionen bleibt deshalb diesbezüglich auf betriebliche Optimierungsmaßnahmen beschränkt wie zum Beispiel die Reduzierung von Revisionen und somit die Beschränkung der An- und Abfahrvorgänge, um den Einsatz fossiler Energieträger zu beschränken. Diese Maßnahme bedingt allerdings intensive Überlegungen zur Aufrechterhaltung eines sicheren Anlagenbetriebs.

Die Stromproduktion in den Anlagen könnte eventuell durch Einführung eines Lastmanagementsystems gesteigert werden. Im Allgemeinen sind in Müllheizkraftwerken Turbinen mit unterschiedlichen Wirkungsgraden installiert. Jede Turbine ist einer Ofenlinie zugeordnet. Durch kontrollierte Dampfführung wird jeweils die maximale Dampfmenge unabhängig von der jeweiligen Ofenlinie auf die Turbine mit dem höchsten Wirkungsgrad geleitet, um den höchst möglichen Gesamtwirkungsgrad zu erzielen.

4 Fazit

Aufgrund der messbaren Zunahme an CO₂ in der Atmosphäre, des damit verbundenen fortschreitenden Klimawandels, der zunehmenden Verknappung natürlicher Ressourcen und der stagnierenden CO₂-Minderungen in Deutschland, sind neben den bisher erfolgten Klimaschutzmaßnahmen neue Möglichkeiten auszuschöpfen. Die vorgegebenen Klimaschutzziele können nur erreicht werden, wenn vorhandene Potenziale zur Bereitstellung biogener Ressourcen effizienter genutzt werden. Diese Potenziale sind im Bereich der Abfallverbrennung vor allem in der Abwärmenutzung vorhanden.

Wie sich im Projektverlauf herausgestellt hat, sind im Bereich der Kraftwerkstechnik der beteiligten Anlagen zwar weitere Optimierungspotenziale vorhanden, allerdings wurden bereits bei der Anlagenkonzeption und während des langjährigen Betriebs aufgrund wachsender immissionsschutzrechtlicher Anforderungen zahlreiche Maßnahmen vorgenommen, die zu einer ständigen Verbesserung der Anlagentechnik geführt haben. Für zukünftige Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz wird ein großer Aufwand zu leisten sein. Maßnahmen wie die Erhöhung der Stromproduktion durch Einführung eines Lastmanagementsystems und der damit verbundenen Nutzung der maximalen Dampfmenge auf der Turbine mit dem höchsten Wirkungsgrad können hierbei zu neuen Potenzialen führen.

Erhebliche Potenziale liegen nach wie vor in der Bereitstellung von Energie und der damit verbundenen Substitution von fossilen Energieträgern.

Diesbezüglich sind nicht nur technische Möglichkeiten zur mobilen Energiespeicherung, Umwandlung des erzeugten Dampfes in Kälte oder ähnliches zu bedenken, sondern auch betriebliche Maßnahmen wie zum Beispiel die Ansiedlung von Wärmekunden in unmittelbarer Nähe der Anlage über denkbare Energiebörsen bzw. die Anbindung an ein auf die jeweiligen Anlagen ausgerichtetes Fernwärmenetz.

Gerade in Bezug auf die Anbindung an Fernwärmenetze spielen politische Rahmenbedingungen eine große Rolle. Zum einen ist der Ausbau solcher Netze mit hohen Investitionen verbunden, die ohne entsprechende Subventionen nicht zu leisten sind, zum anderen muss gewährleistet sein, dass die erzeugte Energie vollständig abgegeben werden kann. Hier wäre bei der Energieeinspeisung in Wärmenetze eine Vorrangregelung für Energie aus Abfall denkbar, wie es zum Beispiel in Dänemark gehandhabt wird. Dort wird vorrangig Energie aus der thermischen Behandlung von Abfällen in die Versorgungsnetze eingespeist, so dass etwa 3 % des gesamten Stromaufkommens und etwa 18 % der Fernwärme von den ansässigen Müllheizkraftwerken zur Verfügung gestellt werden können. Die Stromabgabe wird zudem mit 0,01 € pro MWh vergütet [9], wodurch weitere Anreize zur Optimierung der Anlagen und zu einer erhöhten Energieabgabe in die Versorgungsnetze gegeben sind.

5 Danksagung

Wir danken dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz für die finanzielle Förderung des Forschungsvorhabens EULV 25 „CO₂-Minderungspotenziale und Anwendung der Klimaschutzinstrumente in EFRE-Ziel-2-Gebieten“, dem Bayerischen Landesamt für Umwelt für die fachliche Betreuung und den beteiligten Anlagen für die wertvollen Diskussionen und die Bereitstellung zahlreicher Daten.

6 Literatur

- [1] EU – Der Rat der Europäischen Union (2002): Council decision of 25 April 2002 concerning the approval, on behalf of the European Community, of the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change and the joint fulfilment of commitments thereunder (2002/358/CE).
- [2] BMU – Bundesumweltministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (2005): Nationales Klimaschutzprogramm 2005 – Beschluss der Bundesregierung vom 13. Juli 2005. Sechster Bericht der Interministeriellen Arbeitsgruppe „CO₂-Reduktion“. Berlin, S. 6.
- [3] UBA– Umweltbundesamt (2006): Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2004. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen 2006. Dessau, S. 40.
- [4] BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2006a): Umweltpolitik. Erneuerbare Energien in Zahlen – nationale und internationale Entwicklung. Stand Mai 2006. Berlin, S. 47.
- [5] REF/BAT – Waste Incineration for Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) (2005): Draft Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. European Commission, EIPPC Bureau Sevilla.
- [6] Kins, M.; Zwahr, H. (2003): Perspektiven für die Verbesserung des Nutzungsgrades von Müllverbrennungsanlagen. In: Thomé-Kozmiensky, K.-J. (Hrsg.): Optimierungspotential der Abfallverbrennung. TK-Verlag, Neuruppin.
- [7] MikroPul – Firma Mikropul GmbH (2006): Herstellerangaben. Köln.
- [8] Verband der Elektrizitätswirtschaft e.V. (2006): Energie Spezial – Endenergieverbrauch in Deutschland 2004. Berlin, Teil A, Tafel 1.2.
- [9] Umweltbundesamt (2006): Energie aus Abfall – Ein bedeutender Beitrag zum Klimaschutz. Workshop am 6./7. November 2006. Dessau, unveröffentlicht.

CO₂-Emissionshandel – Bedeutung als Produktionsfaktor beim Anlagenbetrieb

Dipl.-Ing. Thomas Mühlpointner, Future Camp GmbH, München

1 Grundlagen des Emissionshandels, Erfahrungen aus der ersten Handelsperiode und Erwartungen an die zweite

Am 1. Januar 2005 ist das Emissionshandelssystem der Europäischen Union gestartet. Die dafür geschaffene Richtlinie wurde insbesondere durch das Treibhausgasemissionshandelsgesetz (TEHG) und das Zuteilungsgesetz (ZuG) in deutsches Recht umgesetzt. Die Betreiber der darin genannten Anlagentypen sind seither verpflichtet, für ihre tatsächlichen CO₂-Emissionen Emissionszertifikate nachzuweisen und abzugeben.

Grundprinzip des europäischen Emissionshandels ist die Zuteilung einer begrenzten Menge an Emissionsberechtigungen (Cap) für einen bestimmten Sektor über einen Zeitraum. Durch kontinuierliche Absenkung dieses Caps über verschiedene Perioden kann der Staat die CO₂-Emissionen vermindern. Gegenwärtig läuft zwischen der EU und den einzelnen Staaten die Abstimmungsphase hinsichtlich der Zuteilung für die zweite Handelsperiode (2008 - 2012).

Die Zuteilung der Emissionsberechtigungen auf die einzelnen Anlagen (Allokation) kann auf verschiedenen Wegen erfolgen. In Deutschland wurde in der aktuellen Handelsperiode (2005 - 2007) grundsätzlich auf Basis historischer Emissionen zugeteilt, als Basisperiode sind die Jahre 2000 - 2002 festgelegt und die Reduzierung der Emissionsmenge erfolgt über einen Erfüllungsfaktor von 92,4 %.

Alternativ konnte ein Betreiber auch eine Zuteilung auf Basis von Produktionsmengenprognosen und vorgegebenen spez. Emissionsfaktoren (Benchmarks) beantragen. Diese Zuteilungsmethode wird generell bei Neuanlagen angewendet.

Die Zuteilungsregeln für die 2. Handelsperiode wurden vom Bundesumweltministerium (BMU) erstmals im Juni 2006 im Nationalen Allokationsplan 2008 - 2012 bekannt gegeben. Demnach soll die Zuteilung für Bestandsanlagen nur noch auf Basis historischer Emissionen erfolgen. Die Basisperiode wird auf die Jahre 2000 - 2005 erweitert und der Erfüllungsfaktor wird zwischen den Sektoren Energiewirtschaft (0,85) und Industrie (0,9875) differenziert. Kurz vor der Entscheidung der EU-Kommission über den deutschen Allokationsplan wurde der Plan vom BMU nachträglich korrigiert, das Mengenziel von 482 Mio t CO₂/a auf 465 Mio t CO₂/a pro Jahr reduziert, mit der Konsequenz eines strengeren Erfüllungsfaktors von 0,71 im Energiesektor. Die EU-Kommission hat den Plan im November 2006 dennoch abgelehnt und eine Absenkung des Caps auf 453 t gefordert sowie ein Verbot der Privilegierung von Neuanlagen über die jeweilige Handelsperiode hinaus (Im Allokationsplan war eine Privilegierung mit Erfüllungsfaktor 1 für 14 Jahre vorgesehen). Insbesondere aufgrund dieser Vorgaben wird gegenwärtig im BMU erwogen, zumindest im Energiesektor komplett auf ein Benchmarksystem auch für Bestandsanlagen überzugehen. Momentan ist somit ziemlich ungewiss welche Regeln im neuen Zuteilungsgesetz angewendet werden, insgesamt ist jedoch davon auszugehen, dass EU-weit die Mengenziele gegenüber der laufenden Periode deutlich verschärft werden.

2 Erwartete Entwicklung der Zertifikatepreise

Die Preise der EU-Allowances (EUA) haben im Jahr 2006 eine extreme Entwicklung durchgemacht. Der Jahresbeginn war geprägt durch unerwartet hohe Preise, die im April auf Rekordwerte von über 30 €/t CO₂ kletterten. Im Mai wurden erstmalig verifizierte Emissionszahlen aller Länder aus dem Berichtsjahr 2005 veröffentlicht. Da sich europaweit eine deutliche Long Position (Überschuss von Emissionsberechtigungen) abzeichnete, fiel der Preis deutlich auf Werte unter 10 €/t CO₂, stabilisierte sich dann jedoch im Bereich von ca. 15 €/t CO₂. Gegen Ende des Jahres fiel dann der Preis für EUAs der 1. Handelsperiode auf Werte unter 5 €/t CO₂, während sich die Preise für die 2. Periode bei etwa 15 €/t CO₂ behaupteten.

Wesentlicher Grund für diese große Differenz sind fehlende Übertragungsmöglichkeiten aus der ersten in die zweite Handelsperiode. Da die EUAs der ersten Periode nicht zur Deckung von Emissionen der zweiten Handelsperiode eingesetzt werden können, besteht bei einem europaweiten Überschuss die Gefahr, dass der am Ende der 1. Handelsperiode nahezu gegen Null geht. In zukünftigen Perioden wird jedoch eine Übertragbarkeit zugelassen, so dass derart extreme Preisschwankungen in Zukunft nicht mehr zu erwarten sind.

