

# Ökobilanz von Müllbeuteln

im Auftrag von

Europäischen Müllbeutelherstellern

- *Zusammenfassung (Langversion)* -

Autoren:

Andreas Detzel, Frank Wellenreuther, Sybille Kunze

Institut für Energie- und Umweltforschung (IFEU) Heidelberg

Juni 2009

# Inhalt

- Informationen über das IFEU
- Zielsetzung der Studie
- Zielpublikum/ Anwendung
- Projektorganisation
- Inventar- und Prozessdaten
- Untersuchte Szenarien
- Systemgrenzen
- Ergebnisse und Schlussfolgerungen

# IFEU (Hintergründe und Informationen)

- Das ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung wurde vor mehr als 30 Jahren gegründet.
- Sitz in Heidelberg, Deutschland. Etwa 50 Beschäftigte.
- Die Fachkompetenz schließt Gebiete wie Transport, Energieversorgung und erneuerbare Energien, Ökobilanzen, Luftreinhaltung, nachhaltige Entwicklung, Umweltwirkungsabschätzung und Umweltmanagement mit ein.
- Etwa zwei Drittel der Forschungsprojekte und Studien werden von Kunden aus dem öffentlichen Sektor in Auftrag gegeben (kommunale, nationale und internationale Behörden) und etwa ein Drittel von Geschäftskunden und Nicht-Regierungsorganisationen.
- Realisierte Projekte in Deutschland, Europa und Übersee
- Kunden u.a. die Weltbank, die Europäische Kommission, Deutsche Ministerien auf Länder- und Bundesebene, regionale und kommunale Regierungen, nationale und internationale Stiftungen, Industrieverbände, Unternehmen und Umweltorganisationen.

# Zielsetzung der Studie

- Vergleich der Umweltwirkungen von Müllbeuteln für den Restmüll, hergestellt aus Primär-PE (Polyethylen), und solchen aus (vollständig oder teilweise) rezykliertem PE\*
- Untersuchung der Umweltwirkungen von Müllbeuteln aus bioabbaubaren Materialien\*\*, welche aktuell im französischen und deutschen Handel verkauft werden
- Erkenntnisgewinn über die zukünftigen umweltbezogenen Potentiale von Biobeuteln

*\*im Folgenden als „post-consumer recycled material (PCR)“ bezeichnet*

*\*\* im Folgenden als “Biobeutel” bezeichnet*

# Schlussfolgerungen der Müllbeutel-Ökobilanz

- Die wesentlichen Beiträge zu den Umweltwirkungsprofilen der untersuchten Müllbeutel stammen aus der Rohmaterialproduktion. Die Beiträge aus der Verarbeitung zu Müllbeuteln und der Transport zu den Verkaufsstellen sind deutlich weniger relevant.  
Ausnahme:
  - ▶ Die Müllverbrennung im Anschluss an die Restabfallsammlung liefert erhebliche Beiträge zur Wirkungskategorie *Klimawandel*. Dies liegt an den dabei freigesetzten CO<sub>2</sub>-Emissionen.
  - ▶ Der Überseetransport von Müllbeuteln aus HDPE aus China dominiert die Ergebnisse für *Versauerung* und *Terrestrische Eutrophierung*.

Entsprechend ist die Umweltleistung aller Müllbeutel-Typen umso besser je dünner (und damit je leichter) die Beutel sind. Die funktionell-technischen Anforderungen setzen dem Downgauging (d.h. der Gewichtsreduktion) jedoch Grenzen und zwar jeweils in Abhängigkeit vom verwendeten Rohmaterial.

- Müllbeutel aus echtem PCR (*Post Consumer Recyclate*) haben insgesamt die besten Umweltwirkungsprofile und PCR stellt daher das umweltfreundlichste Rohmaterial für Müllbeutel dar. Voraussetzung dabei ist, dass die PCR-Beutel mit ähnlichen Folienstärken wie PE-Beutel hergestellt werden und dabei die funktionell-technischen Anforderungen erfüllen.
- Die derzeit im Markt befindlichen Biobeutel für Restabfall (hier bioabbaubare Müllbeutel) zeigen weniger günstige Umweltwirkungsprofile als die in der Ökobilanz untersuchten PE- und PCR-Beutel. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die BASF die Verwendung der von ihr hergestellten Biokunststoffe in Biobeuteln für die Restabfallsammlung nicht empfiehlt.
- Speziell bei Biobeuteln sind in den nächsten Jahren weitere Verbesserungen durch die Errichtung von größeren Produktionsanlagen (*economy-of-scale*) und Gewichtsreduktionen durch optimierte Produkteigenschaften zu erwarten. Andererseits war mit keinem der hierzu durchgeführten Optimierungsszenarien zu erkennen, dass die Umweltperformance der derzeit verwendeten PE-Beutel dadurch übertroffen würde.

# Zielpublikum / Anwendung

## Zielgruppe der Studie

- Müllbeutelhersteller und deren wichtigste Kunden
- Politische Entscheidungsträger in der EU und in ihren Mitgliedsstaaten
- Potentielle Zugänglichkeit auch für Verbraucher

## Anwendung der Studie

- Erarbeitung von Hintergrundinformationen zur Produktpolitik und -strategie der Müllbeutelhersteller
- Grundlage zur Kommunikation mit politischen Entscheidungsträgern
- Information für die Öffentlichkeit

# Projektorganisation (1/2)

- Durchführung der Ökobilanz
    - IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH)
  - Auftraggeber
    - CeDo Folien und Haushaltsprodukte GmbH
    - Cofresco Frischhalteprodukte GmbH & Co. KG
    - Fipp Handelsmarken GmbH & Co. KG
    - pely-plastic GmbH & Co. KG
    - Quickpack Haushalt + Hygiene GmbH
- unter Beteiligung von
- IK (Industrievereinigung Kunststoffverpackungen e.V.)

# Projektorganisation (2/2)

- Studie ist konform mit den ISO-Standards 14040/14044
- Kritische Begutachtung durch Ausschuss der interessierten Kreise (gemäß §7.3.3 ISO 14040)
- Kritische Begutachter
  - Hans-Jürgen Garvens (LCA consultant, UBA)
  - Maartje Sevenster (CE Delft)
  - Stéphane Lepochat (EVEA)
  - Bertrand Laratte (EVEA)



# Allokationsmethodik (1/3)

- die Abbildungen auf Folie 10 zeigen zwei exemplarische Produktsysteme, die als Produktsystem A und Produktsystem B bezeichnet sind.
- In beiden Systemen ist die Materialherstellung eines Primär-Polymers sowie dessen Converting und Beseitigung in der MVA (Müllverbrennung) zu sehen.
- Wird aufgrund der Systemgrenzen nur eines der beiden Produktsysteme betrachtet, ist es notwendig zu entscheiden, wie die möglichen Umweltnutzen und -lasten für Verwertung und Recycling des Polymermaterials dem entsprechenden System alloziert (d.h. zugerechnet) werden.
- wichtig: Die Massenbilanz aller Inputs und Outputs von System A und System B muss nach der Allokation die gleiche sein wie diejenige für die Summe von System A und B vor Anwendung der Allokation.

# Allokationsmethodik (2/3)

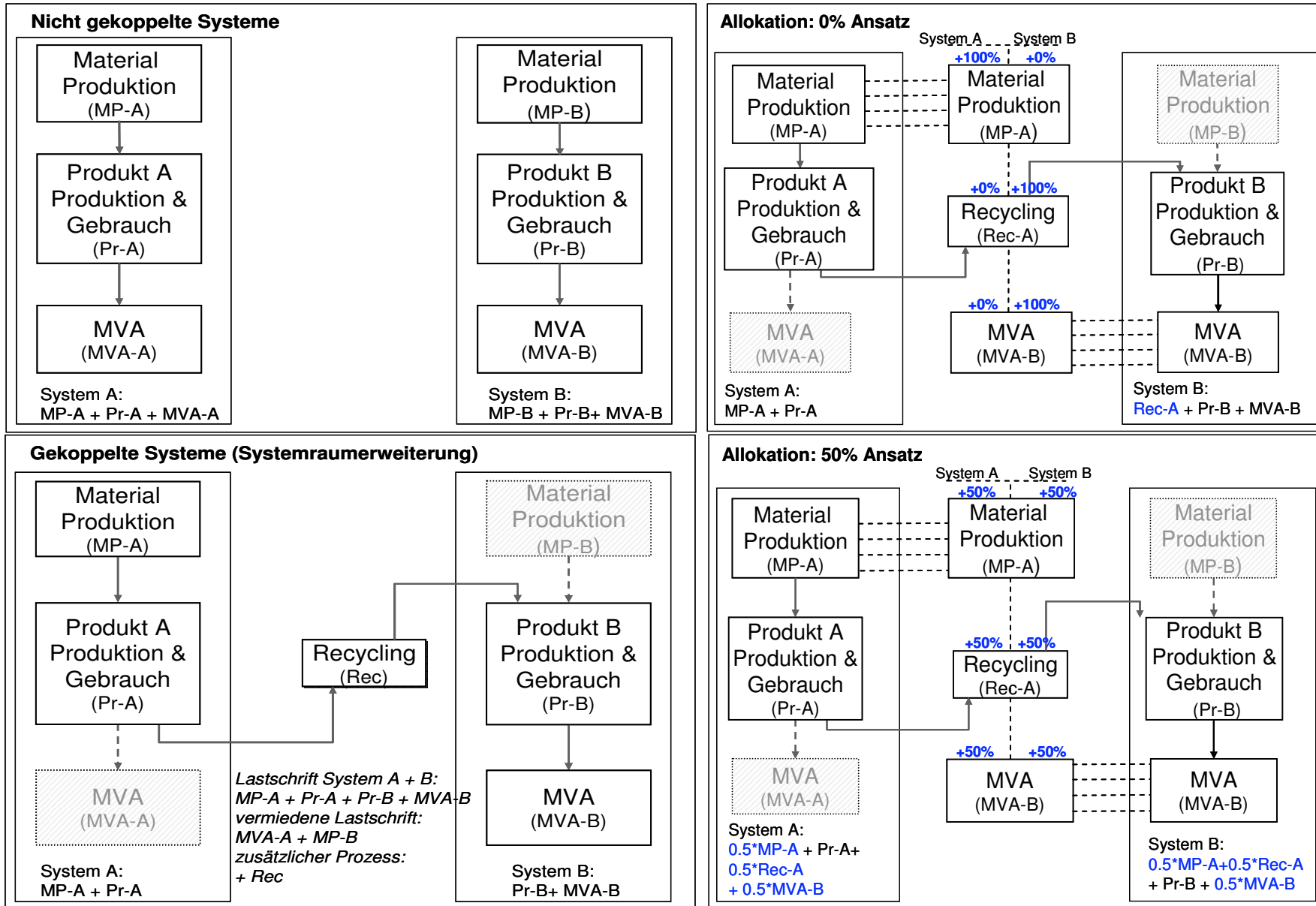
## 50% Allokationsmethode

- bei dieser Methode werden Nutzen und Lasten von „MP-B“, „Rec“ und „MSWI-A“ zwischen den Systemen A und B gleich verteilt. Daher erhält System A aus seiner Sicht eine Gutschrift von 50%.
- Diese Methode wurde für die Basisszenarien des PCR-Beutels, des PCR/LDPE-Beutels und des PCR/LDPE/Kalk-Beutels angewandt.

## 0% Allokationsmethode

- Die Bewertung der Materialflüsse endet mit der Verwertung der post-consumer-Abfälle
- Rezyklate werden nicht als Co-Produkte behandelt
- die Nutzen und Lasten von „Pr-B“, „Rec“ und „MSWI-B“ werden zu 100% System B zugeschrieben
- Diese Methode wurde für die Sensitivitätsanalyse des PCR-Beutels, des PCR/LDPE-Beutels und des PCR/LDPE/Kalk-Beutels angewandt.

# Allokationsmethodik (3/3)



# Inventar- und Prozessdaten (1/2)

Material / Prozessschritt	Quelle (Bezugszeitraum)
<b>Polyethylene</b>	
LDPE	Plastics Europe 2005 (1999)
LLDPE	Plastics Europe 2005 (1999)
HDPE	Plastics Europe 2005 (1999)
<b>Polyester</b>	
PLA (Ingeo™)	NatureWorks (2009)
Ecoflex®*	BASF (2008)
<b>Mineralien</b>	
CaCO <sub>3</sub> (Kalk)	Ecoinvent V2.0 (2005)
CaO (Kalziumoxid)	Ecoinvent V2.0 (2005)
<b>Stärke</b>	
Kartoffelstärke	IFEU Datenbank, basierend auf [Loose-Fill 2002] (2001/2005)
<b>Biokunststoff-Verbund</b>	
Biopar®*	BIOP (Zusammensetzung und Verbund) (2008)
Ecovio®*	Zusammensetzung: BASF, Verbund: IFEU (2005-2008)
<b>Converting (Pellets zu Beuteln)</b>	
Extrusion	CeDo (2007), Datenerhebung bei CeDo Herstellungswerk
Finishing	CeDo (2007) , Datenerhebung bei CeDo Herstellungswerk

\* **BASF empfiehlt die Verwendung von Ecoflex/Ecovio ausschließlich für Biomüllbeutel, nicht für Restmüllbeutel**

# Inventar- und Prozessdaten (2/2)

Material / Prozessschritt	Quelle (Bezugszeitraum)
<b>Verwertung</b>	
PE-Film-Recycling	IFEU Datenbank, Datenerhebung bei CeDo Herstellungswerk (2007)
<b>End-of-life-Prozesse</b>	
Deponie	IFEU Datenbank, basierend auf Statistiken und Deponiemodellen (2005)
MSWI (Müllverbrennung)	IFEU Datenbank, basierend auf Statistiken und Modellen von Müllverbrennungsanlagen (2005)
<b>Hintergrunddaten</b>	
Stromerzeugung Polen	IFEU Datenbank, basierend auf Statistiken und Anlagemodellen (2004)
Stromerzeugung China	IFEU Datenbank, basierend auf Statistiken und Anlagemodellen (2004)
Stromerzeugung Italien	IFEU Datenbank, basierend auf Statistiken und Anlagemodellen (2004)
Stromerzeugung Niederlande	IFEU Datenbank, basierend auf Statistiken und Anlagemodellen (2004)
LKW-Transport	IFEU Datenbank, basierend auf Statistiken und Transportmodellen (2005)

# Spezifikation der 20 L Müllbeutel (Deutscher Markt)

20 L	PE-Beutel			Bio-beutel	Biobeutel-Varianten [1]			
Spezifikationen	HDPE-Beutel	HDPE-Beutel	LLDPE-Beutel	Biopar25-Beutel*	Biopar15-Beutel*	Biopar25-Beutel* (Ecoflex NG)	Biopar15-Beutel* (Ecoflex NG)	Ecovio-Beutel*
Typ	flush top	tie handle	flush top	flush top	flush top	flush top	flush top	flush top
Ursprungsland	Polen	China	Polen	Polen	Polen	Polen	Polen	Polen
Inhalt	20 L	20 L	20 L	20 L	20 L	20 L	20 L	20 L
<b>Zusammensetzung</b>								
HDPE	93 %	100 %						
LDPE	7 %		11.5 %					
LLDPE			88.5 %					
Biopar*				100 %	100 %			
Biopar* (Ecoflex* NG)						100 %	100 %	
Ecovio*								100 %
<b>Gewicht</b>	6.45 g	6.92 g	9.99 g	17.69 g	10.61 g	17.69 g	10.61 g	11.50 g
<b>Foliendicke</b>	12.5 µm	12.5 µm	20 µm	25 µm	15 µm	25 µm	15 µm	15 µm

[1] derzeit nicht auf dem deutschen Markt erhältlich

14 \* BASF empfiehlt die Verwendung von Ecoflex/Ecovio ausschließlich für Biomüllbeutel, nicht für Restmüllbeutel



# Spezifikation der 120 L Müllbeutel (Deutscher Markt)

120 L Beutel: Spezifikationen	PCR bag	LLDPE bag
Typ	flush top	flush top
Ursprungsland	Polen	Polen
Inhalt	120 L	120 L
<b>Zusammensetzung</b>		
LDPE	0.7 %	
LLDPE		100 %
PCR	98 %	
Kalziumoxid (CaO)	1.3 %	
<b>Gewicht</b>	57.60 g	56.98 g
<b>Foliendicke</b>	40 µm	40 µm

# Spezifikation der 30 L Müllbeutel (Französischer Markt)

30 L Beutel	PE-Beutel				Biobeutel
Spezifikationen	HDPE-Beutel	LLDPE-Beutel	PCR/LDPE-Beutel	PCR/LDPE/Kalk-Beutel	Biopar*-Beutel
Typ	flush top	flush top	flush top	flush top	flush top
Ursprungsland	China	Polen	Polen	Polen	Polen
Inhalt	30 L	30 L	30 L	30 L	30 L
<b>Zusammensetzung</b>					
HDPE	100 %				
LDPE		11.5 %	40 %	20 %	
LLDPE		88.5 %			
PCR			50 %	60 %	
RG			10 %		
Kalk-Verbindung (CaCO <sub>3</sub> )				20 %	
Biopar*					100 %
<b>Gewicht</b>	10.13 g	13.08 g	16.46 g	19.55 g	20.38 g
<b>Foliendicke</b>	15 µm	20 µm	25 µm	25 µm	22 µm



# Untersuchte Szenarien: Restmüllsammlung

- 11 Szenarien mit Fokus auf den deutschen Markt (20 L und 120 L Beutel; End-of-life: Verbrennung)
  - 20 L Basisszenarien: PE-Beutel und Biobeutel (Szenarienübersicht auf Folie 17)
  - 20 L Variationsszenarien: Biobeutel-Varianten (Szenarienübersicht auf Folie 19)
  - 120 L Basisszenarien: LLDPE-Beutel und PCR-Beutel (post consumer recycle, Allokationsfaktor 50%; Szenarienübersicht auf Folie 20)
  - 120 L Sensitivitätsszenario: PCR-Beutel, Allokationsfaktor 0% (Szenarienübersicht auf Folie 20)
  
- 7 Szenarien mit Fokus auf den Französischen Markt (30 L Beutel; End-of-life: Verbrennung/Deponierung)
  - Basisszenarien: PE-Beutel und PCR-Beutel (Allokationsfaktor 50%); Biobeutel (Szenarienübersicht auf Folie 21)
  - Sensitivitätsszenarios: PCR-Beutel (Allokationsfaktor 0%) (Szenarienübersicht auf Folie 21)