3 Interpendenz zwischen Brennstoffen und CO₂-Emissionen

Die Ermittlung der CO₂-Emissionen bei Standardbrennstoffen erfolgt in der Regel über einen Berechnungsansatz anhand der eingesetzten Brennstoffmengen sowie Standard Emissionsfaktoren, die von der Deutschen Emissionshandelsstelle veröffentlicht sind. Der Emissionsfaktor des Brennstoffs Braunkohle (ca. 0,110 t CO₂/GJ) ist etwa doppelt so hoch wie der Emissionsfaktor des unter CO₂-Aspekten günstigsten fossilen Brennstoffs Erdgas (0,056 t CO₂/GJ). Im Abfallbereich findet man Emissionsfaktoren typischer Abfallarten beispielsweise im Arbeitsblatt 2 der VDI 3460. Auffallend ist, dass alle Emissionsfaktoren dort deutlich unter denen der fossilen Brennstoffe liegen. Dies kommt daher, dass die CO₂-Emissionen aus biogenem Kohlenstoff im Rahmen des Emissionshandels mit Null bewertet werden.

Im Elektrizitätssektor hängen die spezifischen Emissionen des Produkts elektrische Energie zusätzlich vom Kraftwerksnutzungsgrad ab. Dies führt zu einer Verstärkung der Diskrepanz zwischen Gas und Kohle, da Braunkohlekraftwerke die niedrigsten Nutzungsgrade aufweisen (Durchschnitt Deutschland ca. 36 %, Neuanlage ca. 41 %) während GuD-Anlagen die effizienteste Form der Stromerzeugung darstellen (ca. 55 - 58 %). Zwischen der Stromerzeugung mit GuD bzw. Braunkohle liegt somit in etwa der Faktor drei. Bei der Verbrennung von Restsiedlungsabfällen zur Stromerzeugung, zeigt sich, dass trotz des niedrigen Emissionsfaktors spezifische Emissionen in der Größenordnung zwischen Erdgas und Kohle erzielt werden. Dies liegt an den niedrigeren Nutzungsgraden von Müllverbrennungsanlagen (Schnitt ca. 15 %, Neuanlage 24 %). Wenn bei den Anlagen zusätzlich Wärme in KWK ausgekoppelt wird, verändert sich diese Bilanz jedoch zu Gunsten der Müllverbrennungsanlagen.

4 Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Anlagen im Bereich Waste To Energy

In den Emissionshandelssektor werden grundsätzlich Anlagen aus bestimmten Industriebereichen sowie aus der Energieerzeugung einbezogen, sofern deren Feuerungswärmeleistung über 20 MW liegt. Bei den Feuerungsanlagen gibt es jedoch Ausnahmen für EEG-Anlagen und Müllverbrennungsanlagen. Schnittstellen zwischen Emissionshandel und Waste to Energy treten also nur dann auf wenn Abfall oder aufbereitete Ersatzbrennstoffe in emissionshandelspflichtigen Anlagen (z. B.

Kraftwerke, Zementöfen) mitverbrannt werden. Unberührt vom Emissionshandel bleiben neben den MVAs auch CH₄-Emissionen aus Deponien.

Der Ausschluss von MVAs leitet sich aus einem Satz im Treibhausgasemissionshandelsgesetz (TEHG) ab, wonach Anlagen zur ausschließlichen Verbrennung von gefährlichen Abfällen oder Siedlungsabfällen nicht dem Anwendungsbereich unterliegen (§ 2 Abs. 5). Eine Einbeziehung der Anlagen als relevante CO₂-Emittenten wurde mehrfach diskutiert, ist jedoch nach gegenwärtigem Stand auch für die zweite Handelsperiode bis zum Jahr 2012 auszuschließen. Begründet wird der Ausschluss unter anderem mit dem aufwändigen Monitoringverfahren sowie begrenzter Lenkungswirkung für derartige Anlagen.

Im Bereich der Mitverbrennung kann der Emissionshandel durchaus Einflüsse haben. Interessant ist unter Emissionsaspekten insbesondere die Substitution von Kohle durch Ersatzbrennstoffe mit möglichst hohem biogenen Anteil am Kohlenstoffgehalt.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass der Emissionshandel Einflüsse im Bereich der Mitverbrennung hat, in der Regel sind die Auswirkungen durchwegs positiv. Nachteilige Auswirkungen ergeben sich ggf. durch erhöhten Aufwand bei der Erfassung der CO₂-Emissionen. Die gesamte Relevanz des Themas bei der Wahl der Ersatzbrennstoffe muss natürlich im Zusammenhang mit anderen Wirtschaftsfaktoren wie z. B. den Kosten des ersetzten Brennstoffs bzw. der Zuzahlung für die Abnahme des Brennstoffs gesehen werden. Es ist jedoch abzusehen, dass in der zweiten Handelsperiode das Thema an Bedeutung gewinnen wird, da die Emissionsbudgets gegenüber der aktuellen Periode deutlich reduziert werden und der Handlungsdruck zur Emissionsminderung bei den Anlagenbetreibern zunimmt.

Quellen

UBA/DEHSt (2005): Emissionsfaktoren und Kohlenstoffgehalte

VDI 3460 Blatt 2 (Entwurfassung)

Johnke (2002): Statusbericht zur Einsparung von CO₂-Emissionen durch verbesserte Energienutzung in Siedlungsabfall-Verbrennungsanlagen – Stand Juli 2002

Öko-Institut (2002): Der Beitrag der thermischen Abfallbehandlung zu Klimaschutz, Luftreinhaltung und Ressourcenschonung. Im Auftrag der ITAD

BMU (2006): Nationaler Allokationsplan 2008-2012 für die Bundesrepublik Deutschland

TEHG (2004): Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie 2003/87/EG über ein System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft

ZuG (2004): Gesetz über den nationalen Zuteilungsplan für Treibhausgas-Emissionsberechtigungen in der Zuteilungsperiode 2005 bis 2007




:FutureCamp

CO₂-Emissionshandel – Bedeutung als Produktionsfaktor beim Anlagenbetrieb

- == Grundlagen des Emissionshandels, Erfahrungen aus der ersten Handelsperiode und Erwartungen an die zweite
- == Erwartete Entwicklung der Zertifikatepreise
- == Interpendenz zwischen Brennstoffen und CO₂-Emissionen
- == Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Anlagen im Bereich Waste To Energy


Seite 2
© 2006 FutureCamp GmbH



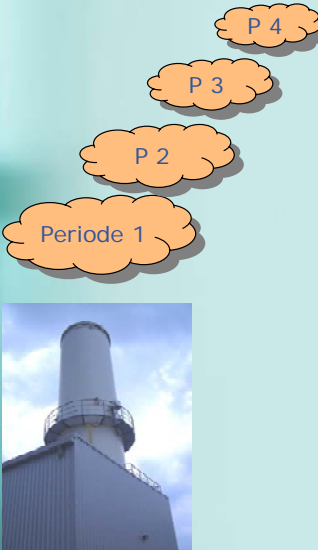
CO₂-Emissionshandel – Bedeutung als Produktionsfaktor beim Anlagenbetrieb

- = Grundlagen des Emissionshandels, Erfahrungen aus der ersten Handelsperiode und Erwartungen an die zweite
- = Erwartete Entwicklung der Zertifikatepreise
- = Interpendenz zwischen Brennstoffen und CO₂-Emissionen
- = Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Anlagen im Bereich Waste To Energy

© 2006 FutureCamp GmbH Seite 3



Funktionsweise eines Emissionshandelssystems



Der Staat legt eine

- ⇒ absolut begrenzte Menge an Emissionen (**503 Mio. t / a**)
- ⇒ pro definierter Zeiteinheit (**2005-2007**) fest und
- ⇒ weist diese den Emittenten (**Energie & Industrie**) in Form von Zertifikaten zu.


↓

- ⇒ Durch eine kontinuierliche **Reduzierung der Zertifikatmenge** (2008-2012: 453 Mio. t / a) wird
- ⇒ eine **Verringerung der erlaubten Emissionen** erreicht.

↓

- ⇒ Im Gegensatz zum Ordnungsrecht entsteht eine **Flexibilität**, OB, WO, WANN und WIE die CO₂-Vermeidung erfolgt.

© 2006 FutureCamp GmbH Seite 4



Seite 5
© 2006 FutureCamp GmbH

Zuteilungsmethode ZuG 2007


= **Grandfathering** (kostenlose Zuteilung auf Basis historischer Emissionen):

Historische Emissionsmenge der Basisperiode (2000-2002)
x
Erfüllungsfaktor (Kürzung um bis zu 7,4 %)

= **Benchmarking** (für Neuanlagen und wahlweise auch für Bestandsanlagen):

Prognostizierte Produktionsmenge pro Jahr
x
Emissionswert der Anlage je erzeugter Produkteinheit
(z.B. Stromerzeugung mit Erdgas: 365 g CO₂/kWh)

= **Zahlreiche Sonderregelungen**
(Early Action, Kompensation für Kernenergieausstieg, Härtefall-Regelungen ...)



Seite 6
© 2006 FutureCamp GmbH

Zuteilungsmethode NAP 2008-2012

= **Grandfathering** (kostenlose Zuteilung auf Basis historischer Emissionen):


Historische Emissionsmenge der Basisperiode (2000-2005)
x
Erfüllungsfaktor (Kürzung um bis zu XX %)

= **Benchmarking** (nur für Neuanlagen):

Prognostizierte Produktionsmenge pro Jahr
x
Emissionswert der Anlage je erzeugter Produkteinheit
(z.B. Stromerzeugung mit Erdgas: 365 g CO₂/kWh)

15% (NAPII Entwurf 28.06.2006)
29% (Nachbesserung 24.11.2006)
>30% (Forderung EU 29.11.2006)

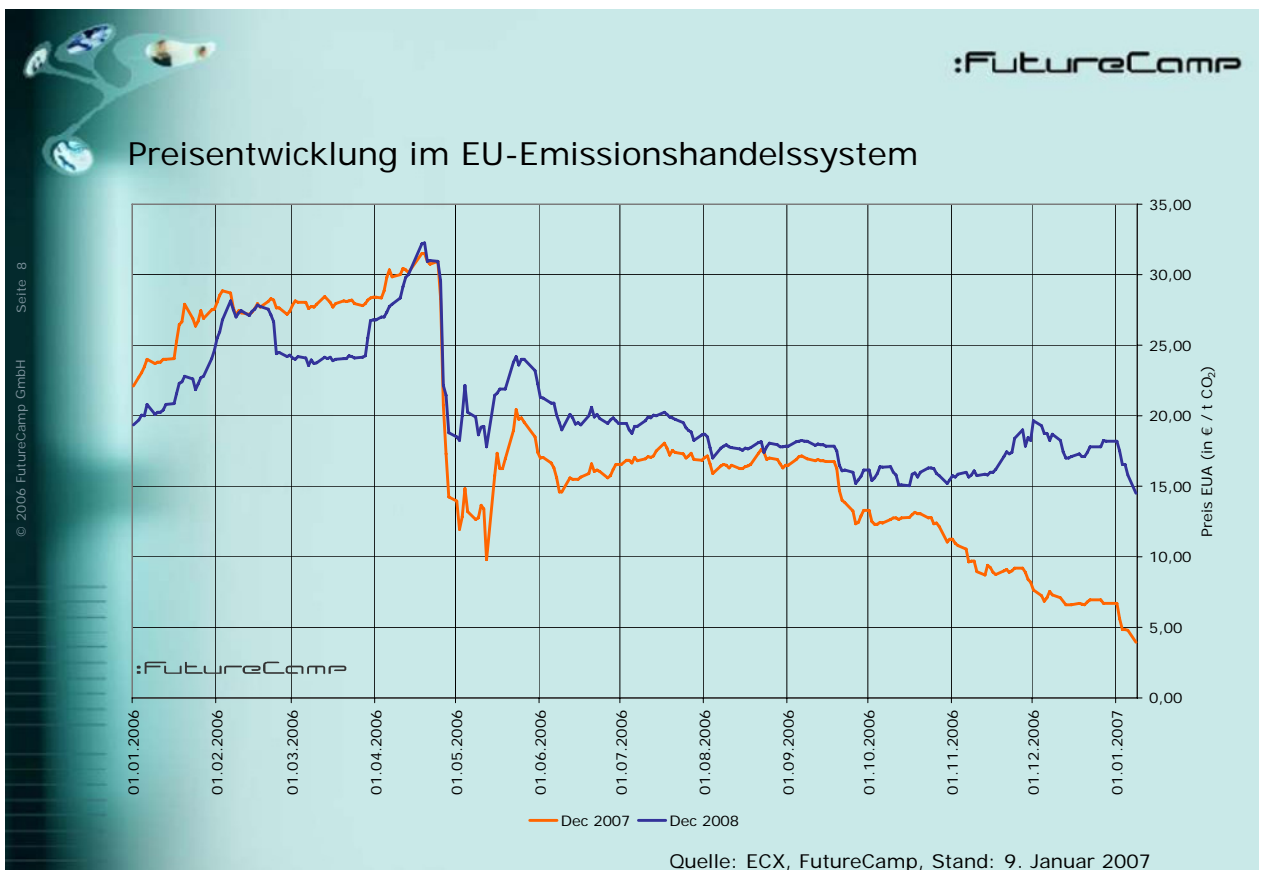
= ~~**Zahlreiche Sonderregelungen**
(Early Action, Kompensation für Kernenergieausstieg, Härtefall-Regelungen ...)~~

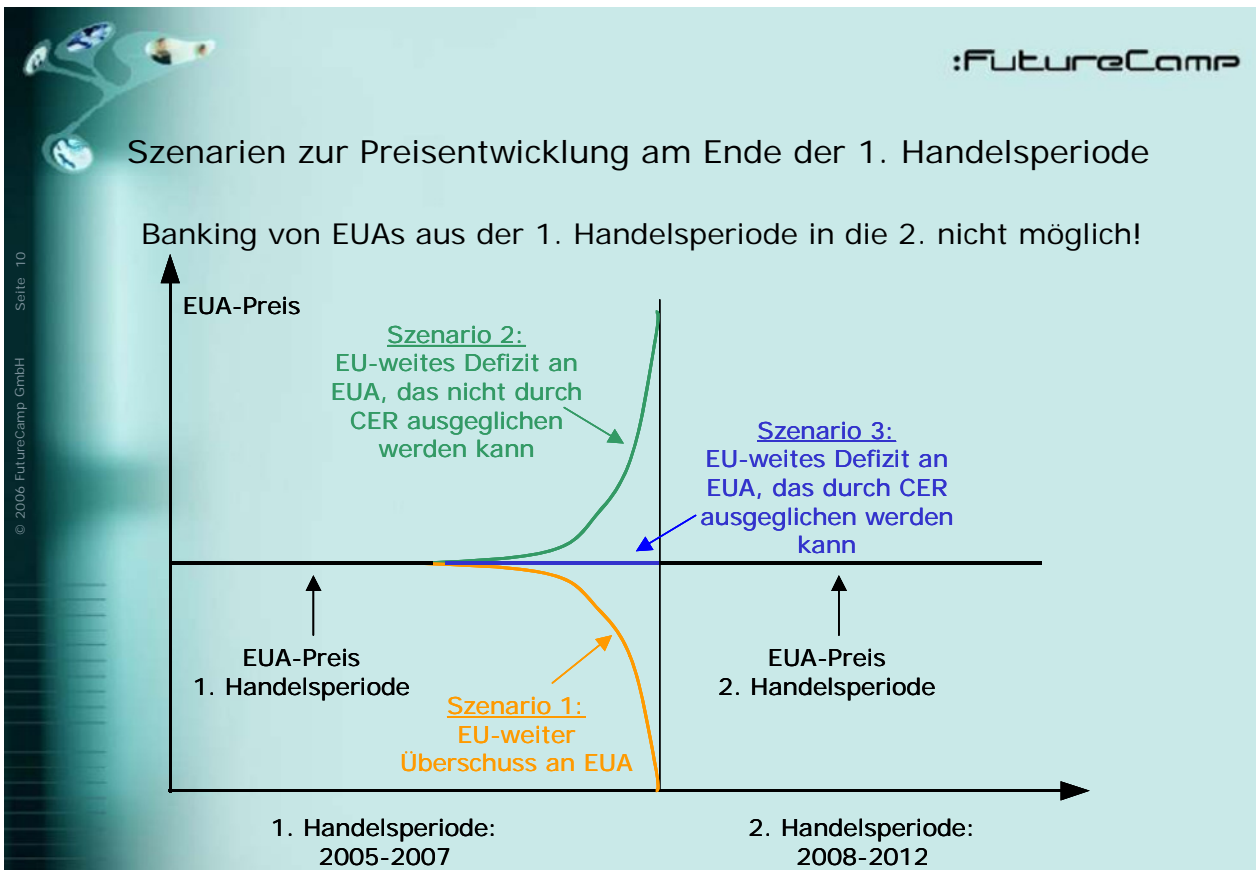
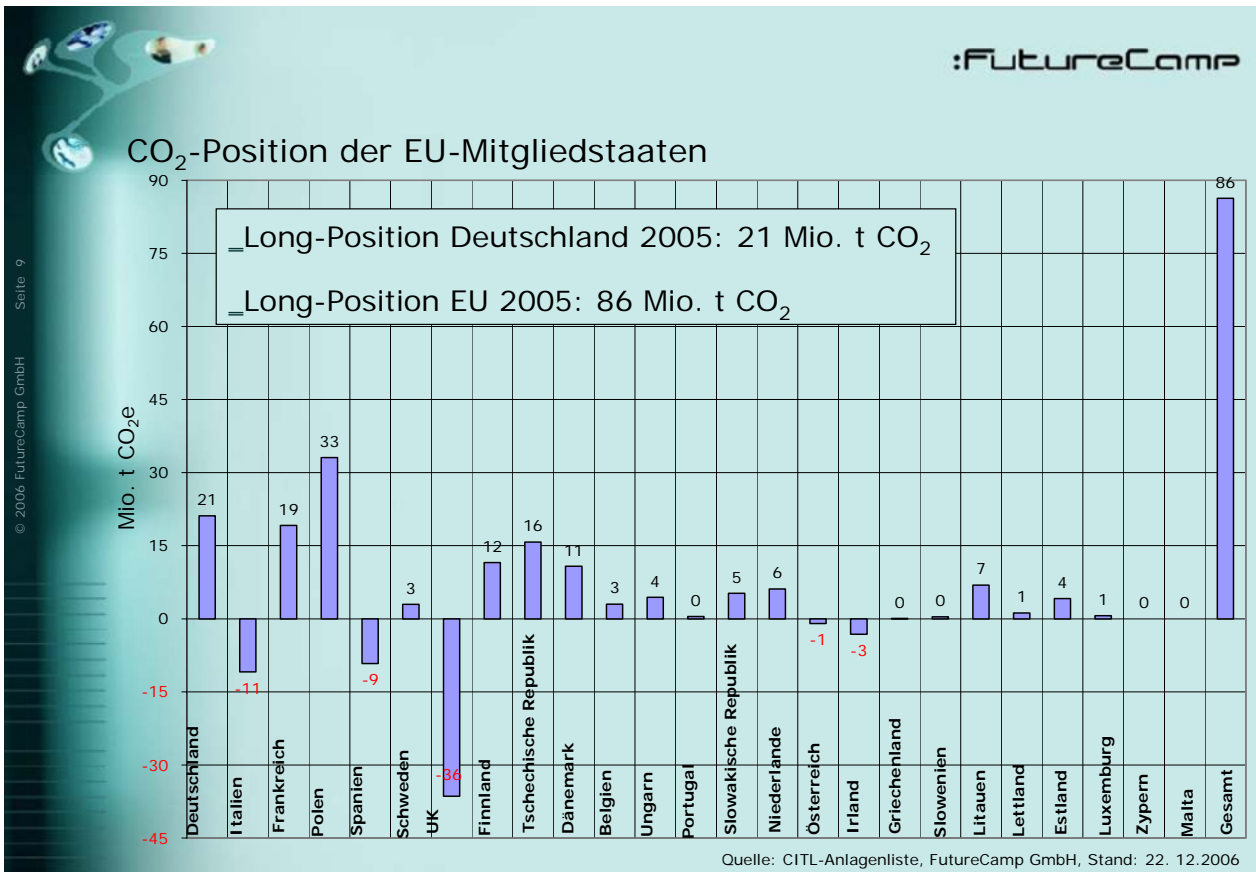



CO₂-Emissionshandel – Bedeutung als Produktionsfaktor beim Anlagenbetrieb

- = Grundlagen des Emissionshandels, Erfahrungen aus der ersten Handelsperiode und Erwartungen an die zweite
- = **Erwartete Entwicklung der Zertifikatepreise**
- = Interpendenz zwischen Brennstoffen und CO₂-Emissionen
- = Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Anlagen im Bereich Waste To Energy

© 2006 FutureCamp GmbH Seite 7








CO₂-**Emissions**handel – Bedeutung als Produktionsfaktor beim Anlagenbetrieb

- = Grundlagen des Emissionshandels, Erfahrungen aus der ersten Handelsperiode und Erwartungen an die zweite
- = Erwartete Entwicklung der Zertifikatepreise
- = **Interpendenz zwischen Brennstoffen und CO₂-Emissionen**
- = Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Anlagen im Bereich Waste To Energy