# Szenarien: 20 L Restmüllsammlung (Deutscher Markt)

## ■ Basisszenarien

Szenarien-Kurzname	Beutelgröße & Typ	Gewicht	Foliendicke	Ort der Verarbeitung	End of Life
<b>HDPE Poland, MSWI*</b>	20 L flush-top HDPE-Beutel	6.45 g	12.5 µm	Polen	Verbrennung
<b>HDPE China, MSWI*</b>	20 L tie-handle HDPE-Beutel	6.92 g	12.5 µm	China	Verbrennung
<b>LLDPE Poland, MSWI*</b>	20 L flush-top LLDPE-Beutel	9.99 g	20 µm	Polen	Verbrennung
<b>Biopar** Poland, MSWI*</b>	20 L flush-top Biopar-Beutel	17.69 g	25 µm	Polen	Verbrennung

\* *Municipal Solid Waste Incineration (Müllverbrennung)*

18 \*\* *BASF empfiehlt die Verwendung von Ecoflex/ECOVIO ausschließlich für Biomüllbeutel, nicht für Restmüllbeutel*



# Untersuchte Szenarien: Restmüllsammlung

Vier Biobeutel-Variations-Szenarien werden untersucht:

- Biopar 15 Polen, MSWI:  
Biopar-Beutel mit potentieller zukünftiger Foliendicke 15 µm
- Biopar 25 (Ecoflex NG\*) Polen, MSWI:  
Biopar-Beutel mit Berücksichtigung Ecoflex NG\*, welches ab der zweiten Jahreshälfte 2009 verfügbar ist
- Biopar 15 (Ecoflex NG\*) Polen, MSWI:  
Biopar-Beutel mit Kombination der zwei Eigenschaften der oben genannten Szenarien
- Ecovio\* Polen, MSWI:  
Biobeutel aus Ecovio\*, ein bereits existierender Biokunststoff, der bisher nicht für Müllbeutel verwendet wird

# Scenarien: 20 L Restmüllsammlung (Deutscher Markt)

## ■ Biobeutel-Variations-Szenarien

Szenarien-kategorie	Szenarien-Kurzname	Beutelgröße & Typ	Ge-wicht	Folien-dicke	Ort der Verarbei-tung	End of Life
<b>Biopar*-Variation:</b> reduzierte Foliendicke	<b>Biopar 15 Poland, MSWI</b>	20 L flush-top Biopar-Beutel	10.61 g	15 µm	Polen	Verbren-nung
<b>Biopar-Variation:</b> Ecoflex*-Produktion ("New Generation")	<b>Biopar 25 (Ecoflex NG*) Poland, MSWI</b>	20 L flush-top Biopar-Beutel	17.69 g	25 µm	Polen	Verbren-nung
<b>Biopar-Variations-Kombination:</b> - Foliendicke; - Ecoflex*-Produktion ("New Generation")	<b>Biopar 15 (Ecoflex NG*) Poland, MSWI</b>	20 L flush-top Biopar-Beutel	10.61 g	15 µm	Polen	Verbren-nung
<b>Material:</b> Ecovio* (derzeit nicht auf dem Markt als Müllbeutel)	<b>Ecovio* Poland, MSWI</b>	20 L flush-top Ecovio*-Beutel	11.50 g	15 µm	Polen	Verbren-nung

# Szenarien: 120 L Restmüllsammlung (Deutscher Markt)

Szenarien-kategorie	Szenarien-Kurzname	Beutelgröße & Typ	Allokation	Ge-wicht	Folien-dicke	Ort der Verarbeitung	End of Life
Basis	<b>PCR Poland MSWI 50% Allok</b>	120 L flush-top PCR-Beutel	50%	57.60 g	40 µm	Polen	Verbrennung
Sensitivität: Allokationsfaktor	<b>PCR Poland MSWI 0% Allok</b>	120 L flush-top PCR bag	0%	57.60 g	40 µm	Polen	Verbrennung
Basis	<b>LLDPE Poland MSWI</b>	120 L flush-top LLDPE bag	-	56.98 g	40 µm	Polen	Verbrennung

# Szenarien: 30 L Restmüllsammlung (Französischer Markt)

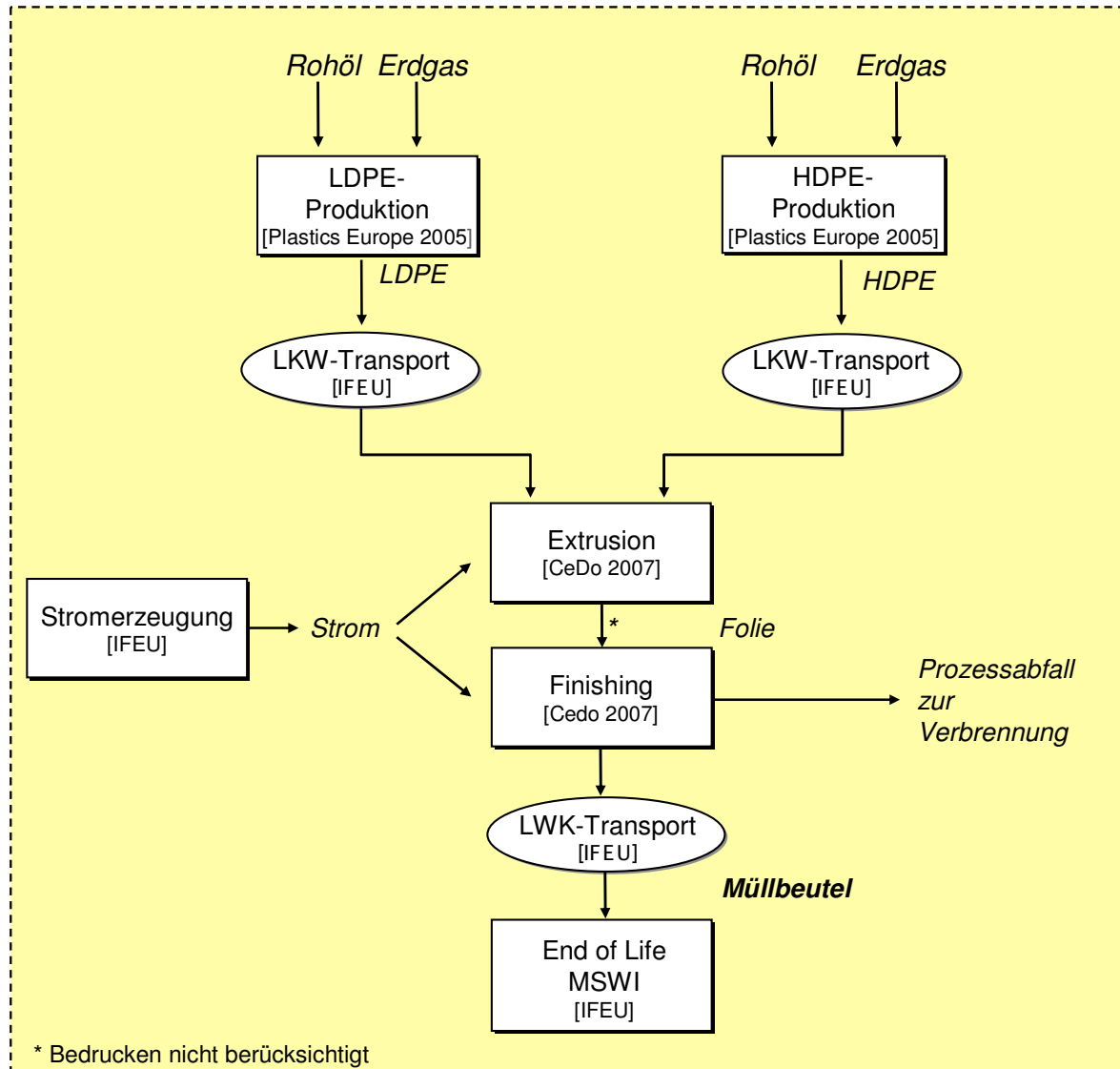
Szenarien-kategorie	Szenarien-Kurzname	Beutelgröße & Typ	Allo-kation	Gewicht	Foien-dicke	Ort der Verarbeitung	End of Life
Basis	<b>HDPE China MSWI / Deponie</b>	30 L flush-top HDPE-Beutel	-	10.13 g	15 µm	China	MSWI/ Deponie
Basis	<b>LLDPE Polen MSWI / Deponie</b>	30 L flush-top LLDPE-Beutel	-	13.08 g	20 µm	Polen	MSWI/ Deponie
Basis	<b>PCR/LDPE Polen MSWI / Deponie</b>	30 L flush-top PCR/LDPE-Beutel	50%	16.46 g	25 µm	Polen	MSWI/ Deponie
Sensitivität: Allokations- faktor	<b>PCR/LDPE Polen MSWI / Deponie</b>	30 L flush-top PCR/LDPE-Beutel	0%	16.46 g	25 µm	Polen	MSWI/ Deponie
Basis	<b>PCR/LDPE/Kalk Polen MSWI / Deponie</b>	30 L flush-top PCR/ LDPE/Kalk-Beutel	50%	19.55 g	25 µm	Polen	MSWI/ Deponie
Sensitivität: Allokations- faktor	<b>PCR/LDPE/Kalk Polen MSWI / Deponie</b>	30 L flush-top PCR/ LDPE/Kalk-Beutel	0%	19.55 g	25 µm	Polen	MSWI/ Deponie
Basis	<b>Biopar* Polen MSWI / Deponie</b>	30 L flush-top Biopar*-Beutel	-	20.38 g	22 µm	Polen	MSWI/ Deponie

# Umsetzung

- Für die Umsetzung der Systemmodellierung wurde das Computerprogramm Umberto® (Version 5.5) verwendet. Umberto® ist eine Standard-Software für die Modellierung von Massenströmen und Wirkungsabschätzungen.
- Alle Systemmodelle und die zugehörigen Modulprozesse wurden als Massenfluss-Szenarien umgesetzt. Die Berechnung von Input/Output-Bilanzen wurde auf den definierten Referenzfluss skaliert. Input/Output-Bilanzen bestehen aus Elementar- und Nicht-Elementarflüssen. Elementarflüsse sind Materialien oder Energie, die in das untersuchte System einfließen und die aus der Umwelt stammen, ohne vorher vom Menschen umgeformt worden zu sein, bzw. Materialien und Energie, die das System verlassen und in die Umwelt ausgeschieden werden, ohne anschließend vom Menschen umgeformt zu werden. Die in den Input/Output-Bilanzen aufgeführten Materialien werden in Umweltprofilen zusammengetragen.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Haupt-Materialströme innerhalb eines Systems als vereinfachte Fließbilder.

# Systemgrenzen (1/2)



Müllbeutel aus primärem petrochemischem Kunststoff (Beispiel: **HDPE-Beutel; 20 L flush-top**):  
Fließbild und Datenquellen

Datenquellen:  
[CeDo] Daten zur Verfügung gestellt durch CeDo 2007; beziehen sich auf Informationen über Energieverbrauch, Lieferdistanzen und Transportmittel

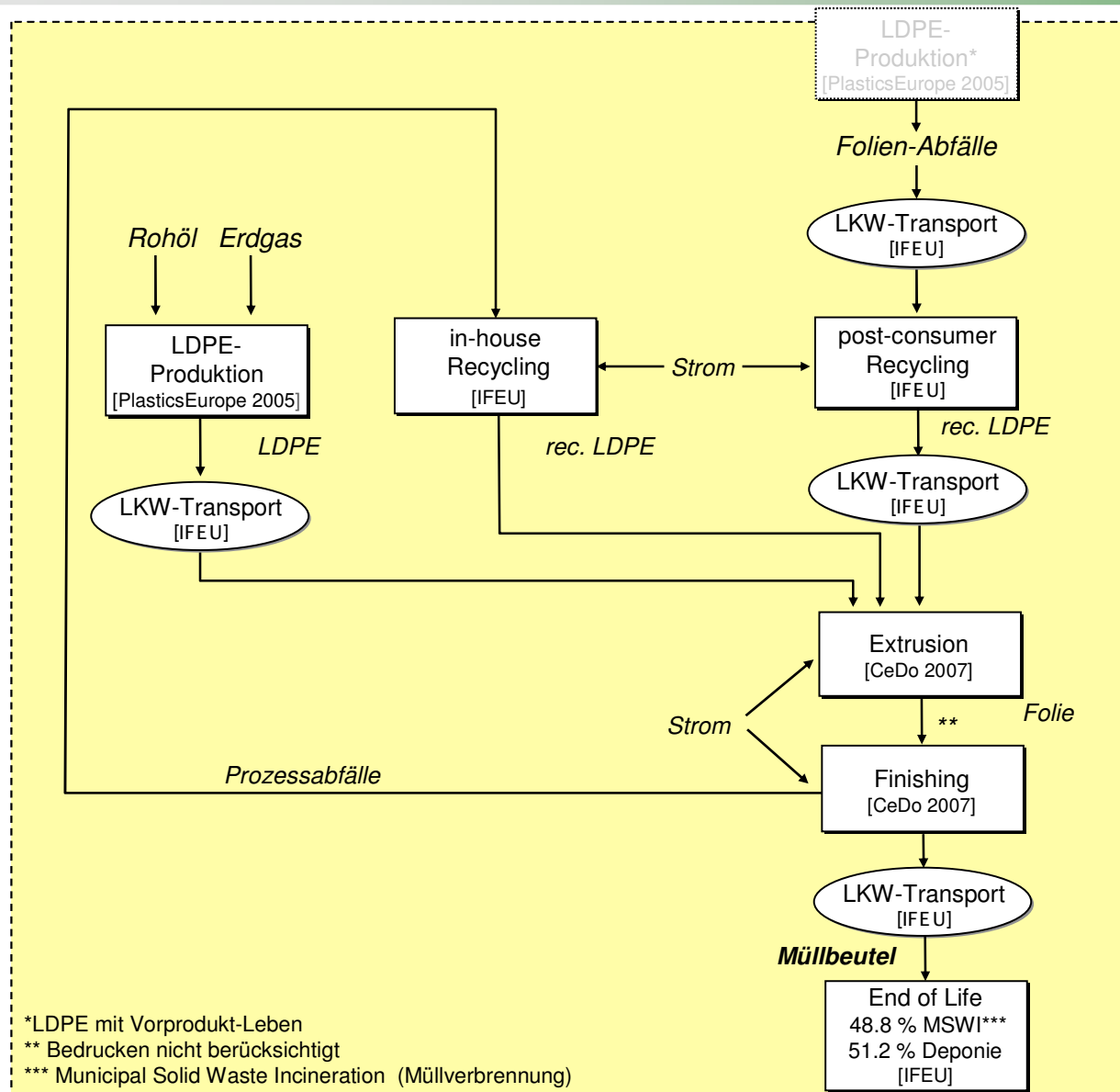
[Plastics Europe 2005]: Ökopprofile von LDPE (Low-Density Polyethylene) und HDPE (High-Density Polyethylene), zuletzt berechnet März 2005; [www.plasticseurope.com](http://www.plasticseurope.com)

[IFEU]: Datensätze und Emissionsfaktoren stammen von IFEU-interner Datenbank





# Systemgrenzen (2/2)



Müllbeutel aus Folienabfällen  
(Beispiel: **PCR/LDPE/RG-Beutel; 30 L flush-top**)  
Fließbild und Datenquellen.

Datenquellen:  
[CeDo] Daten zur Verfügung gestellt durch CeDo 2007; beziehen sich auf Energieverbrauch, Lieferdistanzen und Transportmittel

[Plastics Europe 2005]: Ökopprofile von LDPE (Low-Density Polyethylene), zuletzt berechnet März 2005; [www.plasticseurope.com](http://www.plasticseurope.com)

[IFEU]: Datensätze und Emissionsfaktoren stammen von IFEU-interner Datenbank

\*LDPE mit Vorprodukt-Leben  
\*\* Bedrucken nicht berücksichtigt  
\*\*\* Municipal Solid Waste Incineration (Müllverbrennung)

# Übersicht der Umweltindikatoren

▪ <u>Ressourcen-bezogene Kategorie</u>		<u>Indikator</u>
<b>Fossile Ressourcen</b>	⇒	Rohöläquivalente
▪ <u>Emissions-bezogene Kategorien</u>		<u>Indikator</u>
<b>Klimawandel</b>	⇒	CO <sub>2</sub> -Äquivalente
<b>Versauerung</b>	⇒	SO <sub>2</sub> -Äquivalente
<b>Terrestrische Eutrophierung</b>	⇒	PO <sub>4</sub> -Äquivalente
<b>Aquatische Eutrophierung</b>	⇒	PO <sub>4</sub> -Äquivalente
<b>Sommersmog</b>	⇒	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -Äquivalente (POCP)
Toxische Schädigung des Menschen und von Organismen*	⇒	PM10-Äquivalente
Toxische Schädigung des Menschen und von Organismen*	⇒	Krebsrisiko
▪ <u>Kategorien auf Sachbilanzebene</u>		<u>Indikator</u>
<b>Primärenergiebedarf (KEA), nicht-erneuerbar</b>	⇒	GJ
<b>Primärenergiebedarf (KEA), gesamt</b>	⇒	GJ
<b>Landnutzung: Ackerland</b>	⇒	m <sup>2</sup> /Jahr

\* Indikatorergebnisse für „Toxische Schädigung des Menschen und von Organismen“ nur im Anhang der Berichtsversion dieser Studie

# Umweltwirkungsabschätzung (1/4)

Eine Reihe von Umweltwirkungskategorien wurden verwendet, um die Umwelteigenschaften der untersuchten Müllbeutel abzuschätzen. Diese Indikatoren repräsentieren Umweltaspekte, die im Allgemeinen als relevant empfunden werden. Sie werden in europäischen Ökobilanzen weithin verwendet. Sie sind unten aufgeführt und kurz beschrieben.

## Ressourcen-bezogene Kategorien

- **Fossile Ressourcen** (beschränkt auf den Verbrauch von Energieressourcen)  
Diese Kategorie bezieht sich auf den Abbau fossiler Energieressourcen. Die Ressourcen werden unter Anwendung der Verknappungsfaktoren zusammengefasst.

# Umweltwirkungsabschätzung (2/4)

## Emissions-bezogene Kategorien

- **Klimawandel** (“Global Warming”)

Klimawandel ist die negative Umweltwirkung der anthropogen bedingten Erwärmung der Erdatmosphäre. Treibhausgasemissionen fördern den Strahlungsantrieb, was zu einer Erhöhung der Erdtemperatur führt. Der hier angewandte Charakterisierungsfaktor ist das “Global Warming potential” (GWP) auf 100-Jahresbasis (GWP 100).

- **Photooxidantienbildung** (“Sommersmog”)

Photooxidantienbildung ist die photochemische Bildung reaktiver Substanzen (hauptsächlich Ozon), welche die Gesundheit von Mensch und Ökosystemen angreifen. Dieses bodennahe Ozon wird in der Atmosphäre durch Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen unter Einfluss von Sonnenlicht gebildet. Andere Namen für das Problem sind “Sommersmog” oder “Photosmog”. Der hier angewandte Charakterisierungsfaktor ist “Photochemical Ozone Creation Potential” (POCP).

- **Versauerung**

Versauerung greift aquatische und terrestrische Ökosysteme an, indem das Säure-Base-Gleichgewicht durch den Eintrag von säurebildenden Substanzen verändert wird. Das Versauerungspotential ist hier der angewandte Charakterisierungsfaktor.

# Umweltwirkungsabschätzung (3/4)

## Eutrophierung

Eutrophierung beinhaltet alle Belastungen durch überhöhte Nährstoffzufuhr in Ökosysteme. Verbindungen, die Stickstoff und Phosphor enthalten, sind unter den am meisten eutrophierenden Elementen. An dieser Stelle wird Eutrophierung je nach seinem Zielmedium in zwei Kategorien eingeteilt:

- **Terrestrische Eutrophierung** (d.h. Nährstoffzufuhr in Böden durch atmosphärische Emissionen)
- **Aquatische Eutrophierung** (d.h. Nährstoffzufuhr in Gewässer durch wasserseitig emittierte Stoffe)

Das Eutrophierungspotential von Luft- und Wasseremissionen wird an dieser Stelle als Charakterisierungsfaktor angewandt.

# Umweltwirkungsabschätzung (4/4)

## Informationen auf Sachbilanzebene

- **Primärenergiebedarf (KEA\*), nicht-erneuerbar**

Dieser Indikator wird berechnet, indem der Energieinhalt aller benötigten fossilen und nuklearen Energiequellen aufsummiert wird. Er ist ein Maß für die Gesamtenergieeffizienz eines Systems, beschränkt auf nicht-erneuerbare Energie. Außerdem berücksichtigt er die Ressourcen ohne Verknappungsfaktoren, welche in die Kategorie "Fossile Ressourcen" mit einfließen.

- **Primärenergiebedarf (KEA\*), gesamt**

Dieser Indikator wird berechnet, indem der Energieinhalt aller benötigten fossilen, nuklearen und erneuerbaren Energiequellen (inklusive Biomasse) addiert wird. Er ist ein Maß für die Gesamtenergieeffizienz eines Systems, ungeachtet des Typs der benötigten Energieressource. Außerdem berücksichtigt er die Ressourcen ohne Verknappungsfaktoren, welche in die Kategorie "Fossile Ressourcen" mit einfließen.

- **Landnutzung: Ackerland**

Für die Abschätzung der Landnutzung sind in den letzten Jahren mehrere methodische Ansätze aufgekommen. Die vom IFEU entwickelte Methode basiert auf einer Ordnungsskala von sieben Qualitätsklassen mit abnehmendem Natürlichkeitsgrad.

Für die Zwecke dieser Studie wurde ein vereinfachter Ansatz verwendet, der nur die Ackerlandnutzung (Qualitätsklassen 5 und 6) berücksichtigt.

# Lebenszyklus-Schritte

Die LCA Ergebnisse werden in diesem Abschnitt in graphischer Form als Säulendiagramme dargestellt (eines für jede Wirkungskategorie bzw. jeden Indikator auf Sachbilanz-Ebene), welche in individuelle Lebenszyklus-Schritte unterteilt sind, die so genannten Sektoren. Diese sind:

- Produktion von HDPE, LDPE, LLDPE und Biopar (“**Polymer-Rohmaterialien**”)
- Umweltlasten der Folienabfälle (“**Umweltlasten der Folienabfälle**”)
- Produktion der Zusätze und mineralischen Komponenten wie  $\text{CaCO}_3$  (“**Zusätze und mineralische Komponenten**”)
- Transport der Rohmaterialien (“**Transport der Rohmaterialien**”)
- Transport der Folienabfälle zum Recycling (“**Transport der Folienabfälle zum Recycling**”)
- Recycling von PC Folienabfällen zu PCR (“**Recycling von PC Folienabfällen zu PCR**”)
- Herstellung der Müllbeutel und in-house Recycling der Folienabfälle (“**Converting (inkl. in-house Recycling)**”)
- Lieferung der Müllbeutel von der Produktionsstätte zum Verkaufsort (“**Transport zum Verkaufsort**”)
- Abfallsammlung und -behandlung (“**Abfallsammlung und -behandlung**”)


Nebenprodukte (z.B. rückgewonnene Energie) werden bei Abfallbehandlungsprozessen der entsorgten Müllbeutel gewonnen. Es wird angenommen, dass diese Nebenprodukte von einem Folgesystem genutzt werden. Um dies in der Ökobilanz zu berücksichtigen, werden die Umweltwirkungen des untersuchten Müllbeutels mittels Gutschriften reduziert, welche aus den Umweltlasten der ersetzten Energie berechnet werden.

Die Gutschriften werden in Form von separaten Säulen in den LCA-Ergebnissen dargestellt. In dieser Studie gibt es ausschließlich Gutschriften für rückgewonnene Energie (die z.B. Netzstrom ersetzt) aus Deponie oder Müllverbrennung (**“Energiegutschriften”**)

Jedes Wirkungskategorie-Diagramm zeigt drei Säulen für jedes untersuchte Müllbeutel-System, und zwar: (von links nach rechts):

- sektorale Ergebnisse der jeweiligen Müllbeutel-Systeme (gestapelte Säulen): **“Systemergebnisse”**
- vergebene Gutschriften für Nebenprodukte, die das System verlassen (negative Säulen): **“Gutschriften”**
- Netto-Ergebnis (graue Säule) als Ergebnis der Subtraktion der Gutschrift von den Gesamtumweltlasten: **“Netto-Ergebnisse”**

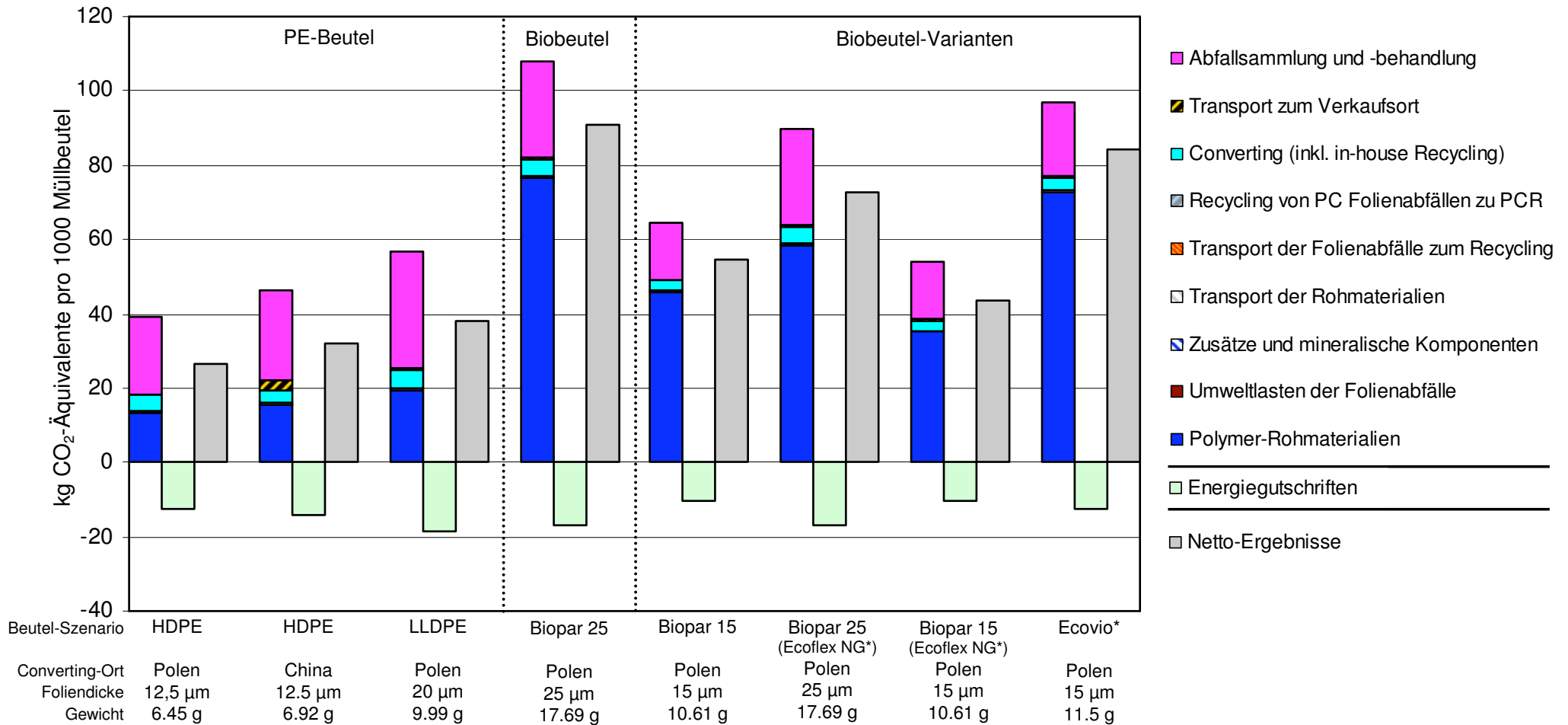




Präsentation der Ergebnisse:  
20 L Restmüllsammlung  
(Deutscher Markt)

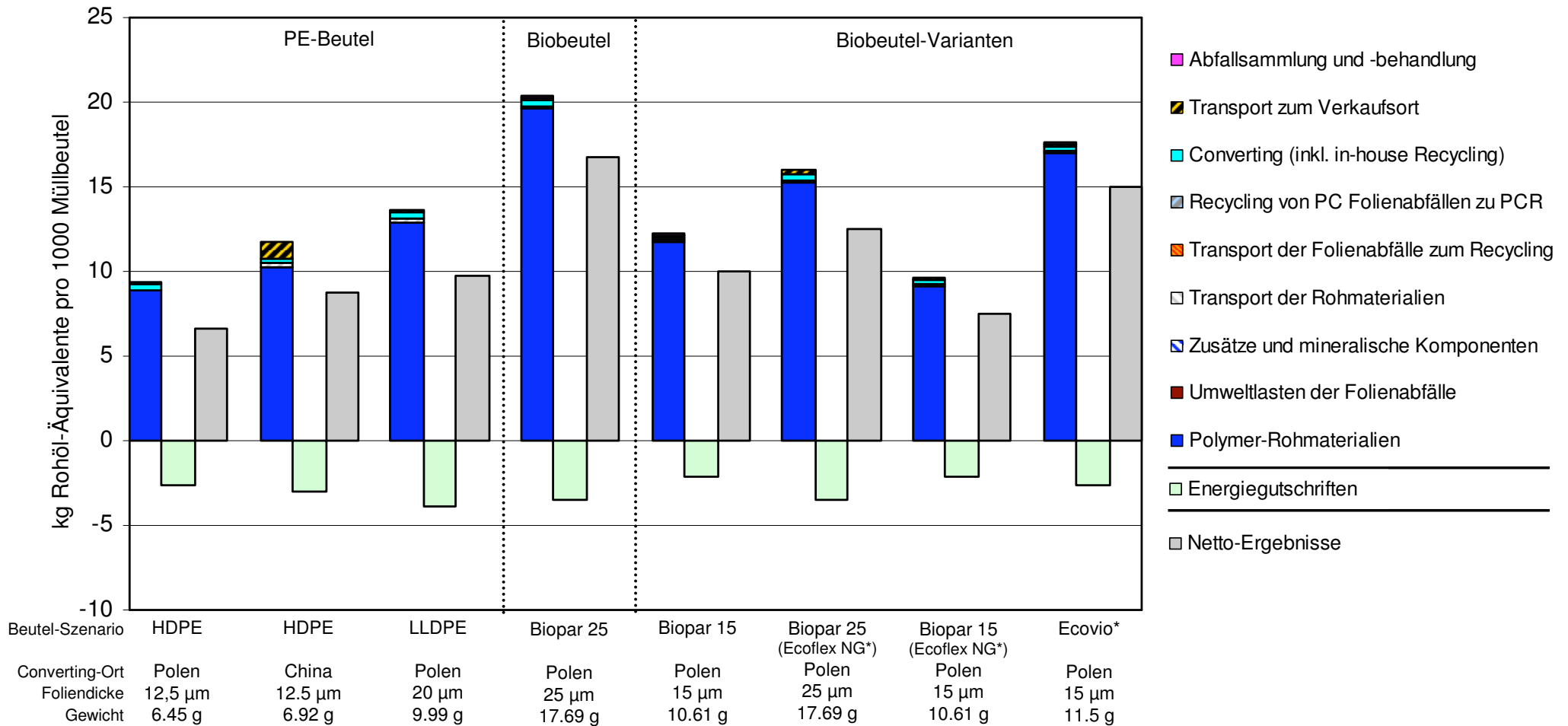
# Ergebnisse: 20 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Klimawandel



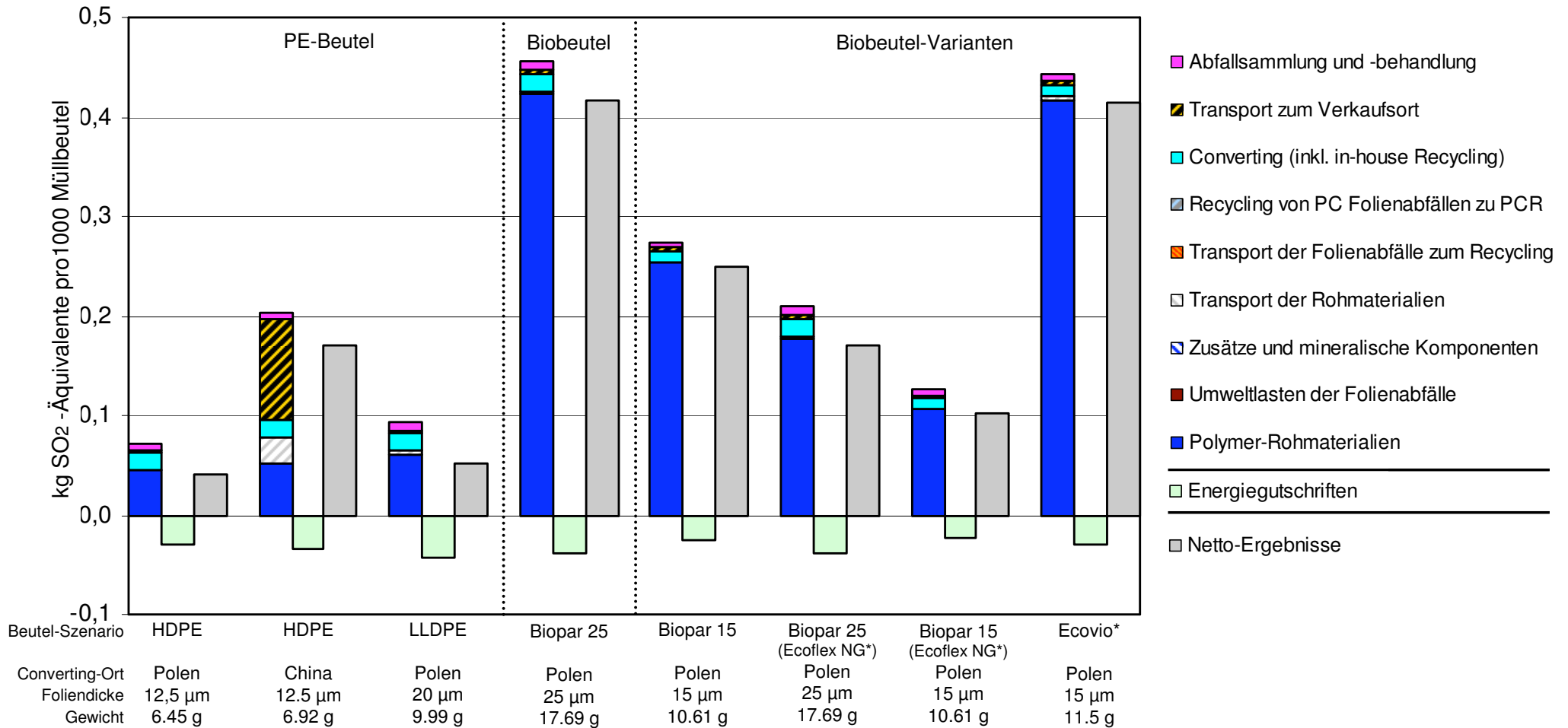
# Ergebnisse: 20 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Fossile Ressourcen



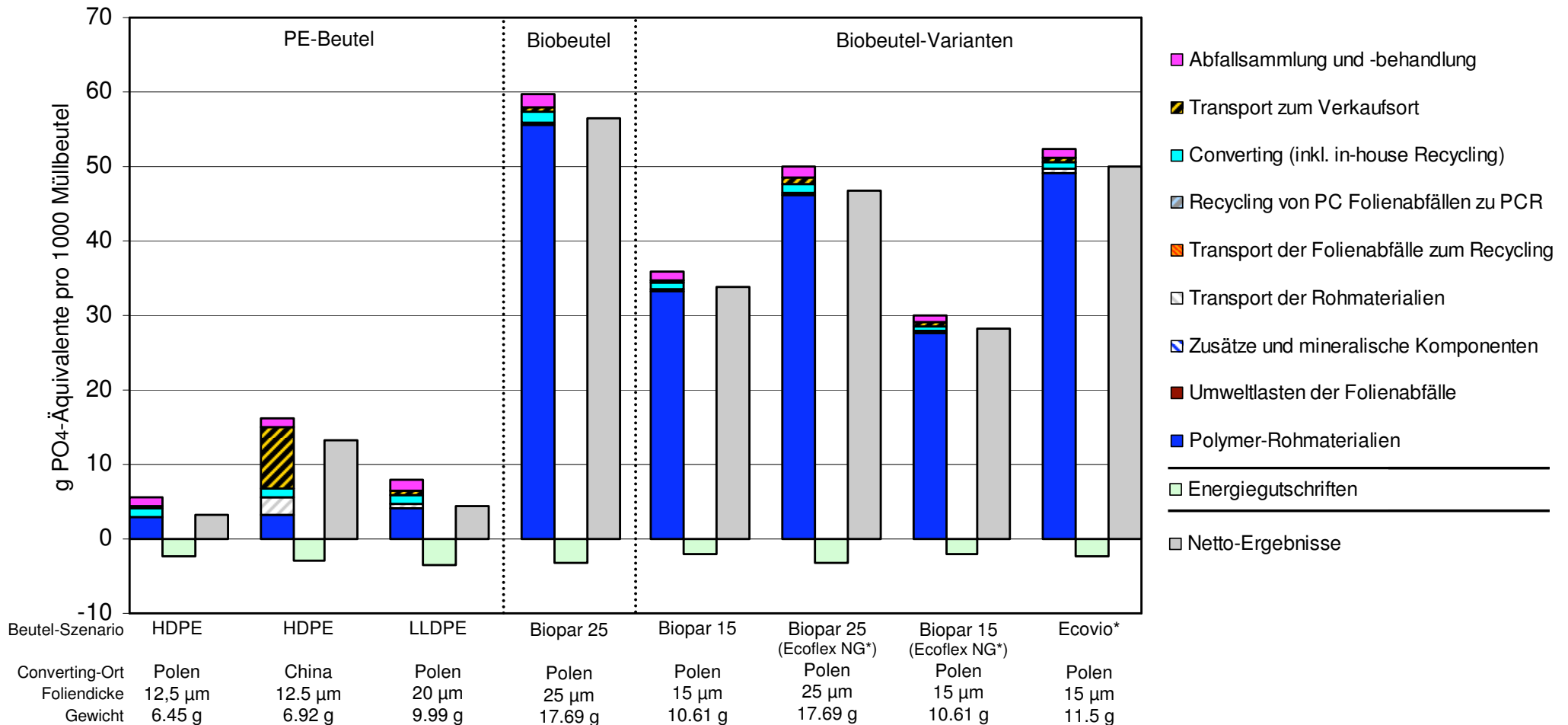
# Ergebnisse: 20 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Versauerungspotential