© 2006 FutureCamp GmbH Seite 11



Berechnung der CO₂-Emissionen

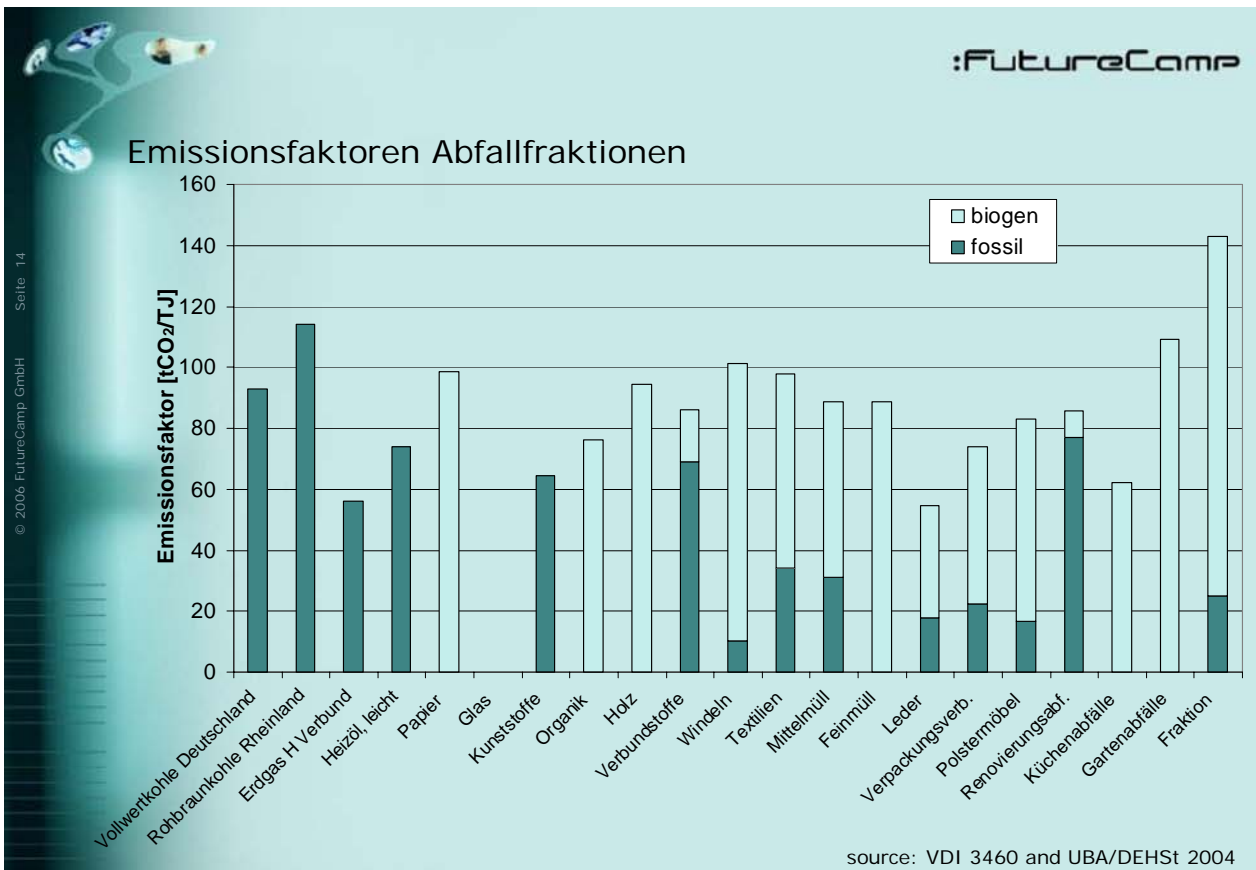
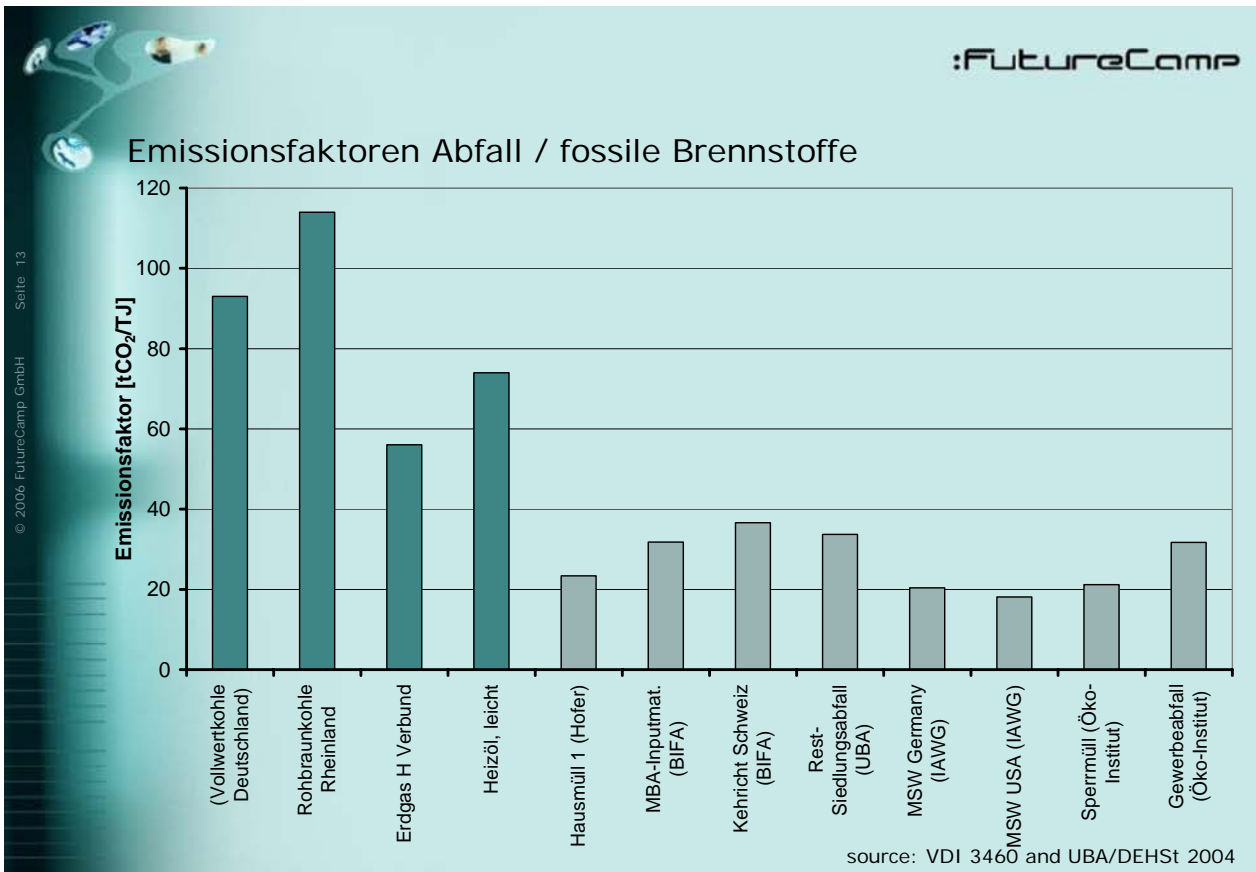
Formel zur Berechnung der **Verbrennungsemissionen**:

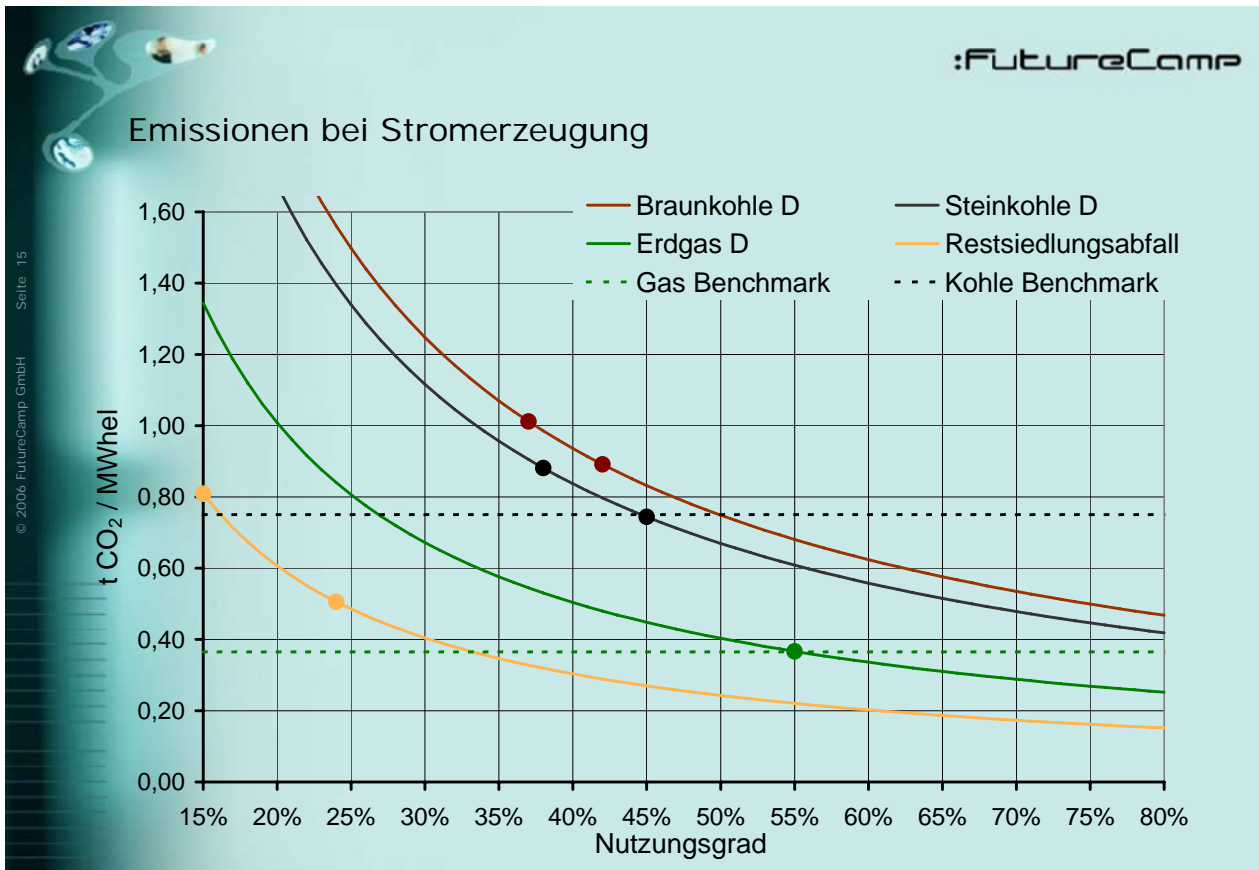
Brennstoffverbrauch (in TJ)
 x
 Emissionsfaktor (t CO₂/TJ)
 x
 Oxidationsfaktor

Bestimmung des Emissionsfaktors:

- = Standardbrennstoffe – Verwendung eines Standardfaktors aus Liste der Deutschen Emissionshandelsstelle (DEHSt)
- = Sonderbrennstoffe – Berechnung über Analyse (fossiler C-Gehalt und Heizwert)

© 2006 FutureCamp GmbH Seite 12



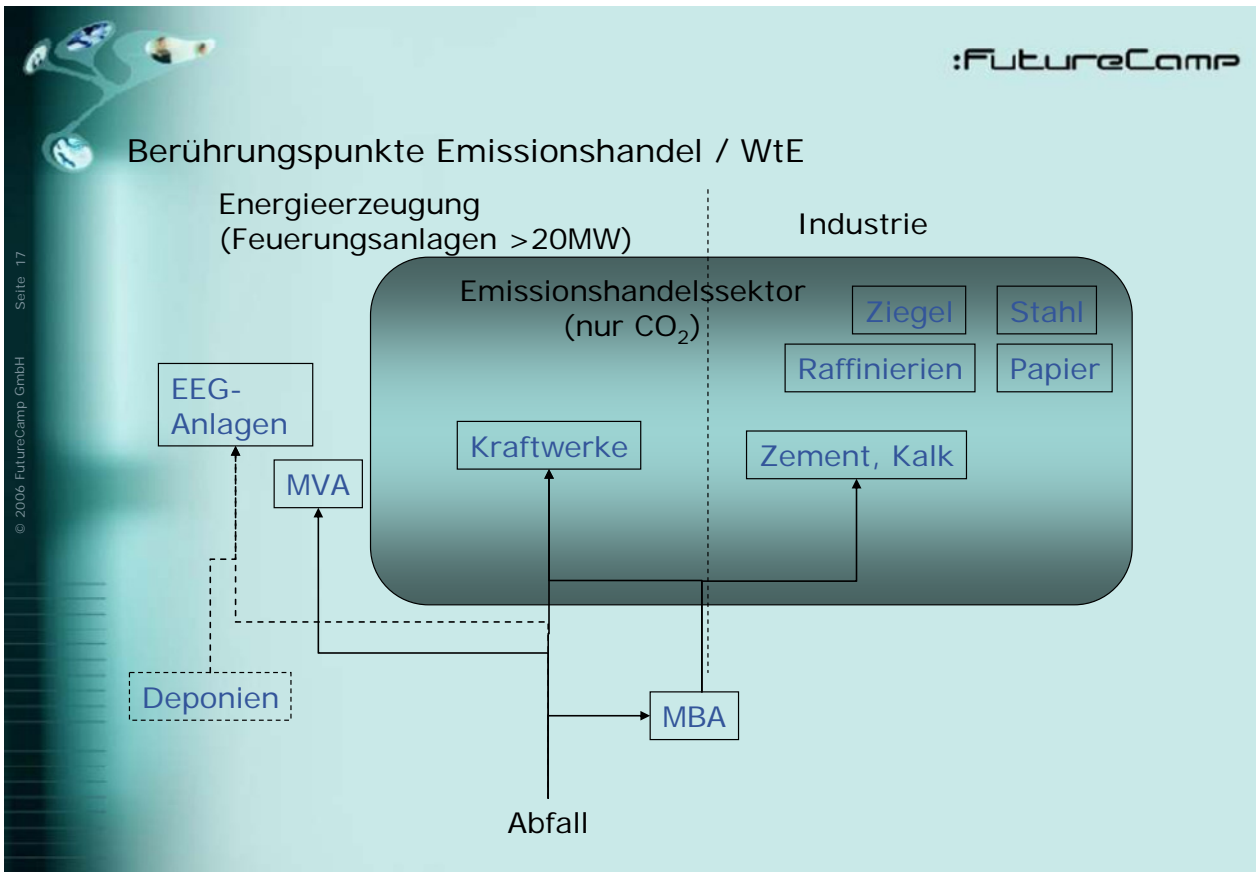


:FutureCamp

CO₂-Emissionshandel – Bedeutung als Produktionsfaktor beim Anlagenbetrieb

- == Grundlagen des Emissionshandels, Erfahrungen aus der ersten Handelsperiode und Erwartungen an die zweite
- == Erwartete Entwicklung der Zertifikatepreise
- == Interpendenz zwischen Brennstoffen und CO₂-Emissionen
- == **Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Anlagen im Bereich Waste To Energy**

© 2006 FutureCamp GmbH Seite 16



MVA im Emissionshandel (EH)

= Laut Treibhausgasemissionshandelsgesetz (TEHG) nicht in den EH einbezogen:

Activities
Energy activities
Combustion installations with a rated thermal input exceeding 20 MW (except hazardous or municipal waste installations)


= Einbeziehung mehrfach diskutiert (relevante Emittenten)

- Vor 1. Handelsperiode (Auslegung TEHG)
- Vor 2. Handelsperiode (Erweiterung des Anlagenbegriffs durch Änderung TEHG)

= Argumentation gegen Einbezug:

- Bei historischem Zuteilungsansatz kaum Lenkungswirkung (keine Brennstoffwahl!)
- Hoher Aufwand im Monitoring


= Bis 2012 definitiv nicht im EH



Mitverbrennung im Emissionshandel

© 2006 FutureCamp GmbH Seite 19

- = Einsatz von Ersatzbrennstoffen:
 - Ersatzbrennstoffe überwiegend in EH-pflichtigen Anlagen (z.B. Kohlekraftwerke, Zementöfen)
 - Emissionen müssen im Rahmen des EH berichtet werden
 - Verdrängung fossiler Brennstoffe führt ggf. zu Zusatzerlösen
 - insbesondere Ersatzbrennstoffe mit hohem biogenen C-Gehalt interessant
- = Einsatz von Biomasse:
 - EEG-Anlagen unterliegen nicht dem Emissionshandel (kein Effekt, lediglich Verdrängungseffekt führt zu sinkenden Emissionen bei Bestandsanlagen)
 - Mitverbrennung in Kraftwerken: insbesondere bei Substitution von Kohle interessant:
 - _ Holz (in Konkurrenz zu EEG-Anlagen)
 - _ Klärschlamm, Tierfett



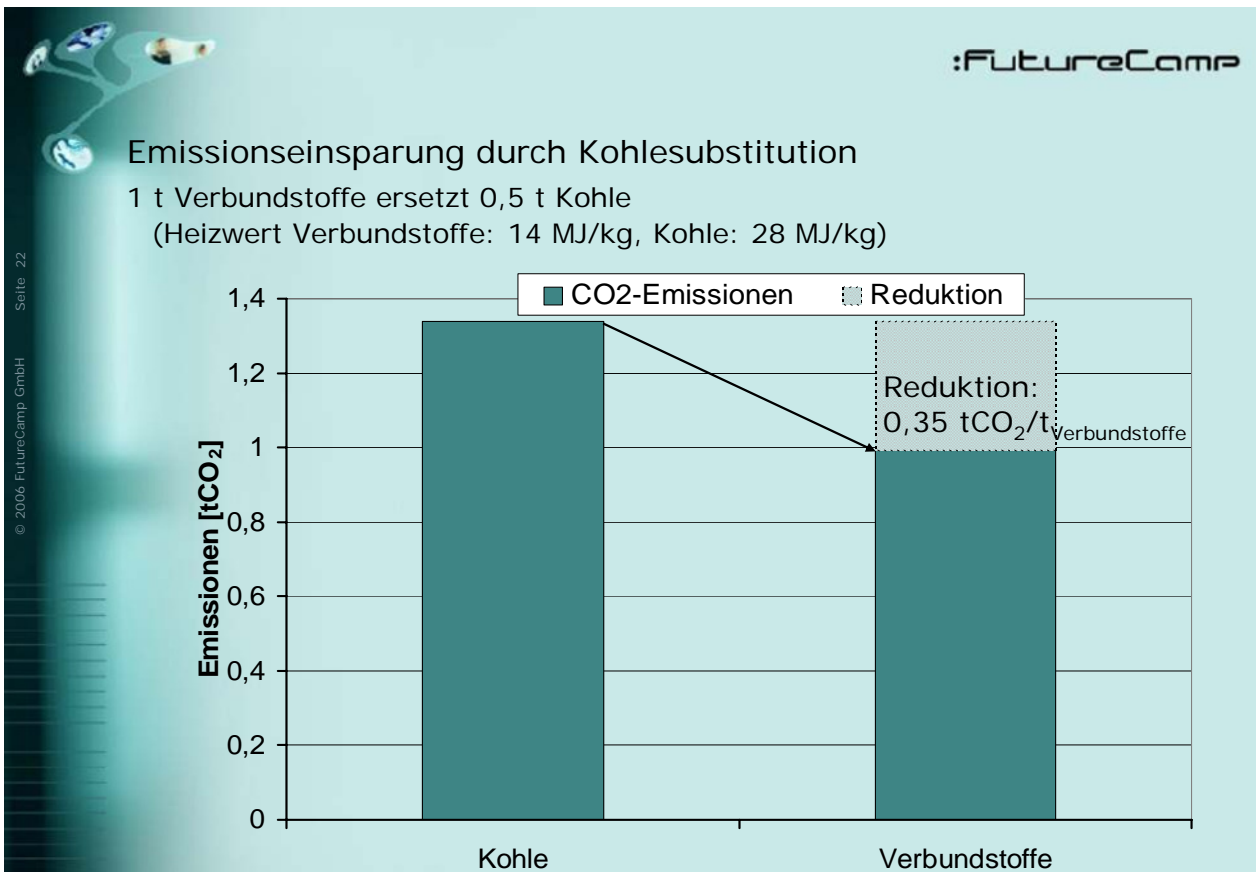
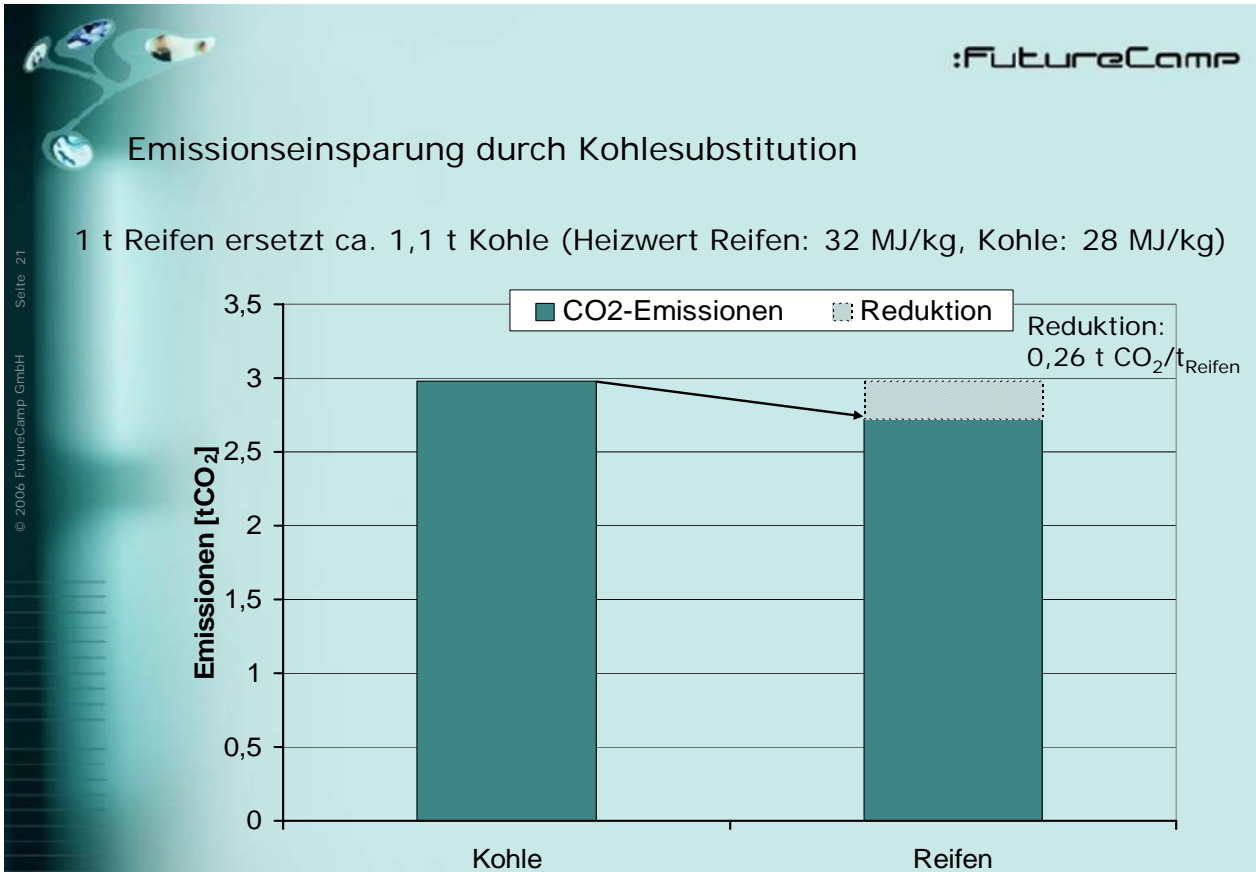
Emissionseinsparung durch Kohlesubstitution