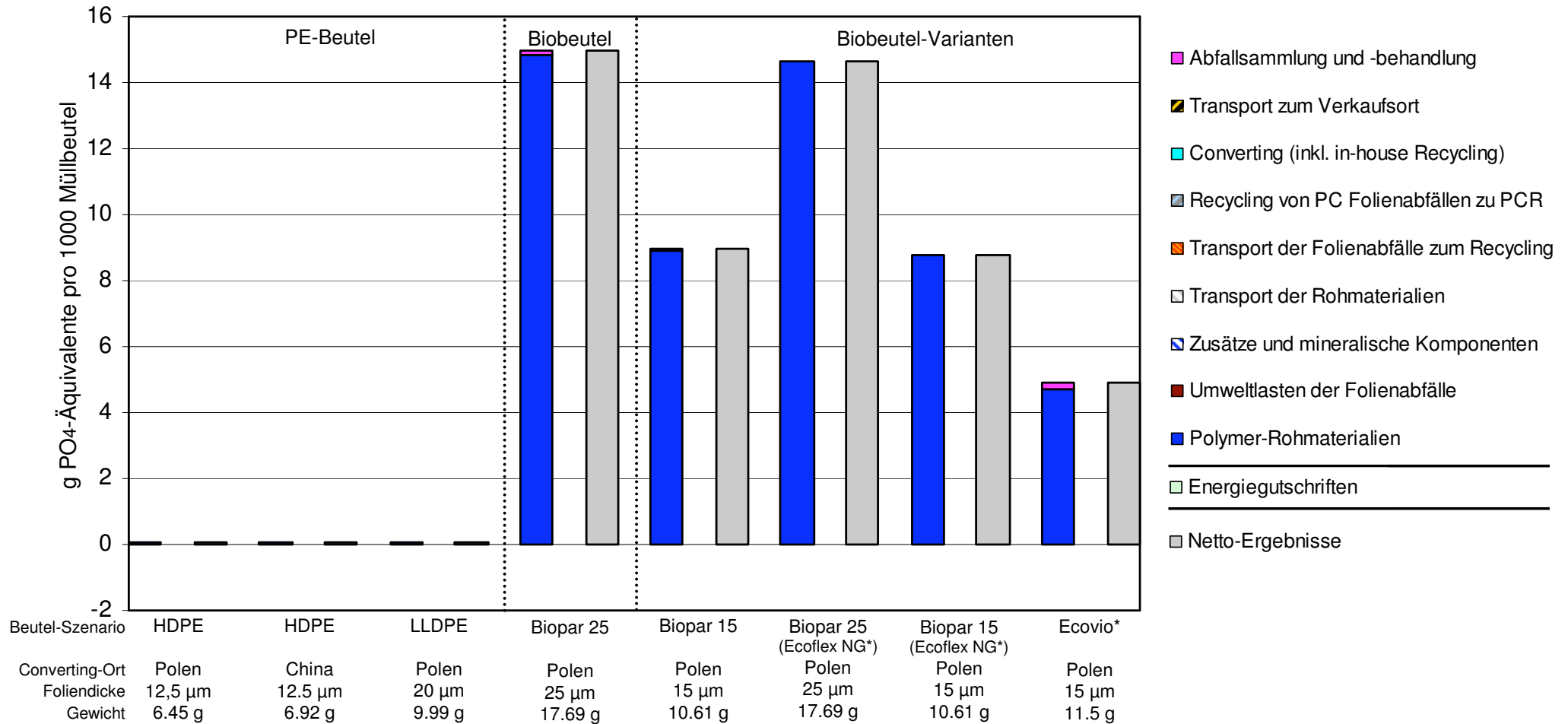
# Ergebnisse: 20 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Terrestrische Eutrophierung



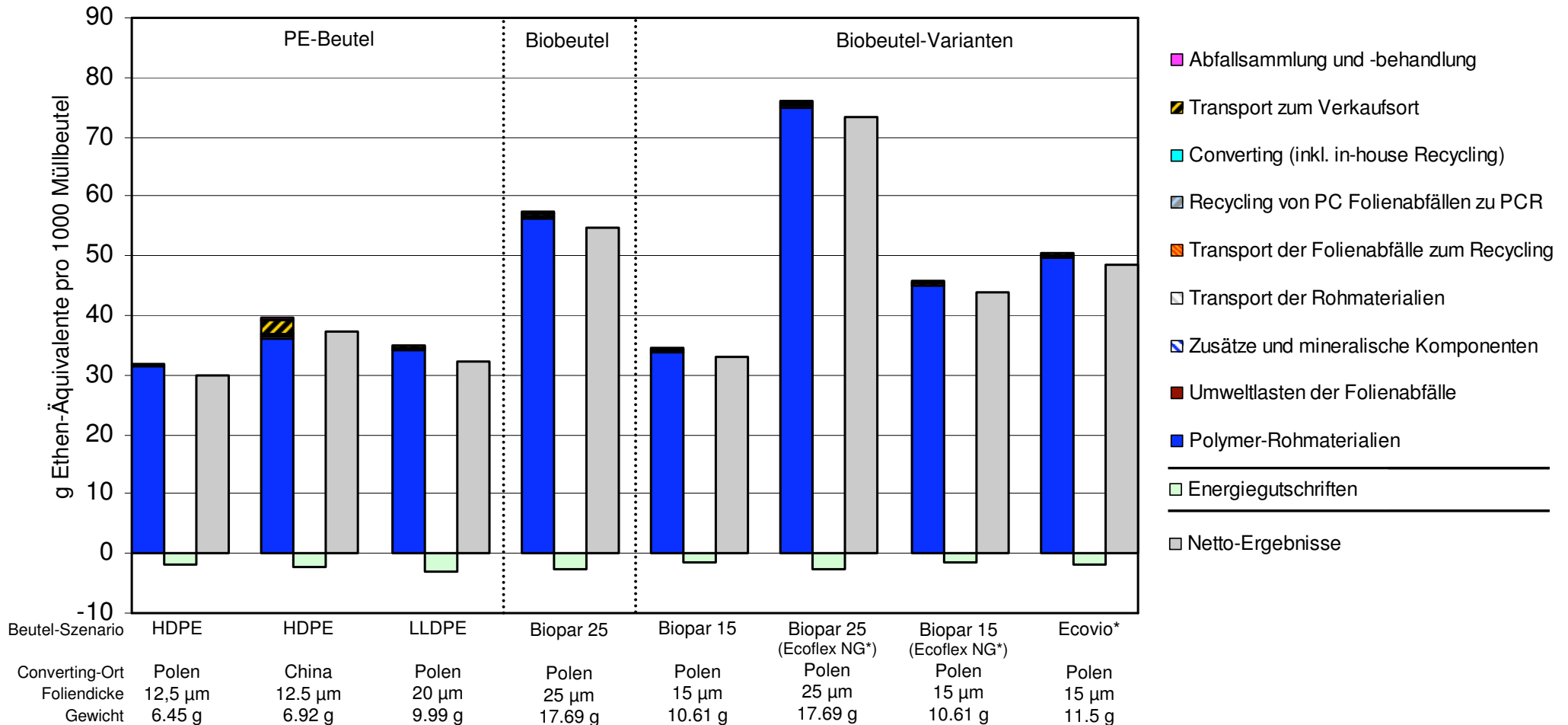
# Ergebnisse: 20 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Aquatische Eutrophierung



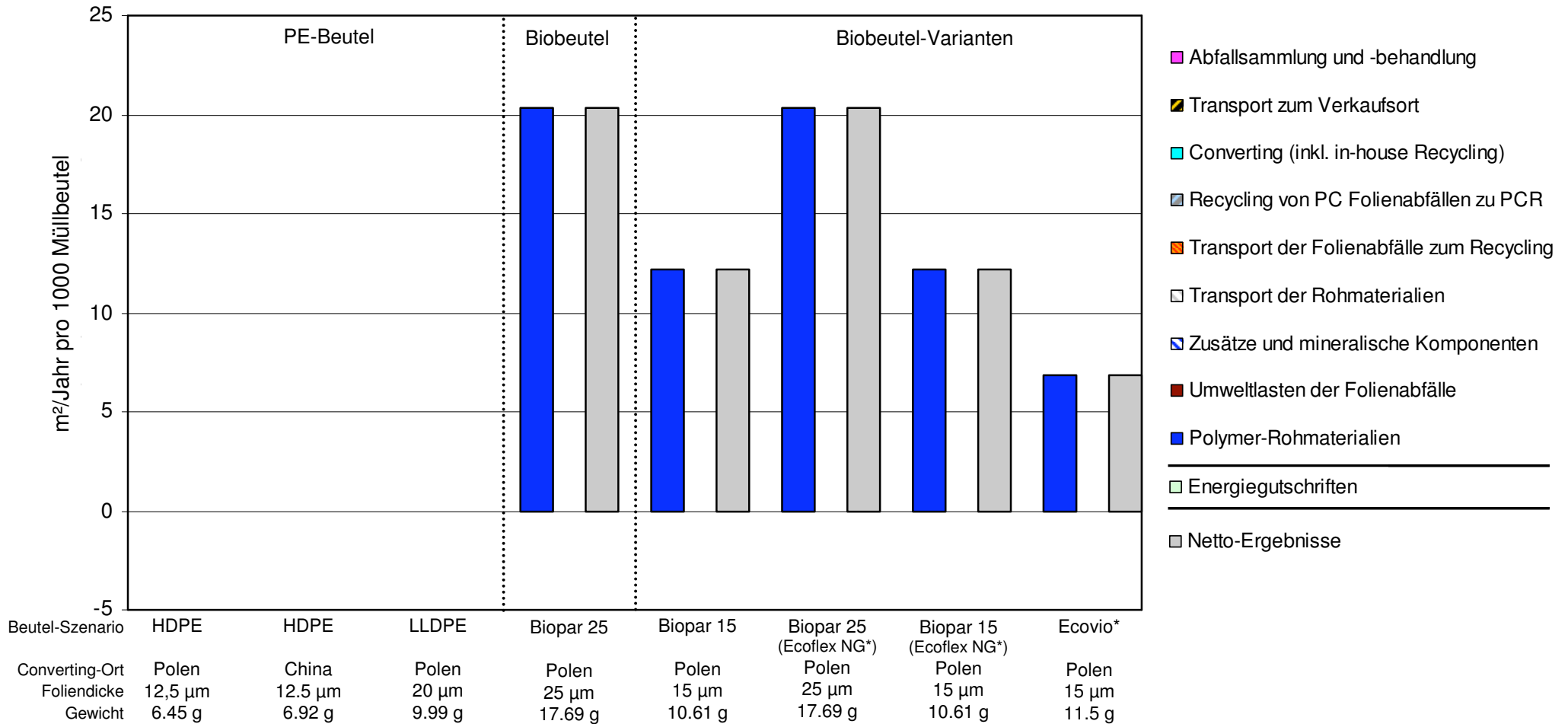
# Ergebnisse: 20 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Sommersmog (POCP)



# Ergebnisse: 20 L Restmüll (Deutscher Markt)

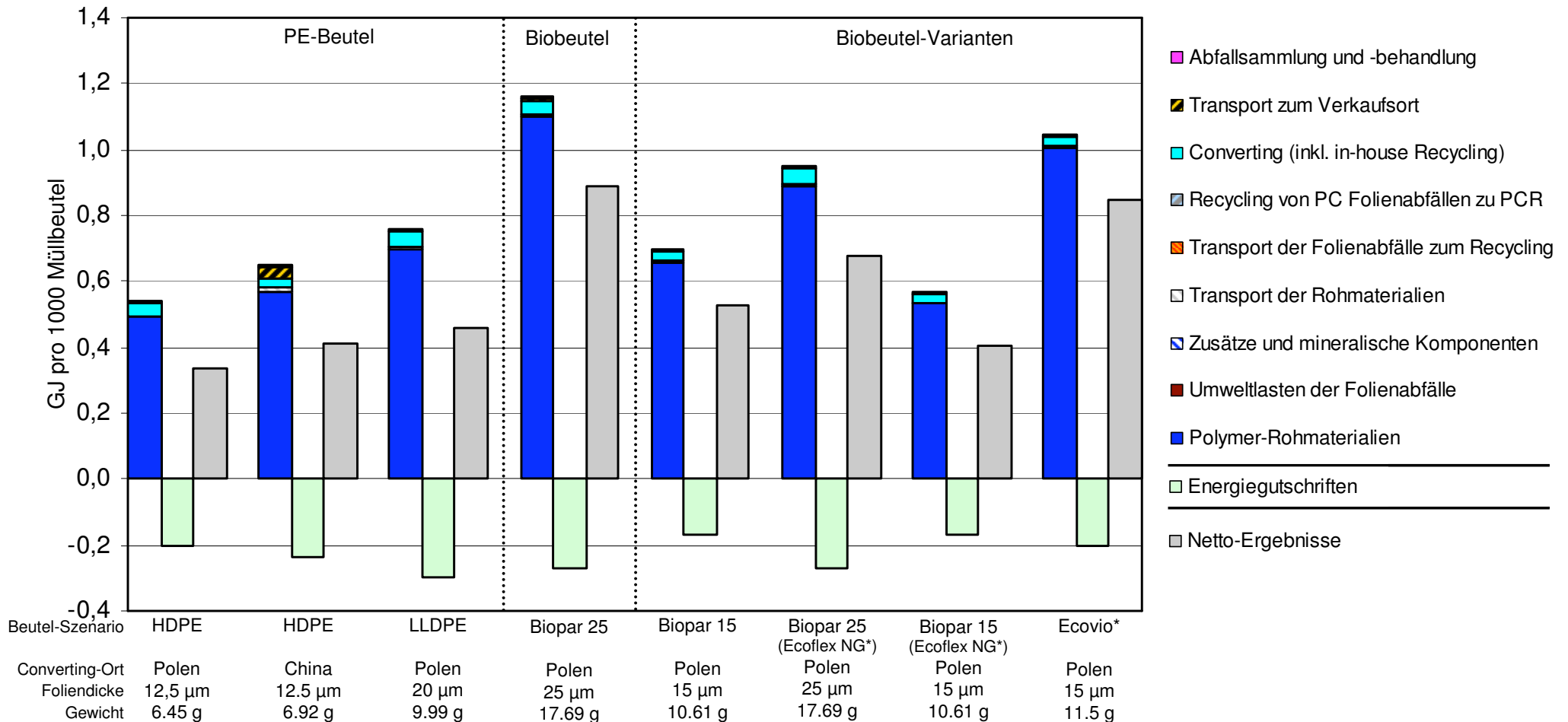
## Landnutzung: Ackerland





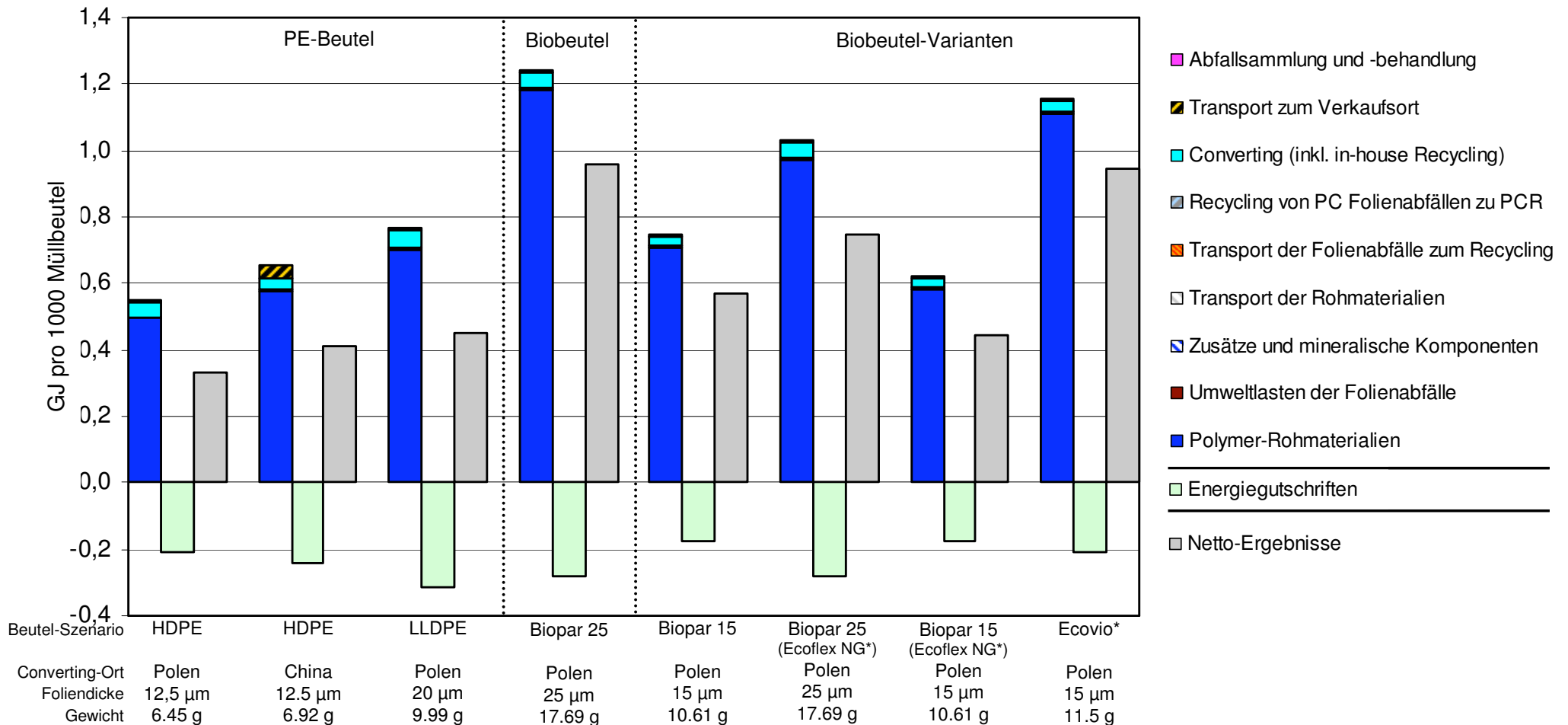
# Ergebnisse: 20 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Primärenergiebedarf (KEA), nicht-erneuerbar



# Ergebnisse: 20 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Primärenergiebedarf (KEA), gesamt



# Ergebnisanalyse: 20 L Restmüllsammlung (1/2)

## *Umweltperformance der klassischen PE-Beutel*

- Insgesamt kommen die größten Beiträge zu den Gesamtumweltlasten aus der Produktion von primärem Polyethylen.
- Der (in Polen produzierte) HDPE-Beutel zeigt insgesamt die kleinsten Umweltindikatorergebnisse
- Andererseits, sind die Indikatorergebnisse für *Versauerung* und *Terrestrische Eutrophierung* beim HDPE-Beute aus China die höchsten unter den untersuchten PE-Beutel-Szenarien. Dies liegt am hier notwendigen Überseetransport.
- Insgesamt haben die PE-Beutel bessere Umweltwirkungsprofile als der Biopar\*25-Beutel, der auf dem deutschen Markt in Verwendung ist.

## *Umweltperformance der Biobeutel (Biopar\*25-Beutel)*

- Die größten Beiträge zur Umweltlast des Biopar\*25-Beutels stammen aus der Produktion der Rohmaterialien
  - ▶ Die Ergebnisse der Umweltkategorien *Klimawandel* und *Fossile Ressourcen* stehen größtenteils im Zusammenhang mit dem Anteil fossiler Rohstoffe im Biokunststoff-Rohmaterial
  - ▶ Die Ergebnisse der Umweltkategorien *Versauerungspotential* und *Terrestrische Eutrophierung* stehen im Zusammenhang sowohl mit Emissionen aus der Herstellung der fossilen Rohstoffanteile als auch der Emissionen aus der landwirtschaft-lichen Bereitstellung von Stärkepflanzen.
- Der Nachteil des Biopar\*25-Beutels im Vergleich zu den die PE-Beuteln erklärt sich u.a. aus der recht hohen Folienstärke (und der damit verbundenen Materialmenge) des Biopar\*25-Beutels in Verbindung mit dem nicht unerheblichen Gehalt fossiler Rohstoffe.

\* **BASF empfiehlt die Verwendung von Ecoflex/Ecovio ausschließlich für Biomüllbeutel, nicht für Restmüllbeutel**



## *Optimierungspotenziale der Biobeutel*

### Biopar25-Beutel vs. Biopar-Varianten

- Bei unveränderter Folienstärke könnte die zukünftige Verfügbarkeit von Ecoflex\*, das mit einer neuen, verbesserten Technologie hergestellt wird (Ecoflex-NG - New Generation) dazu beitragen, bei der Umweltkategorie *Klimawandel* potentielle Verbesserungen von Biopar um etwa 20% zu erzielen.
- Andererseits würde allein die die Verringerung der Folienstärke von 25µ auf 15µ dazu beitragen, bei der Umweltkategorie *Klimawandel* potentielle Verbesserungen von Biopar um etwa 40% zu erzielen.
- Mit der Kombination der Gewichtsreduktions- und der Ecoflex\* NG-Variante errechnen sich bei der Umweltkategorie *Klimawandel* potentielle Verbesserungen des Biopar-Beutel um etwa 50%.



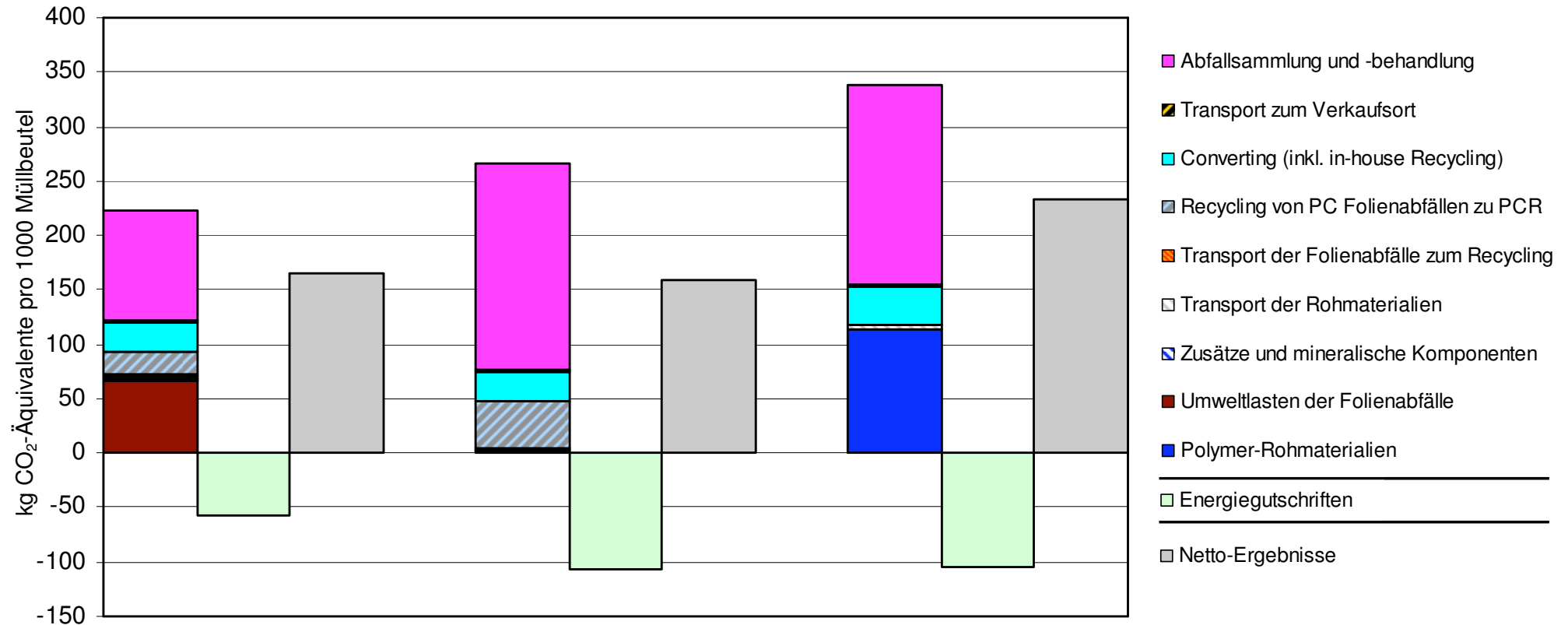
Präsentation der Ergebnisse:

120 L Restmüllsammlung

(Deutscher Markt)

# Ergebnisse: 120 L Restmüll (Deutscher Markt)

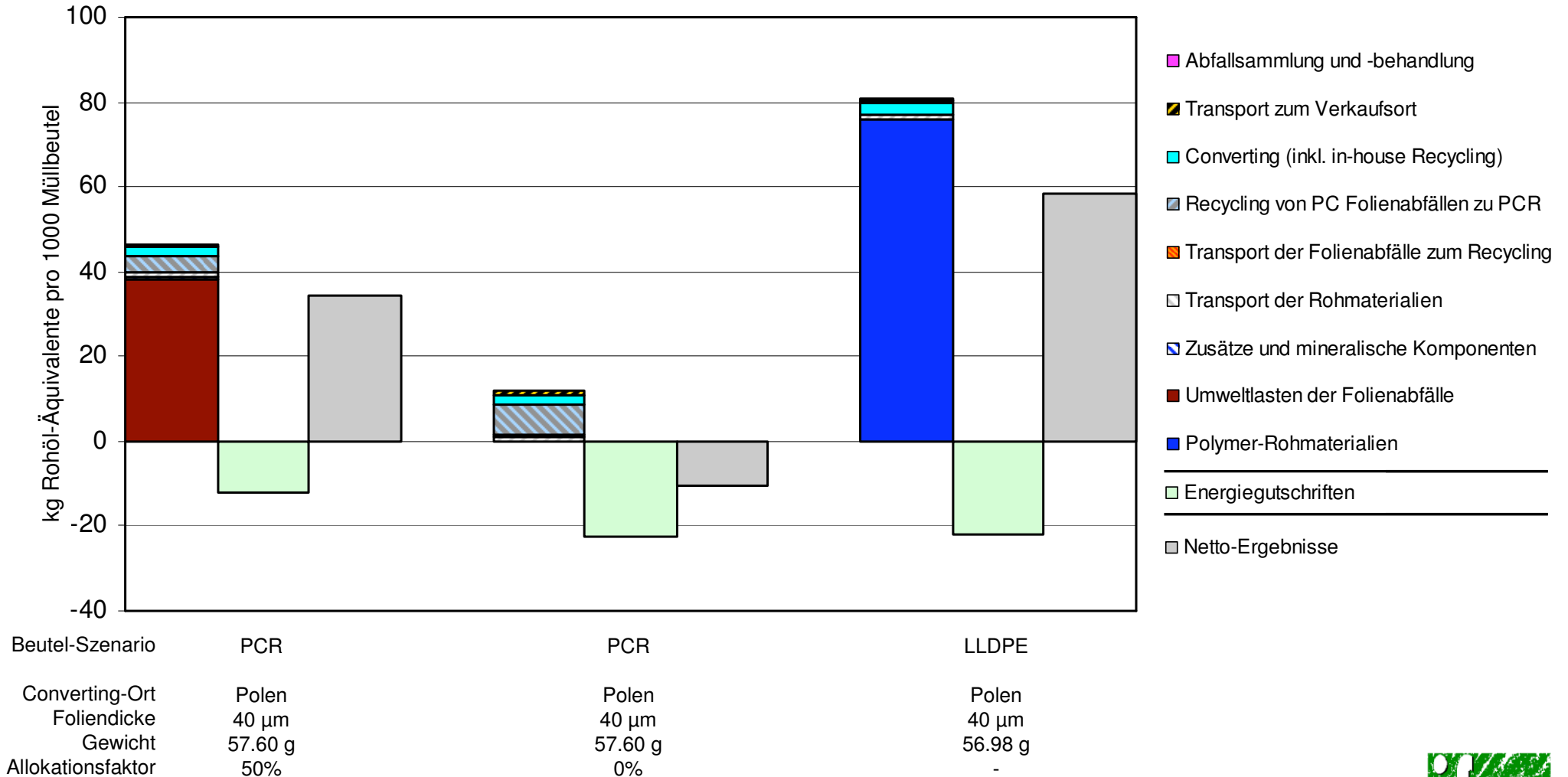
## Klimawandel



Beutel-Szenario	PCR	PCR	LLDPE
Converting-Ort	Polen	Polen	Polen
Foliendicke	40 µm	40 µm	40 µm
Gewicht	57.60 g	57.60 g	56.98 g
Allokationsfaktor	50%	0%	-

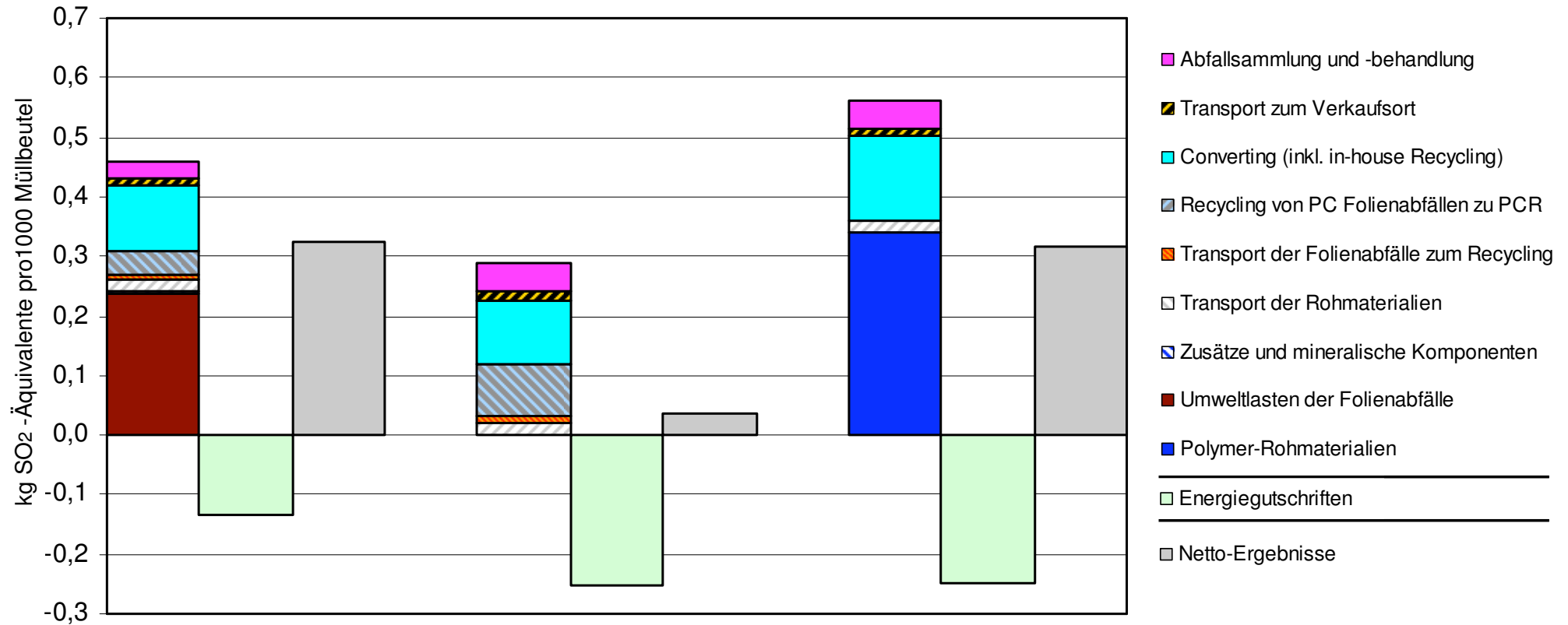
# Ergebnisse: 120 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Fossile Ressourcen



# Ergebnisse: 120 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Versauerungspotential

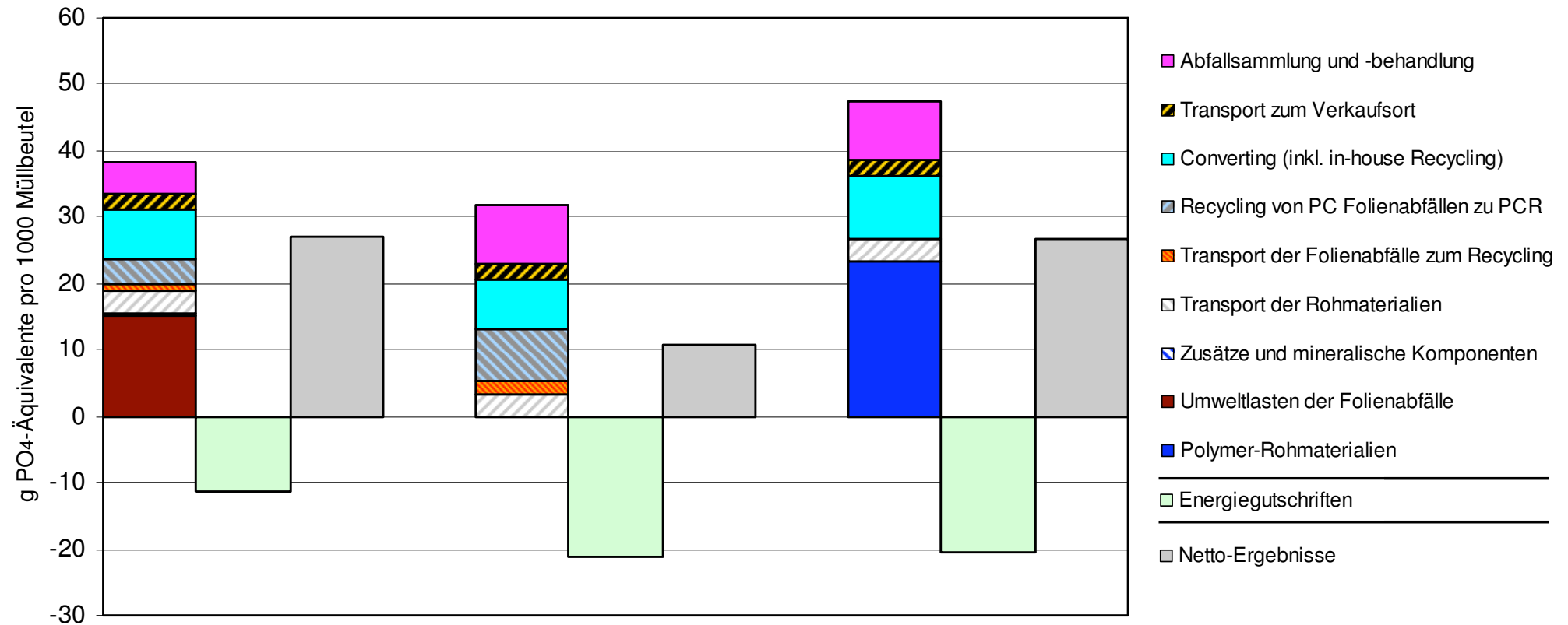


Beutel-Szenario	PCR	PCR	LLDPE
Converting-Ort	Polen	Polen	Polen
Foliendicke	40 µm	40 µm	40 µm
Gewicht	57.60 g	57.60 g	56.98 g
Allokationsfaktor	50%	0%	-