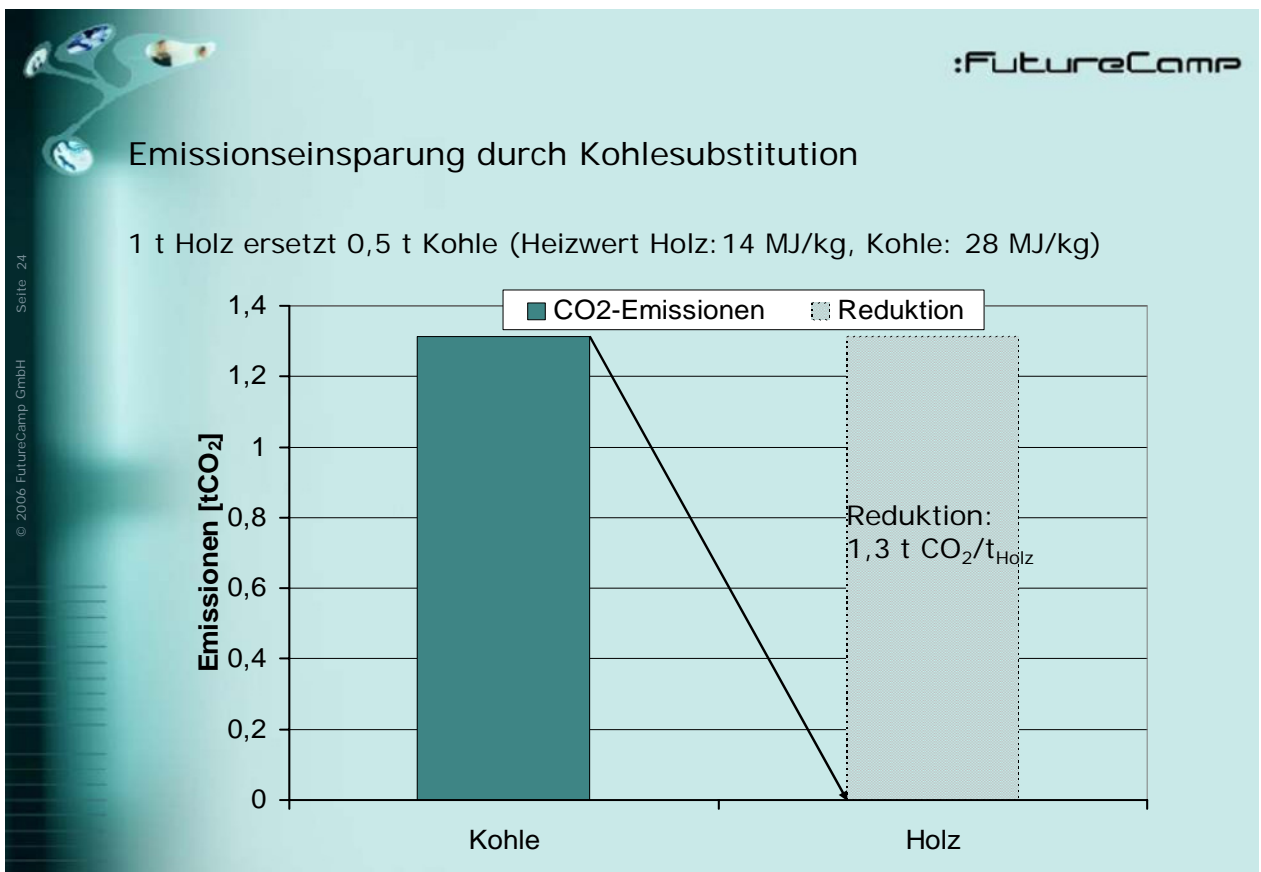
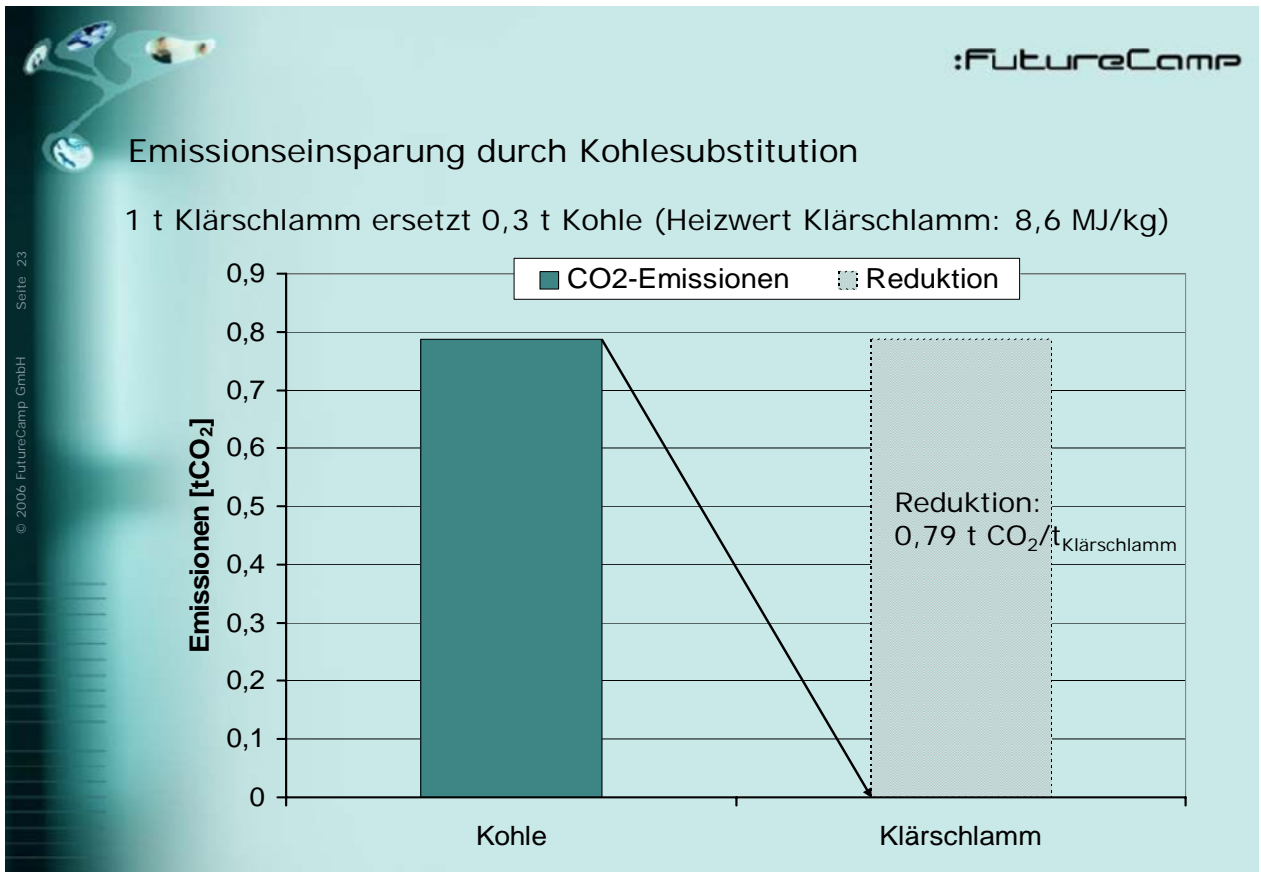
© 2006 FutureCamp GmbH Seite 20

- = Emissionsfaktoren und Heizwerte von Kohle sowie den betrachteten Ersatzbrennstoffen:

Brennstoff	Emissionsfaktor [t CO ₂ /TJ]	Heizwert [MJ/kg]
Steinkohle	93	28
Holz	0	14
Klärschlamm	0	9
Verbundstoffe	68,9	14
Altreifen	85	32

Quellen: Emissionsfaktoren Kohle: DEHSt, Altreifen: IPCC 2006, Verbundstoffe: VDI 3460 Blatt2





Zusatzerlöse durch Emissionszertifikate

Annahmen: Zertifikatepreis: 15 €/t CO₂, Kohlepreis: 50 €/t_{Kohle} alle Angaben bezogen auf 1.000 t Ersatzbrennstoff

Ersatzbrennstoff	Altreifen	Verbundstoffe	Klärschlamm	Holz
Emissionsreduktion [t CO ₂]	260	350	790	1.300
Erlös aus Zertifikaten [€/1000 t Brennstoff]	3.900 €	5.250 €	11.850 €	19.500 €
Eingesparte t Kohle	1.100	514	307	500
Erlös aus Kohlesubstitution [€/1000 t Brennstoff]	55.000 €	25.700 €	15.350 €	25.000 €

Die Wirtschaftlichkeit ist abhängig von den Kosten für die Ersatzbrennstoffe.

Schlussfolgerung

- = CO₂-Emissionshandel hat Auswirkungen auf Waste To Energy an verschiedenen Schnittstellen
- = Höchste Relevanz bei Mitverbrennung emissionsarmer Ersatzbrennstoffe in Kohleanlagen
- = Bedeutung zur 2. Handelsperiode wird zunehmen wegen anspruchsvolleren Emissionszielen

Abfallaufkommen und Abfallvermeidung im gewerblichen Bereich

Dipl.-Biol. Reinhold Naß, Büchl Consult GmbH Umweltmanagement, München

Büchl Consult GmbH berät seit mehr als 12 Jahren in Fragestellungen rund um die Themen Entsorgung und Recycling

- Entsorgungs- und Abfallwirtschaftskonzepte für Unternehmen und Kommunen
- Aufbau und Zertifizierung von Umweltmanagementsystemen nach der EG-Öko-Audit-VO/ISO 14000 ff
- Aufbau und Zertifizierung von Qualitätsmanagementsystemen
- Beratung, Schulung der verantwortlichen Personen und Zertifizierung nach EfbV
- Beratung zur Privatisierung/Teilprivatisierung kommunaler Betriebe
- Beratung und Aufbau von Recyclingunternehmen/-kooperationen
- Infineon AG, DaimlerChrysler AG, Audi AG, Iveco GmbH, Transalpine Ölleitungsgesellschaft, Duales System Deutschland GmbH, Interseroh AG, etc.
- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltschutz (StMUGV), Stadt Freiburg, Stadt Ingolstadt, Zweckverband MVA Ingolstadt, etc.

I. Abfallaufkommen nicht gefährlicher Abfälle aus dem Gewerbe in Bayern

Fokus:

Monofractionen, gemischte Gewerbeabfälle, Abfallaufkommen, aktuelle Entsorgungssituation in Bayern (Stoffstrom)

Studie:

Verwertung und Beseitigung von nicht besonders überwachungsbedürftigen Gewerbeabfällen aus Bayern, 2004 (Primärdaten, Stand 2003)

Fortsetzungsstudie:

Verwertung und Beseitigung von nicht besonders überwachungsbedürftigen Gewerbeabfällen aus Bayern, 2006 (Primärdaten, Stand 2006)

Auftraggeber der Studie und der Fortsetzungsstudie:

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München

3

II. Abfallvermeidung im gewerblichen Bereich in Bayern

Fokus:

Untersuchung von Vermeidungs-, Verminderungs- und Verwertungsmaßnahmen von Abfällen in ausgewählten Branchen in Bayern

Studie:

Vorstudie zur verstärkten Abfallvermeidung im gewerblichen Bereich, 2003 (Primärdaten, Stand 2003)

Fortsetzungsstudie:

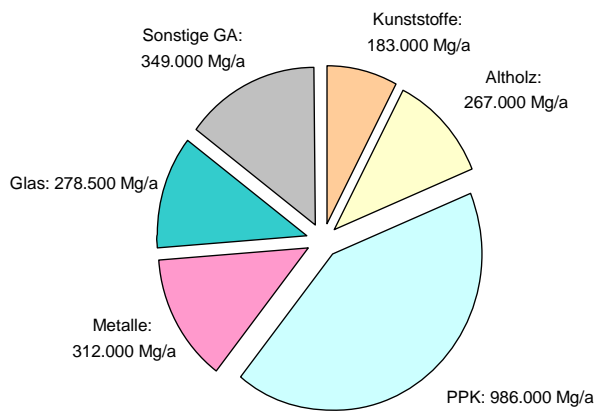
Hauptstudie zur verstärkten Abfallvermeidung im gewerblichen Bereich, 2005 (Primärdaten, Stand 2005)

Auftraggeber der Vor- und Hauptstudie:

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz, München

4

I. Abfallaufkommen - Monofractionen



Stand Primärdaten: 2003

Hochrechnung:

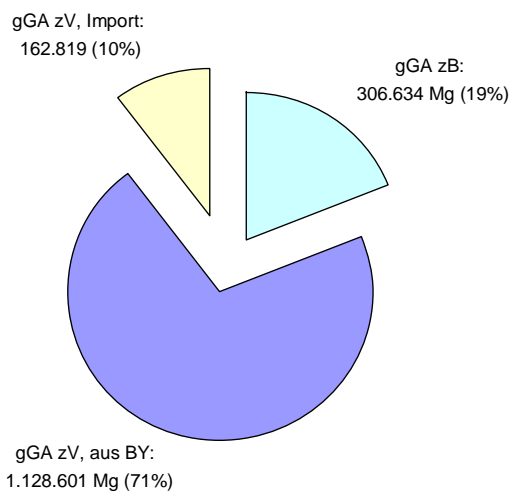
frei handelbare Gewerbeabfälle (Monofractionen) von privaten Entsorgern übernommen:

ca. **2,375 Mio Mg/a** in Bayern

Transportentfernung der Sammlung:

Sammelgebiet auf LKR bzw. Region des Entsorgers beschränkt (Ø 28 km, maximal 67 km im Mittelwert)

I. Abfallaufkommen – gemischte Gewerbeabfälle (g GA)



Stand Primärdaten: 2006

Hochrechnung:

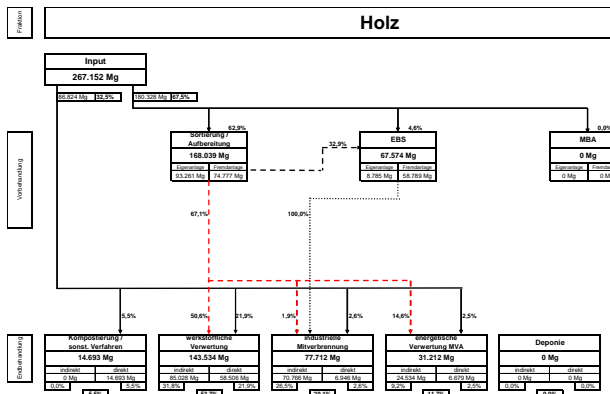
frei handelbare Gewerbeabfälle (gemischte Gewerbeabfälle zur Verwertung) von privaten Entsorgern übernommen:

ca. **1,3 Mio. Mg/a** in Bayern (inkl. 0,16 Mio. Mg/a Import)

Andienungspflichtige gemischte Gewerbeabfälle zur Beseitigung von privaten Entsorgern übernommen:

ca. **0,3 Mio. Mg/a** in Bayern

I. Abfallaufkommen – Verbleib der Monofractionen (z.B. Altholz)



Stand Primärdaten: 2003

Hochrechnung:

ca. 267.000 Mg/a Altholz aus dem Gewerbe in Bayern

32 % direkt in Verwertung

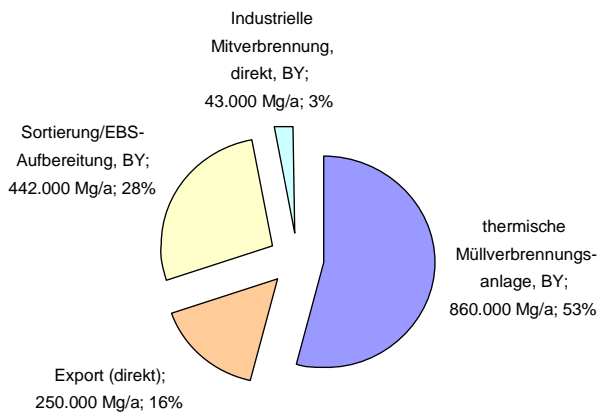
68 % Vorbehandlung (Sortierung, EBS-Aufbereitung)

54 % werkstofflich verwertet

29 % industrielle Mitverbrennung

12 % thermische Verwertung MVA

I. Abfallaufkommen – Verbleib der gemischten Gewerbeabfälle



Stand Primärdaten: 2006

Hochrechnung:

ca. 1,6 Mio. Mg/a g GA in Bayern

Verbleib:

53 % Müllverbrennungsanlagen, BY

28 % Vorbehandlung (Sortierung, EBS-Aufbereitung), BY

16 % Export, direkt

3 % Industrielle Mitverbrennung, direkt, BY

Transportentfernung der Verbringung:

Vorbehandlung, Export – bis zu ca. 400 km

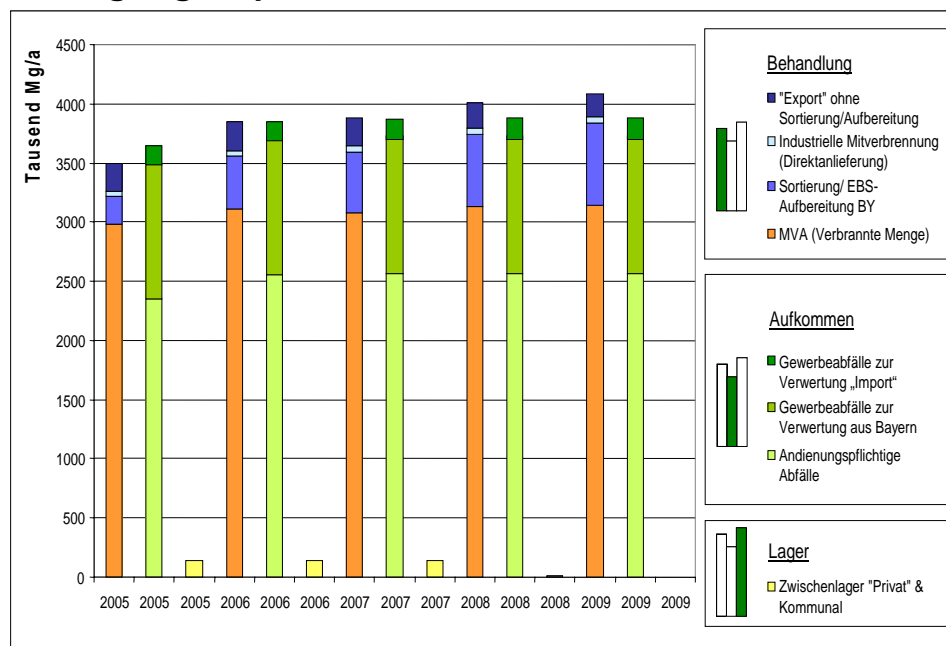
I. Gemischte Gewerbeabfälle zur Verwertung: Zusammensetzung und alternative Entsorgungswege

Entsorgungsschiene	Fraktion	Massenverteilung
Stoffliche Verwertung	<ul style="list-style-type: none"> - Papier, Pappe, Kartonagen - Kunststoffe - Holz - Metalle - (Glas) 	10 – 20 %
Energetische Verwertung (Zementindustrie, Ersatzbrennstoff-Kraftwerke)	<ul style="list-style-type: none"> - Vorprodukt zum Ersatzbrennstoff - Ersatzbrennstoff-Produkt 	50 – 60 % 0 – 10 %
Energetische Verwertung bzw. thermische Beseitigung (Müllverbrennungsanlagen)	<ul style="list-style-type: none"> - Gewerbeabfallgemisch zur thermischen Verwertung (Überlauf) - Sonstiges (nicht verwertbare Sortierreste, Feinanteil) 	10 – 40 %

Stand Primärdaten: 2006

9

I. Entwicklung der gemischten Gewerbeabfall-Mengen und Entsorgungskapazitäten, BY



Stand Primärdaten: 2006

10

II. Gewerbeabfallvermeidung in Bayern

Vorstudie:

Branchenübergreifende Untersuchungen zur Beschreibung und Einschätzung der Ausgangssituation zur Gewerbeabfallvermeidung in Bayern – Branchenportrait

Auswahlkriterien zur Potenzialerschließung:

- Branchen-Charakteristika (z. B. Größe und Struktur des Wirtschaftszweiges, Bedeutung in BY)
- Abfall-Charakteristiken (z. B. Abfallfraktionen quantitativ, qualitativ)
- "Gesetzesdruck": rechtlicher/ ökonomischer Zwang (z. B. Einfluss neuer Rechtsverordnungen)
- Vorkenntnisse/ Hinweise (Branchenleitfäden, EMAS-Umwelterklärungen)

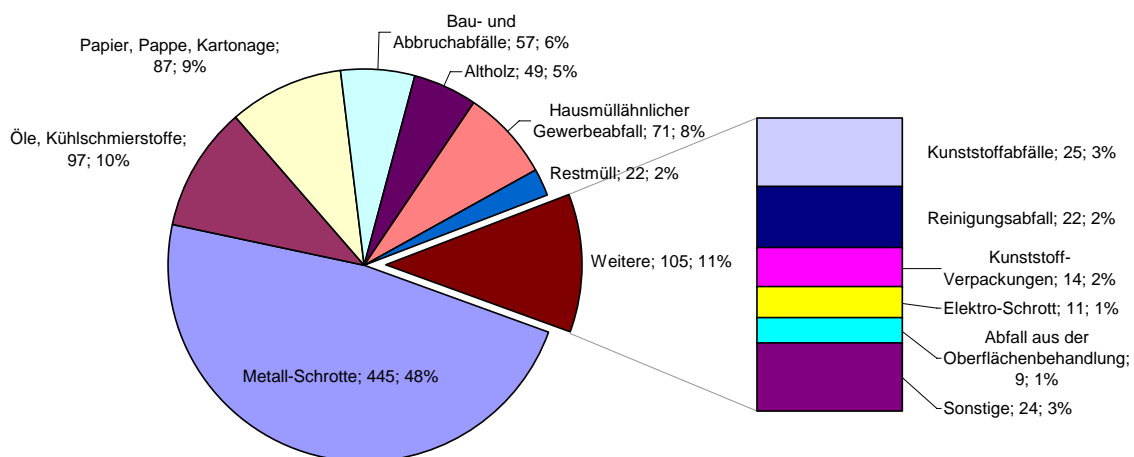
Herstellung von Kunststoffwaren (WZ Klassifikation 25.2)

**Herstellung von Werkzeugmaschinen
(WZ Klassifikation 29.4)**

**Sanitär-, Heizungs- und Klimahandwerk
(WZ Klassifikation 45.33)**

11

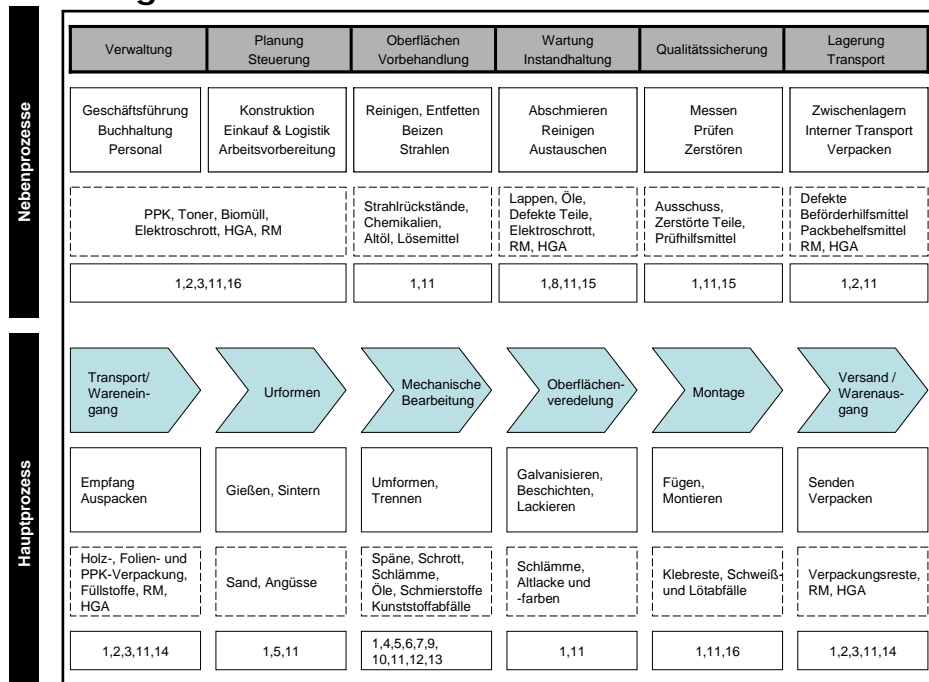
II. Branche „Herstellung von Werkzeugmaschinen“ Abfallspektrum - Abfallmengen