# Ergebnisse: 120 L Restmüll (Deutscher Markt)

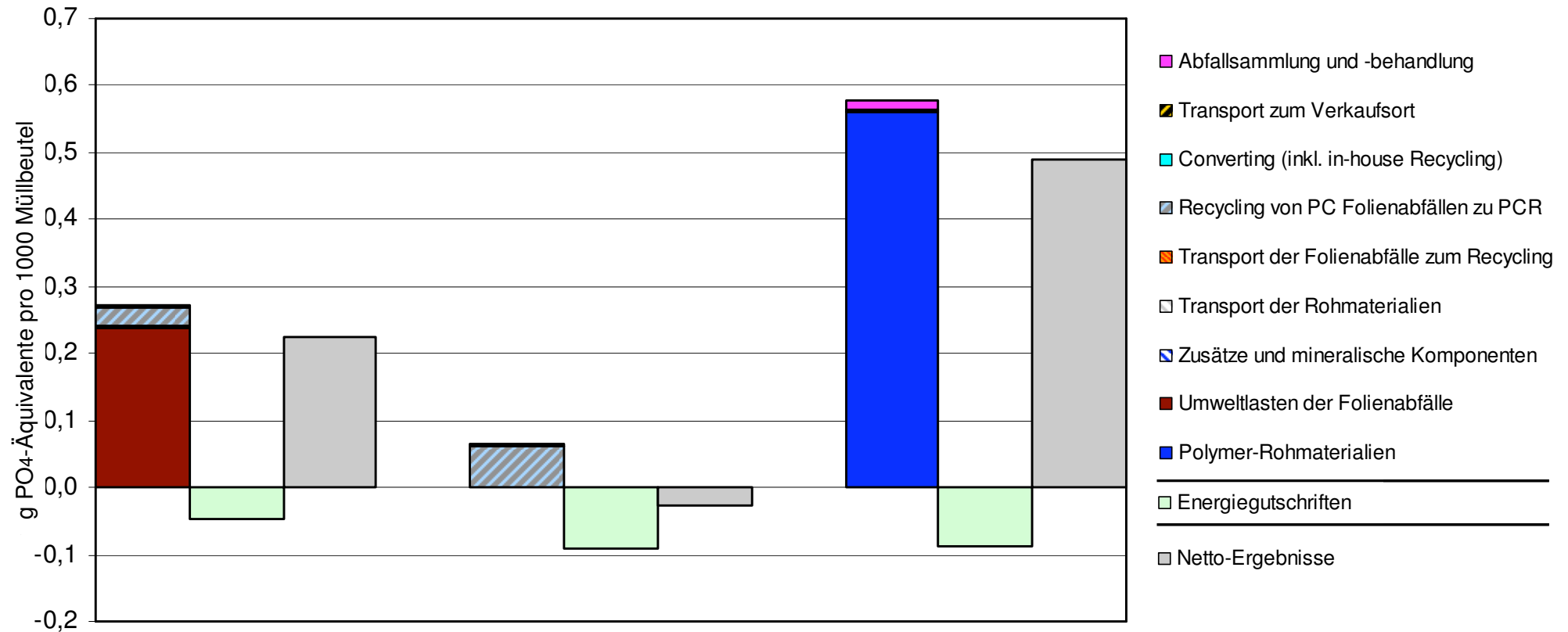
## Terrestrische Eutrophierung



Beutel-Szenario	PCR	PCR	LLDPE
Converting-Ort	Polen	Polen	Polen
Foliendicke	40 µm	40 µm	40 µm
Gewicht	57.60 g	57.60 g	56.98 g
Allokationsfaktor	50%	0%	-

# Ergebnisse: 120 L Restmüll (Deutscher Markt)

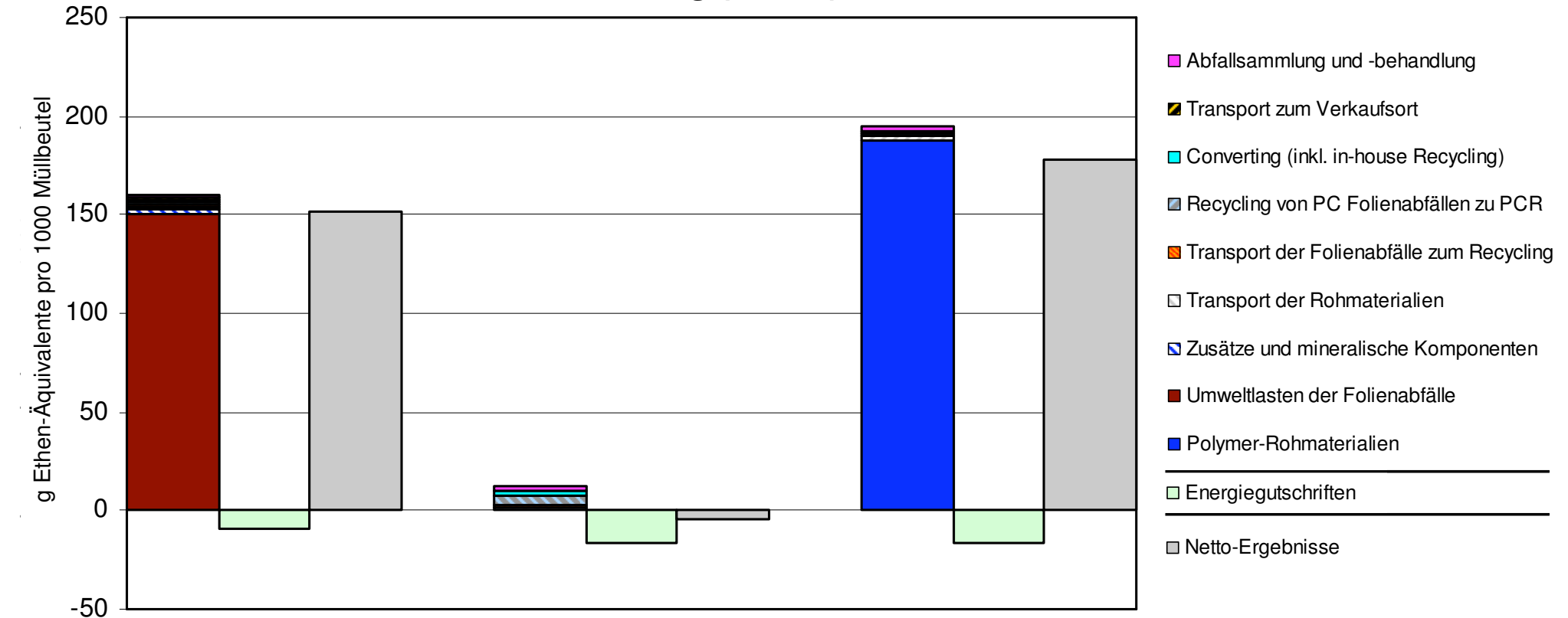
## Aquatische Eutrophierung



Beutel-Szenario	PCR	PCR	LLDPE
Converting-Ort	Polen	Polen	Polen
Foliendicke	40 µm	40 µm	40 µm
Gewicht	57.60 g	57.60 g	56.98 g
Allokationsfaktor	50%	0%	-

# Ergebnisse: 120 L Restmüll (Deutscher Markt)

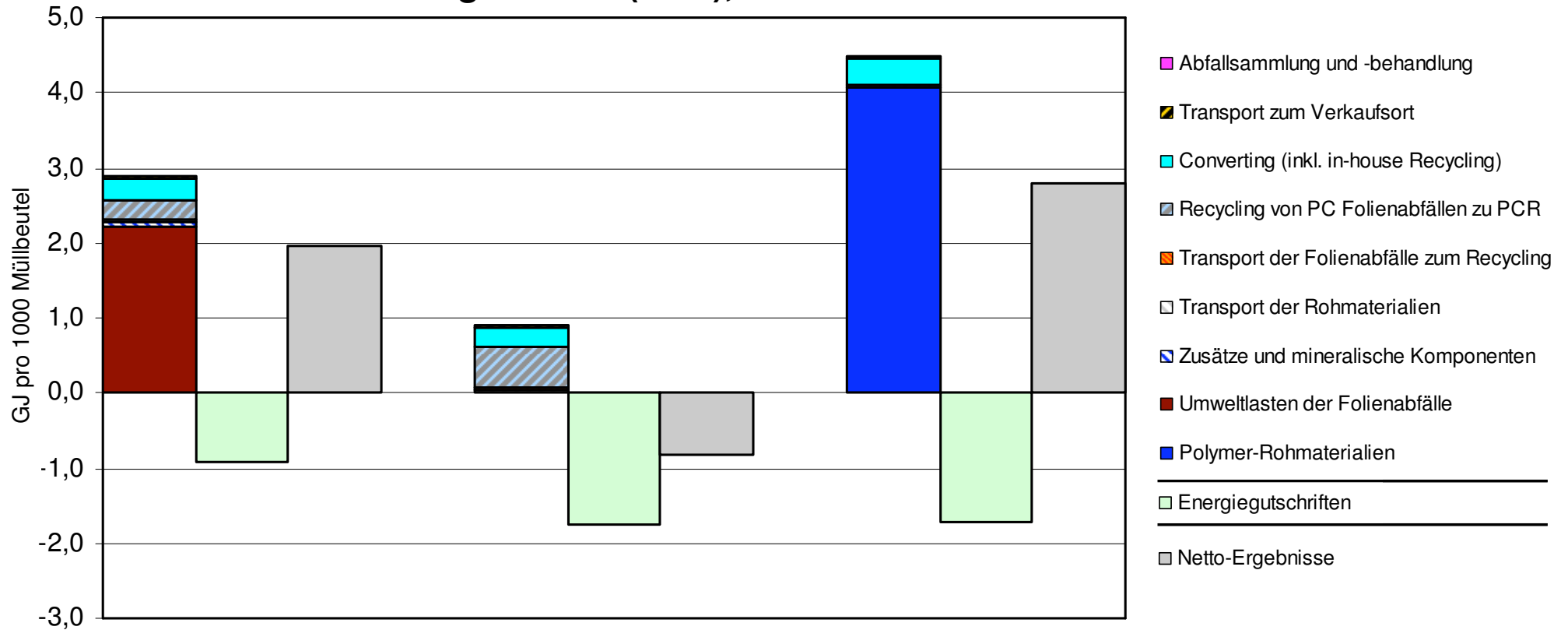
## Sommersmog (POCP)



Beutel-Szenario	PCR	PCR	LLDPE
Converting-Ort	Polen	Polen	Polen
Foliendicke	40 µm	40 µm	40 µm
Gewicht	57.60 g	57.60 g	56.98 g
Allokationsfaktor	50%	0%	-

# Ergebnisse: 120 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Primärenergiebedarf (KEA), nicht-erneuerbar



Beutel-Szenario

PCR

PCR

LLDPE

Converting-Ort

Polen

Polen

Polen

Foliendicke

40 µm

40 µm

40 µm

Gewicht

57.60 g

57.60 g

56.98 g

Allokationsfaktor

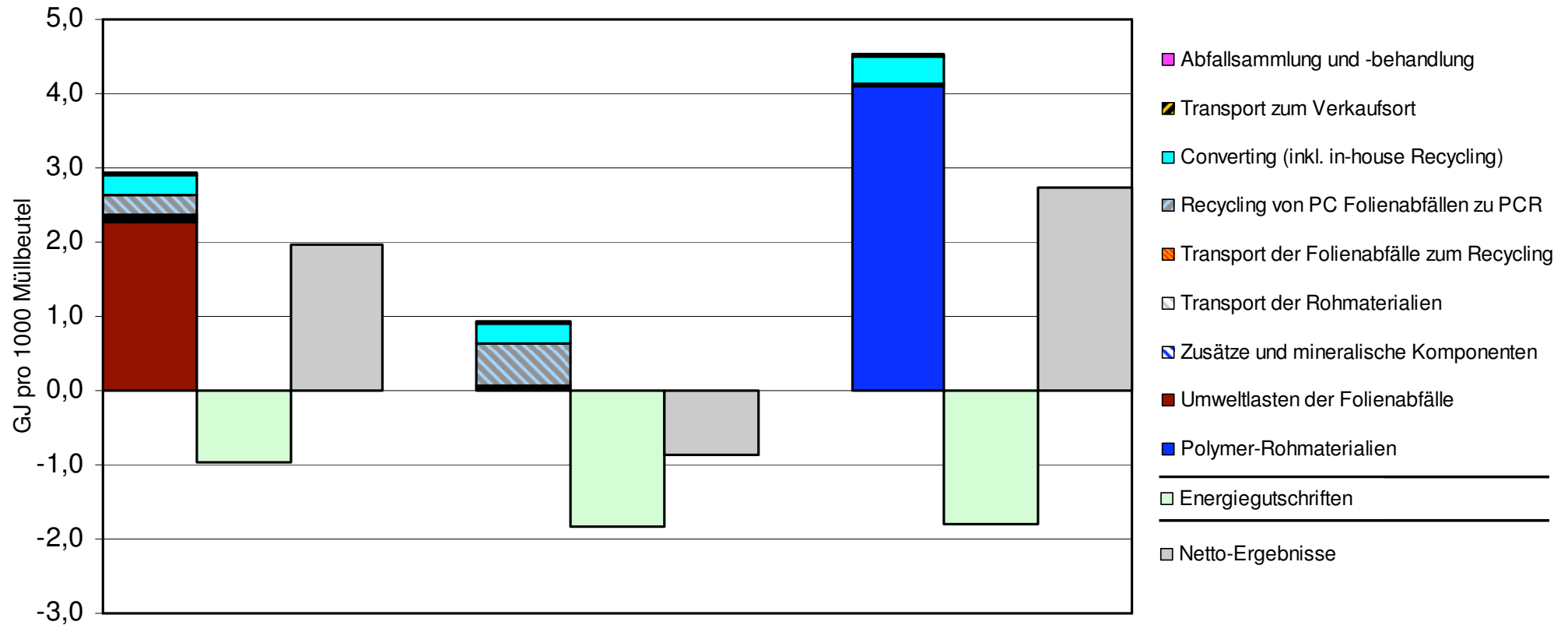
50%

0%

-

# Ergebnisse: 120 L Restmüll (Deutscher Markt)

## Primärenergiebedarf (KEA), gesamt



Beutel-Szenario	PCR	PCR	LLDPE
Converting-Ort	Polen	Polen	Polen
Foliendicke	40 µm	40 µm	40 µm
Gewicht	57.60 g	57.60 g	56.98 g
Allokationsfaktor	50%	0%	-

# Ergebnisanalyse: 120 L Restmüllsammlung

## **Primär-PE-Beutel vs. PCR-Beutel (50% Allocation)**

- Müllbeutel aus PCR-Material verglichen mit Beuteln aus primärem LLDPE zeigen allgemein niedrigere Umweltwirkungen für alle in dieser Studie untersuchten Indikatoren.
- Der Hauptunterschied zwischen dem Primär-LLDPE-System und dem PCR-System ist auf die Umweltlasten aus der Rohmaterialproduktion – im Fall der PCR-Beutel auf das Recycling der PC Folien zu PCR – zurückzuführen.
- Große Unterschiede zwischen dem LLDPE und dem PCR(50% Allokation)-System sind für die Indikatoren *Fossile Ressourcen*, *Aquatische Eutrophierung*, *Sommersmog*, *Primärenergiebedarf (KEA nicht-erneuerbar)* und *Primärenergiebedarf (KEA gesamt)* zu sehen.
- Kleinere Unterschiede zwischen beiden Systemen sind für *Klimawandel* und *Versauerungspotential* sichtbar, was hauptsächlich auf die Lebenszyklus-Abschnitten „Converting“, „Recycling“ und „Abfallbehandlung“ zurückzuführen ist.

## **PCR-Beutel mit 50% Allokation vs. PCR-Beutel mit 0% Allokation**

- Allokation 50% bedeutet, dass für das PCR-Beutel-System 50% der Umweltlasten der primären LDPE-Herstellung, 50% der Lasten von „Abfallsammlung und -behandlung“ und 50% des „Recyclings der PC Folien zu PCR“ alloziert werden. Andererseits werden auch die Energiegutschriften aus der Verbrennung halbiert.
- Wenn ein Allokationsfaktor von 0% angewendet wird, bringt das rezyklierte LDPE keine Umweltlasten ins PCR-Beutel-System mit und es werden 100% der Energiegutschriften aus der Verbrennung gewährt. Aber das System muss die vollen Lasten aus der „Abfallsammlung und -behandlung“ und dem „Recycling der PC Folien zu PCR“ tragen.
- Für einige Indikatoren reduzieren sich die Ergebnisse der PCR-Beutel mit 0% Allokation erheblich. Allerdings sind die Ergebnisse für Klimawandel sehr nahe an denen der PCR-Beutel mit 50% Allokation. Bei allen anderen Kategorien schneiden PCR-Beutel (0% Allokation) besser ab als PCR-Beutel (50% Allokation).



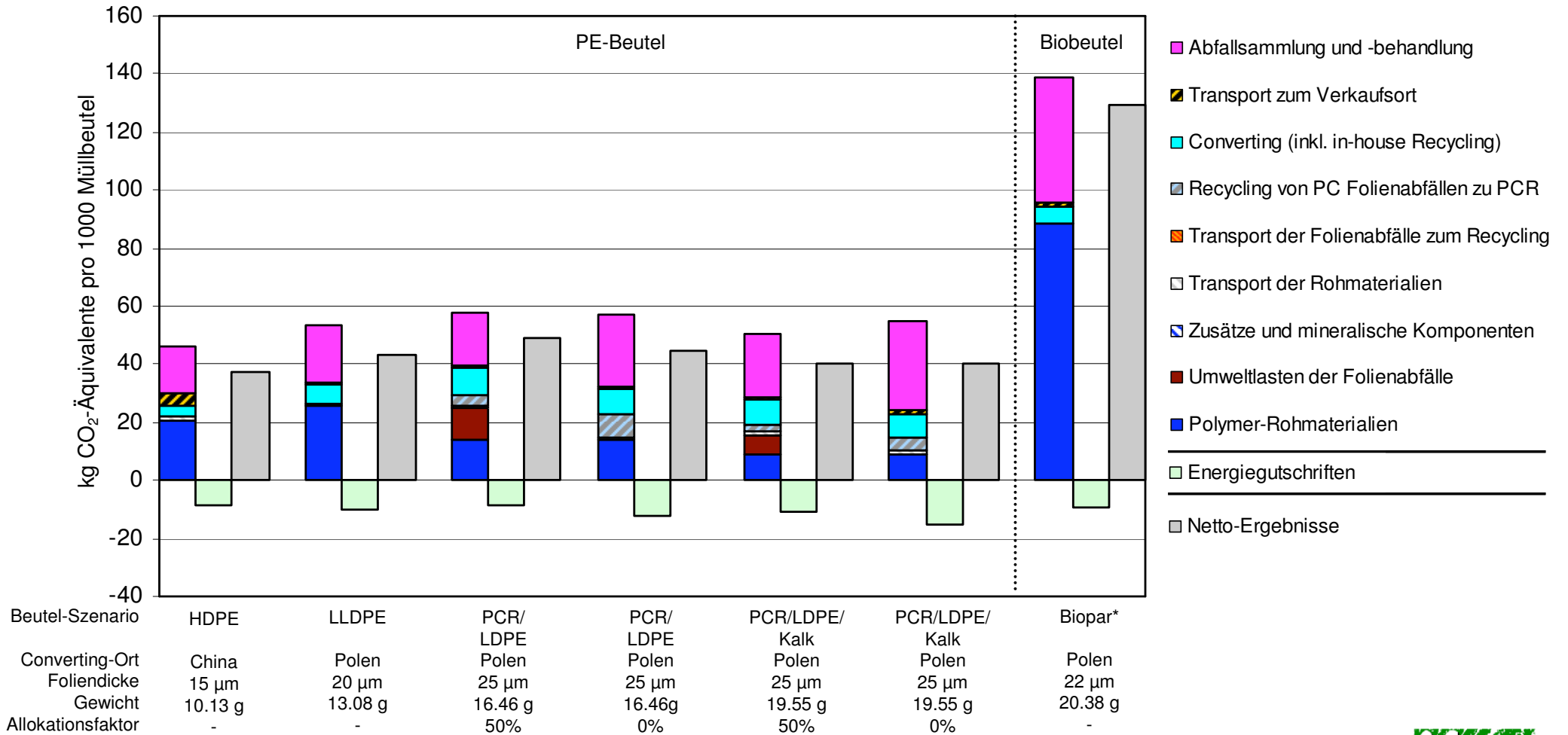
Präsentation der Ergebnisse:

30 L Restmüllsammlung

(Französischer Markt)

# Ergebnisse: 30 L Restmüll (Französischer Markt)

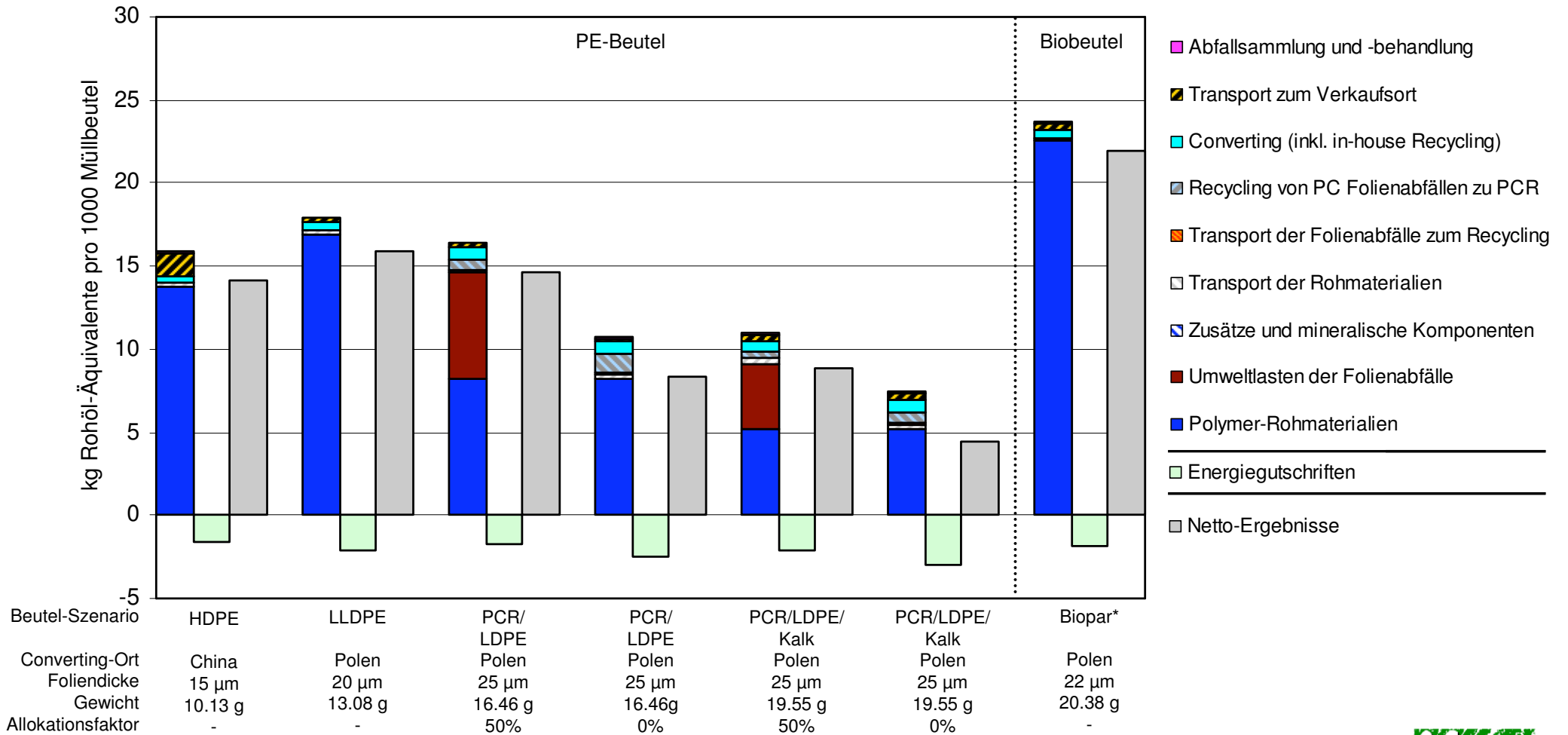
## Klimawandel





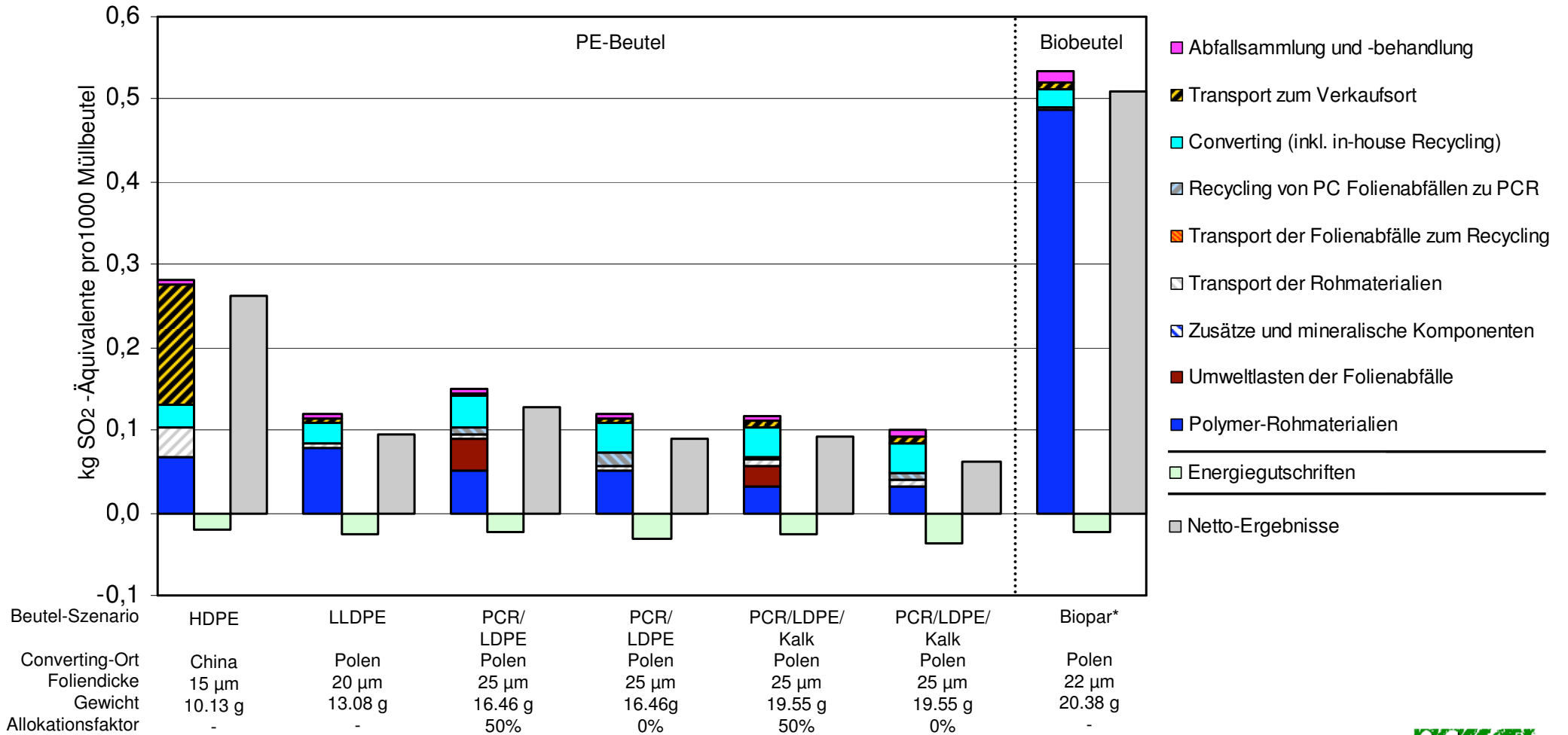
# Ergebnisse: 30 L Restmüll (Französischer Markt)

## Fossile Ressourcen



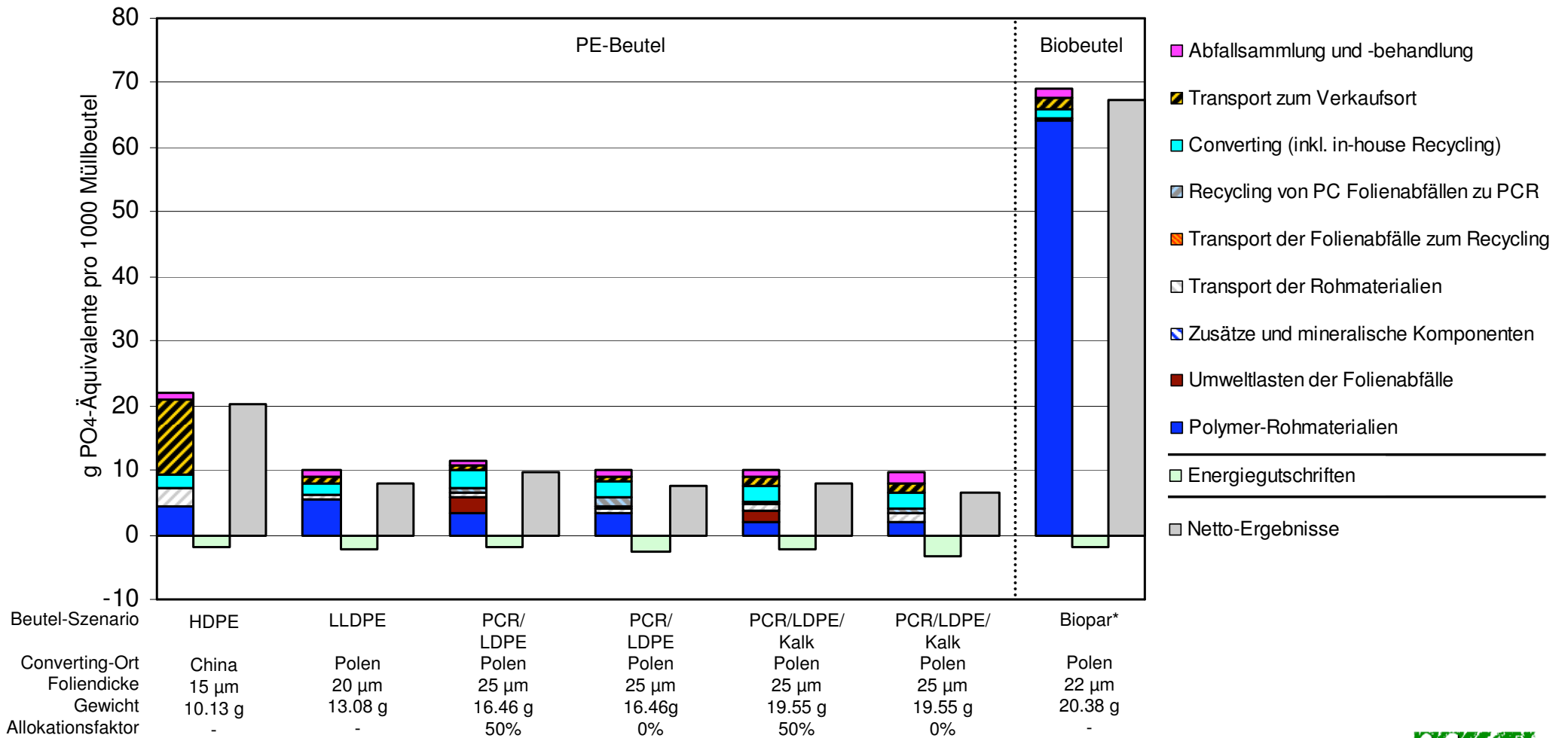
# Ergebnisse: 30 L Restmüll (Französischer Markt)

## Versauerungspotential



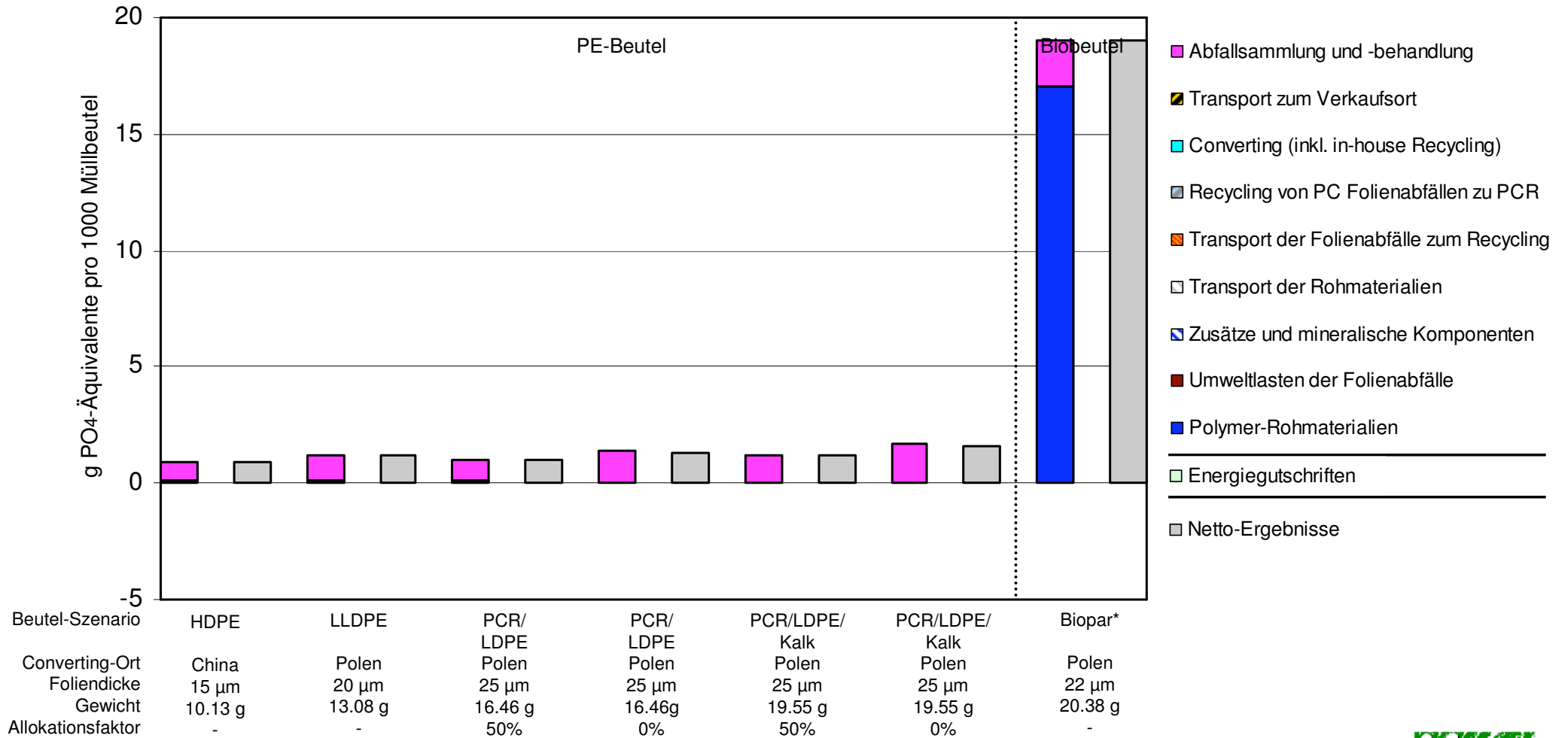
# Ergebnisse: 30 L Restmüll (Französischer Markt)