Abfallmenge in kg / Mitarbeiter und Jahr

12

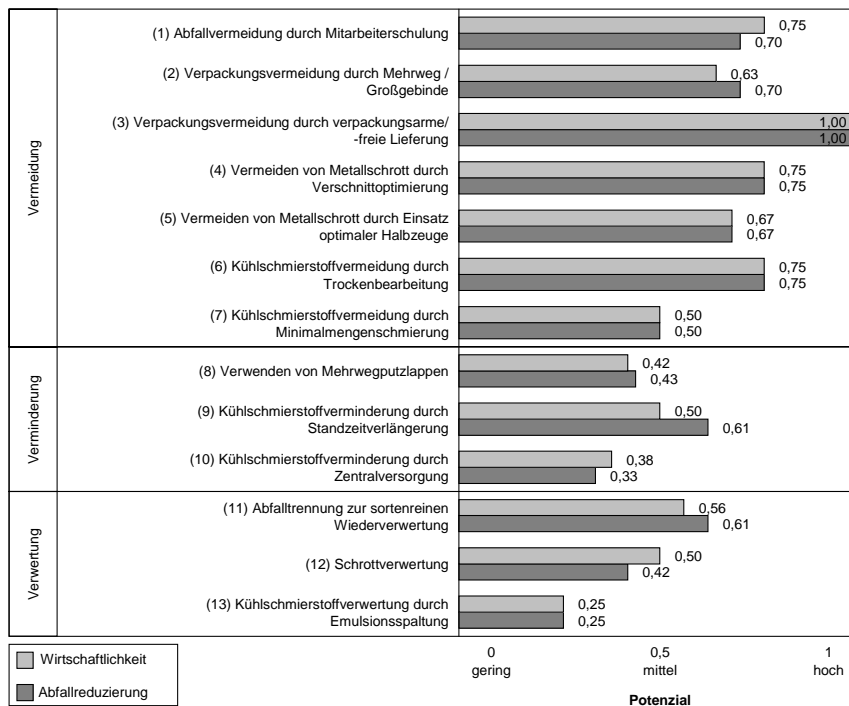
II. Branche „Herstellung von Werkzeugmaschinen“ Prozessdiagramm



13

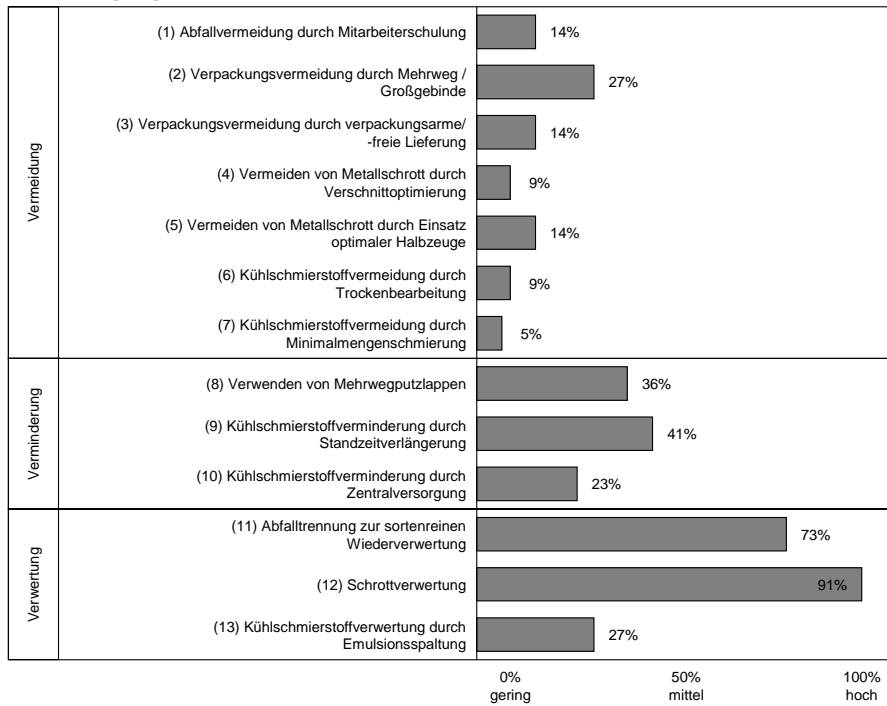
RM: Restmüll; HGA: Hausmüllähnlicher Gewerbeabfall; PPK: Papier, Pappe, Kartonage

II. Branche „Herstellung von Werkzeugmaschinen“, Potenzial der Maßnahmen zur Vermeidung, Verminderung, Verwertung



14

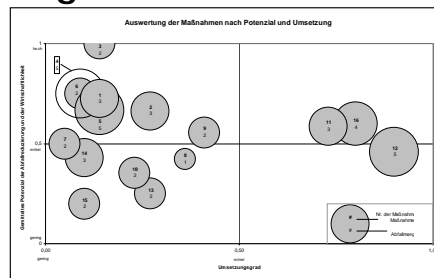
II. Branche „Herstellung von Werkzeugmaschinen“ Umsetzungsgrad der Maßnahmen



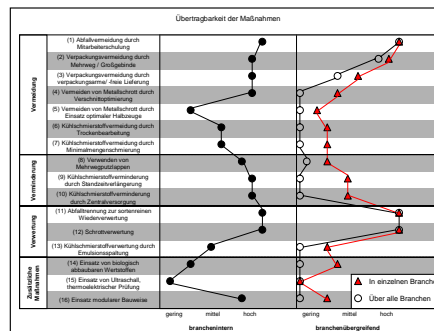
15

II. Branche „Herstellung von Werkzeugmaschinen“

- Identifikation von 16 Maßnahmen zur Abfallvermeidung, -verwertung mit durchschnittlichen bzw. zur Abfallvermeidung mit überdurchschnittlichem Potenzial (Abfallreduzierung und Wirtschaftlichkeit)
- Gute Umsetzbarkeit der Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen aufgrund des derzeit geringen bis mittleren Durchdringungsgrades
- Potenzial zur weiteren Steigerung der Abfallverwertung gering
- Mittlere bis hohe Übertragbarkeit der Maßnahmen innerhalb der Branche, Übertragbarkeit auf weitere Branchen teilweise gut gegeben
- Die größten Potenziale zur Abfallreduzierung liegen in den Bereichen der Metall-Schrotte (Reduzierung um ca. 900 Jahrestonnen; -10%) und der Öle/Kühlschmierstoffe (Reduzierung um ca. 680 Jahrestonnen; -33%) unter Annahme eines zu erwartenden Umsetzungsgrades



Potenzialeinschätzung der Maßnahmen hinsichtlich Abfallreduzierung, Wirtschaftlichkeit, Durchdringungsgrad und Abfallmengenindex



Übertragbarkeit der Maßnahmen, branchenintern und branchenübergreifend

16

II. Abfallvermeidung im Gewerbe: Anschlussprojekt (Hauptstudie): 12 Pilotunternehmen

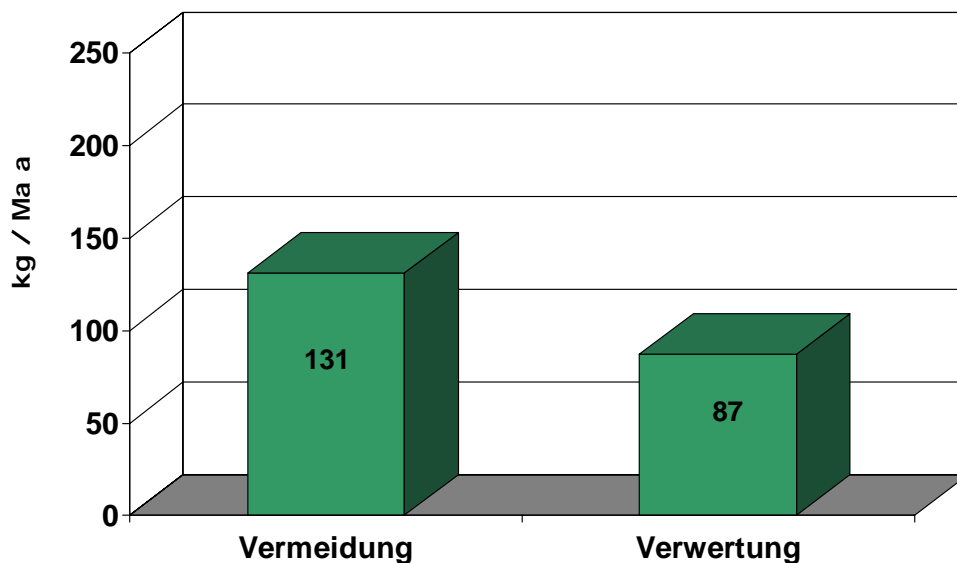
Aspekte der Beratung:

- Verbesserung des Wissens über betriebliche Stoffströme sowie Einflussmöglichkeiten
- Systematisierung des Themas Abfall im Unternehmen (Mengenbilanzierung, Ressourceneffizienz, Nachhaltigkeit über Managementsysteme und Umweltzertifikate)
- Wissenstransfer innerhalb des Teilnehmerkreises sowie zwischen Unternehmen und Anbietern von vorsorgenden Umwelttechniken
- Ermittlung und Bewertung ökologischer und ökonomischer Potenziale in der betrieblichen Abfallwirtschaft
- Umsetzung technischer und organisatorischer Maßnahmen zur Verbesserung der betrieblichen Abfallwirtschaft

17

II. Abfallvermeidung im Gewerbe: Anschlussprojekt (Hauptstudie): Herstellung von Werkzeugmaschinen

4 Pilotbetriebe: Gesamtleistung der Beratung
(Umsetzung betrieblicher Maßnahmenkonzepte)



18

Tagungsleitung / Referenten

Christian Daehn
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Tel.: (0821) 90 71 – 53 21
Fax: (0821) 90 71 – 55 53
E-Mail: christian.daehn@lfu.bayern.de

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rommel
Bayerisches Institut für Angewandte Umweltfor-
schung und -technik (BifA GmbH)
Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg

Tel.: (0821) 70 00 – 1 11
Fax: (0821) 70 00 – 1 00
E-Mail: wrommel@bifa.de

Dr. Bernd Matthes
Vizepräsident
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Tel.: (09281) 18 00 – 45 00
Fax: (09281) 18 00 – 45 19
E-Mail: bernd.matthes@lfu.bayern.de

Franz Reitberger
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Tel.: (0821) 90 71 – 53 76
Fax: (0821) 90 71 – 55 53
E-Mail: franz.reitberger@lfu.bayern.de

Müller Rudolf
Bayer. Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Tel.: (0821) 90 71 – 53 52
Fax: (0821) 90 71 – 55 53
E-Mail: rudolf.mueller@lfu.bayern.de

Dipl.-Ing. Günter Dehoust
Öko-Institut e. V.
Büro Darmstadt
Rheinstr. 95
64295 Darmstadt

Tel.: (06151) – 81 91 38
Fax: (06151) – 81 91 33
E-Mail: g.dehoust@oeko.de

PD Dr. Tanja Gschlößl
Bayer. Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit
und Verbraucherschutz
Rosenkavalierplatz 2
81925 München

Tel.: (089) 92 14 – 31 60
Fax: (089) 92 14 – 24 51
E-Mail: tanja.gschloessl@stmugv.bayern.de

Dr. Siegfried Kreibe
Stellvertretender Geschäftsführer
Bayerisches Institut für Angewandte Umweltfor-
schung und -technik (BifA GmbH)
Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg

Tel.: (0821) 70 00 – 1 78
Fax: (0821) 70 00 – 1 00
E-Mail: skreibe@bifa.de

Dipl.-Ing. Thomas Mühlpointner
Emissionshandel & Klimaschutzprojekte
FutureCamp GmbH
Chiemgaustr. 116
81549 München

Tel.: (089) 6 80 08 – 4 18
Fax: (089) 6 80 08 – 3 33
E-Mail: thomas.muehlpointner@future-camp.de

Dipl.-Biol. Reinhold Naß
Büchl Consult GmbH
Richard-Strauss-Straße 56
81677 München

Tel.: (089) 92 79 08 – 0
Fax: (089) 92 79 08 – 79
E-Mail: nass@buechl-consult.de

Dipl.-Ing. Christian Pacher
Technische Universität München
Wissenschaftszentrum Straubing
Lehrstuhl für Technologie Biogener Rohstoffe
Weihenstephaner Steig 22
85354 Freising

Tel.: (08161) 71 56 – 32
Fax: (08161) 71 56 – 29
E-Mail: ch.pacher@wz-straubing.de

Dipl.-Ing. René Peche
Projektingenieur / Abteilung Umwelttechnik
Bayerisches Institut für Angewandte Umweltfor-
schung und -technik (BifA GmbH)
Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg

Tel.: (0821) 70 00 – 1 86
Fax: (0821) 70 00 – 1 00
E-Mail: rpeche@bifa.de