## Terrestrische Eutrophierung



# Ergebnisse: 30 L Restmüll (Französischer Markt)

## Aquatische Eutrophierung

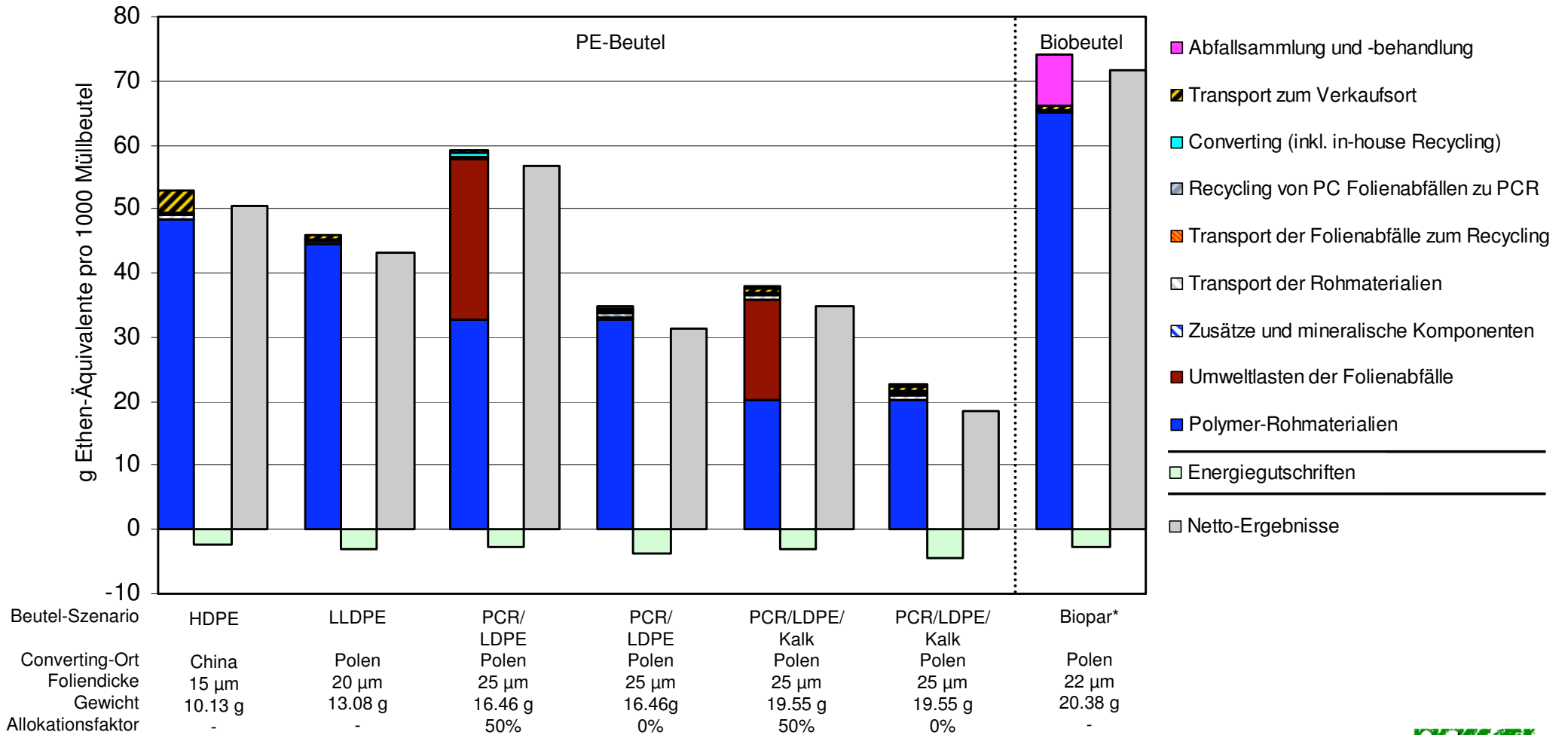


60 \* BASF empfiehlt die Verwendung von Ecoflex/ECOVIO ausschließlich für Biomüllbeutel, nicht für Restmüllbeutel



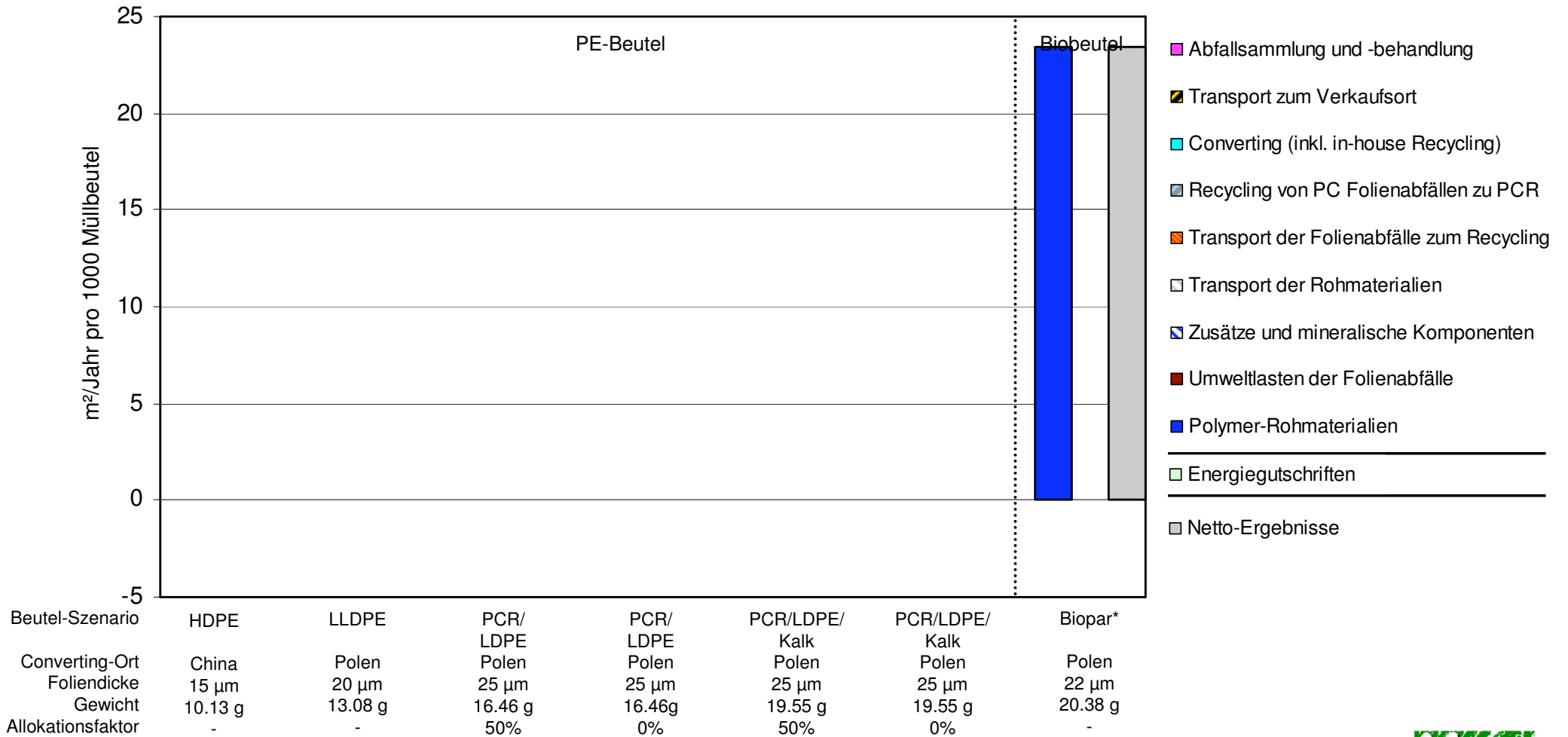
# Ergebnisse: 30 L Restmüll (Französischer Markt)

## Sommersmog (POCP)



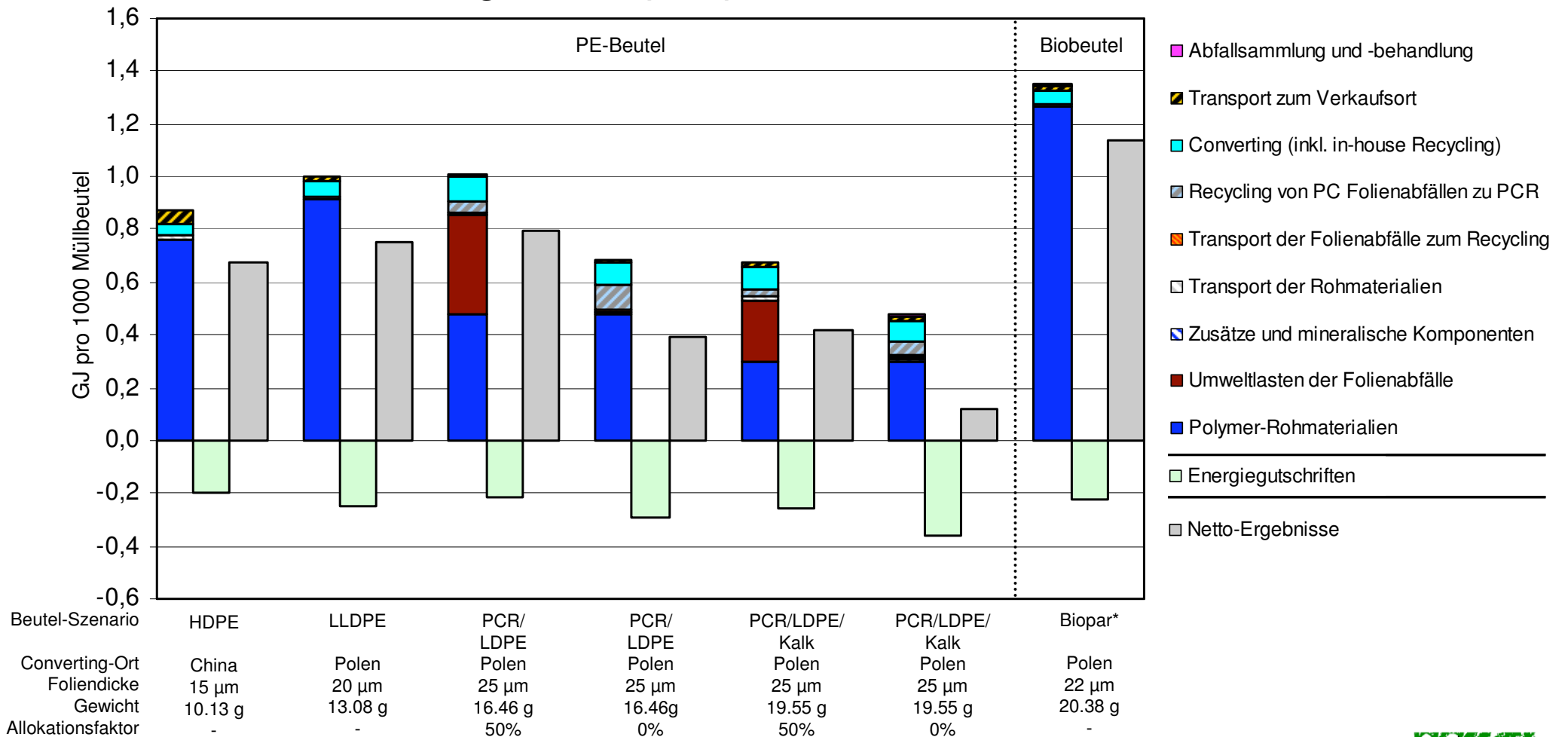
# Ergebnisse: 30 L Restmüll (Französischer Markt)

## Landnutzung: Ackerland



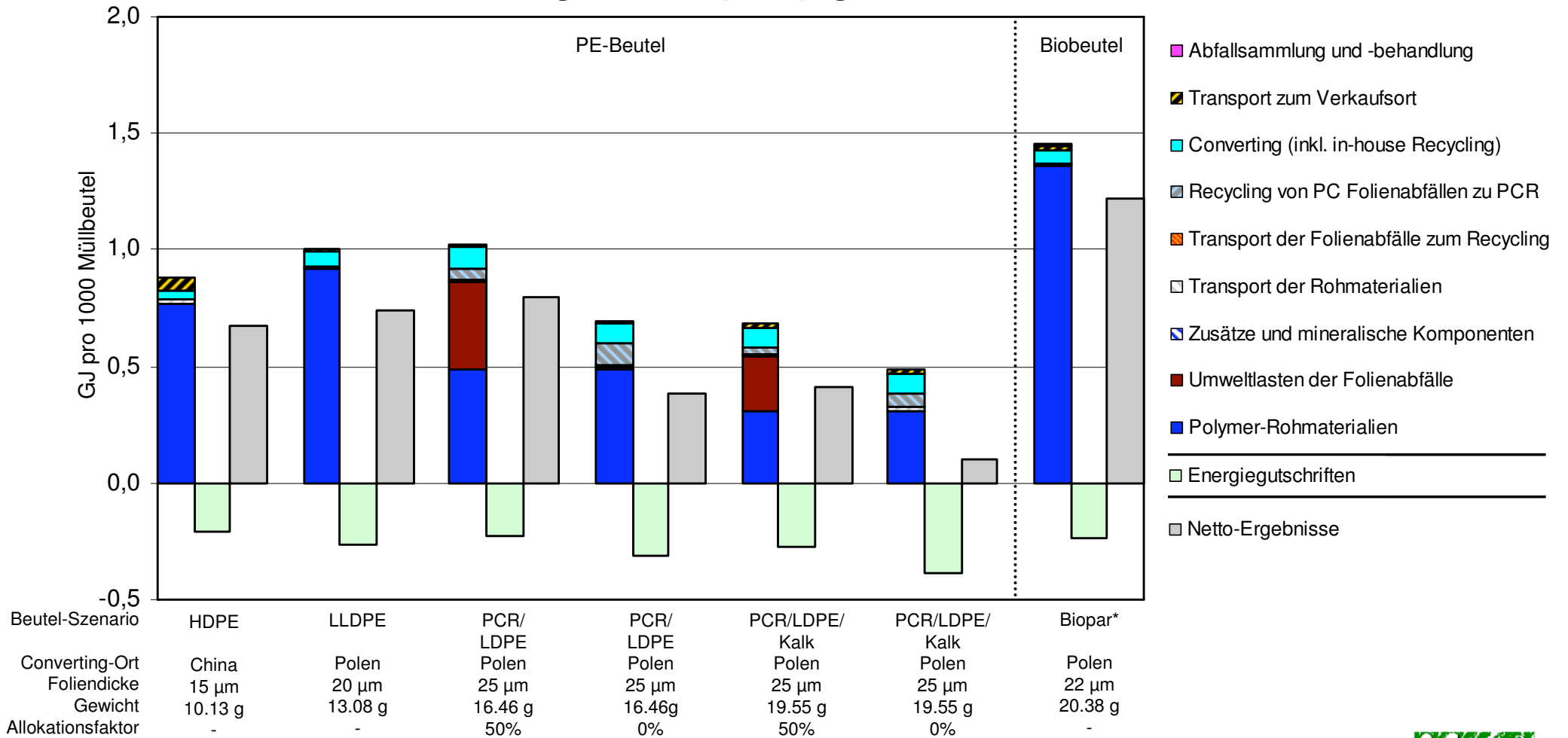
# Ergebnisse: 30 L Restmüll (Französischer Markt)

## Primärenergiebedarf (KEA), nicht-erneuerbar



# Ergebnisse: 30 L Restmüll (Französischer Markt)

## Primärenergiebedarf (KEA), gesamt





# Ergebnisanalyse: 30 L Restmüllsammlung

## PE-Beutel vs. Biopar\*-Beutel

- Verglichen mit dem Biopar-Beutel zeigen PE-Beutel ohne Anteil von Rezyklat niedrigere Umweltwirkungs-Ergebnisse für alle Indikatoren.
- PE-Beutel mit Anteil an Rezyklat zeigen deutlich niedrigere Umweltwirkungs-Ergebnisse für alle Indikatoren, ausgenommen der PCR/LDPE-Beutel, der keine klaren Vorteile zeigt.

## PE-Beutel 100% Primärmaterial vs. PE-Beutel mit Rezyklat-Anteil

- Der PCR/LDPE/Kalk-Beutel mit einem Allokationsfaktor von 50% zeigt für alle verfügbaren Umweltwirkungskategorien niedrigere Ergebnisse als der PCR/LDPE-Beutel mit dem gleichen Allokationsfaktor, weil er einen höheren PCR und niedrigeren Primär-PE-Anteil hat.
- PCR/LDPE/Kalk-Beutel (50% Allokation) haben, verglichen mit PE-Beuteln aus 100% Primärmaterial, niedrigere Ergebnisse in allen verfügbaren Wirkungskategorien.
- Wird ein Allokationsfaktor von 0% angewendet, zeigen beide PCR-Beutel niedrigere Umweltwirkungen als der LLDPE-Beutel aus 100% Primärmaterial für folgende Indikatoren: *Fossile Ressourcen, Versauerungspotential, Terrestrische Eutrophierung, Sommersmog, Primärenergiebedarf (KEA nicht-erneuerbar) und Primärenergiebedarf (KEA gesamt)*.
- Beide PE-Beutel (0% Allokation) mit Rezyklat-Anteil zeigen im Vergleich mit dem HDPE-Beutel deutlich niedrigere Ergebnisse für die Indikatoren *Fossile Ressourcen, Versauerungspotential, Terrestrische Eutrophierung, Sommersmog, Primärenergiebedarf (KEA nicht-erneuerbar) und Primärenergiebedarf (KEA gesamt)*.

# Fazit

- Müllbeutel aus primärem Polyethylen haben den größten Marktanteil und können als Grundbedarfsartikel angesehen werden, der schon viele Jahre existiert.
- Marktverfügbare Müllbeutel aus alternativen Rohmaterialien bestehen aus:
  - ▶ PCR-Material (in dieser Studie: aus landwirtschaftlich genutzten Folien)
  - ▶ PCR-Material kombiniert mit Kalk (bzw. Kalziumoxid)
  - ▶ Bioabbaubaren Materialien.
- Diese Alternativ-Materialien sind erst vor kurzem entwickelt worden und befinden sich noch auf der „Lernkurve“.
- Im Laufe dieser Studie wurden Daten zu bioabbaubaren Rohmaterialien für Müllbeutel bei verschiedenen Europäischen Herstellern gesammelt. Zwei Hersteller, BIOP und BASF, erklärten sich bereit, ihre Inventardaten für die in dieser Studie untersuchten Szenarien zur Verfügung zu stellen.
  - ▶ Biopar (Ecoflex\*, Stärke und Additive enthält) wird in Müllbeuteln verwendet, die in Deutschland und Frankreich verkauft werden-
  - ▶ Ecovio\* wird derzeit bei der Herstellung von Einkaufstüten verwendet. Dennoch wurden Szenarien mit Ecovio\*-Daten in diese Studie aufgenommen, um einen umfassenderen Blick auf bioabbaubare Materialien zu ermöglichen.

# Fazit

- Die vorliegende Ökobilanz zeigt, dass es möglich ist durch den Einsatz von PCR in Müllbeuteln die Umwelteigenschaften von Müllbeuteln zu verbessern.
  - ▶ Vorausgesetzt, dass der PCR-Anteil in den Beuteln das Gewicht nicht erheblich steigert und die Produkthanforderungen erbracht werden, sind PCR-Beutel eine empfehlenswerte Option für Müllbeutelhersteller und -verkäufer.
- Gemäß der betrachteten Szenarien zeigen die derzeit existierenden Biobeutel höhere Umweltbelastungsindikatoren als diejenigen der PE-Beutel. Dies gilt für alle untersuchten Umweltbelastungsindikatoren und gilt unter den Rahmenbedingungen des deutschen und des französischen Marktes.
- Die existierenden Potentiale zur Verbesserung der Umwelteigenschaften von bioabbaubaren Beuteln sind groß. Jedoch würde nur die Kombination verschiedener Optionen (Material-, Design- und technische Verbesserungen) dazu beitragen, die Umweltprofile von Biobeuteln\* in den Bereich derer von PE-Beuteln zu bringen.
- Eine enge Kooperation innerhalb der Zuliefererkette wird nötig sein, um die in dieser Studie analysierten Umweltpotentiale in der Praxis zu verwirklichen.