

Ökobilanz von Biogasanlagen - Erfolgsfaktoren zur nachhaltigen Nutzung der Biogastechnologie am Beispiel ausgewählter Biogasanlagen

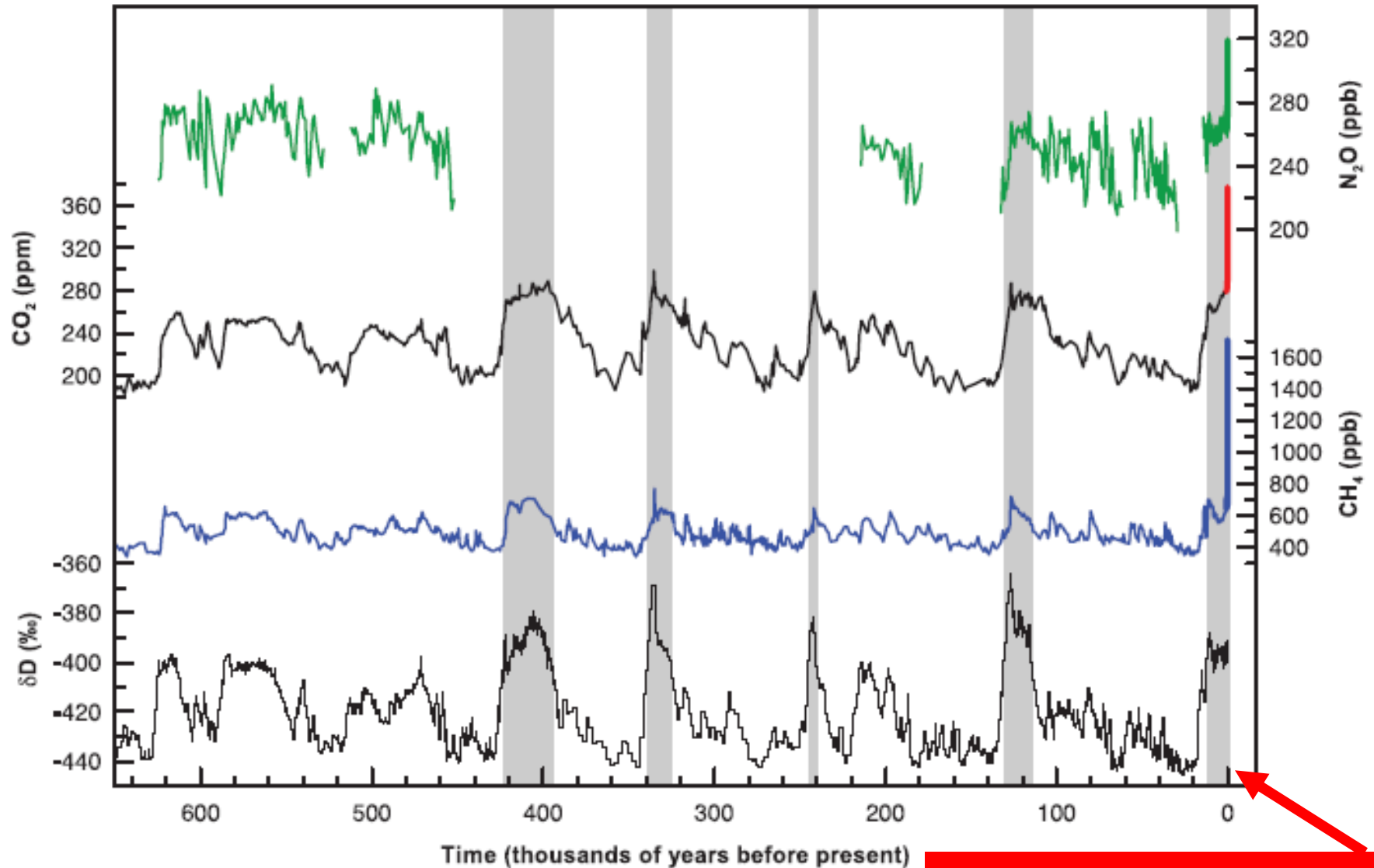
**Biogas SpezialberaterInnen –
Modul Erfahrungsaustausch
Oberwart 14. Dezember 2010**

**G. Jungmeier, J. Pucker
JOANNEUM RESEARCH**

Elisabethstraße 5, 8010 Graz

E-mail: johanna.pucker@joanneum.at

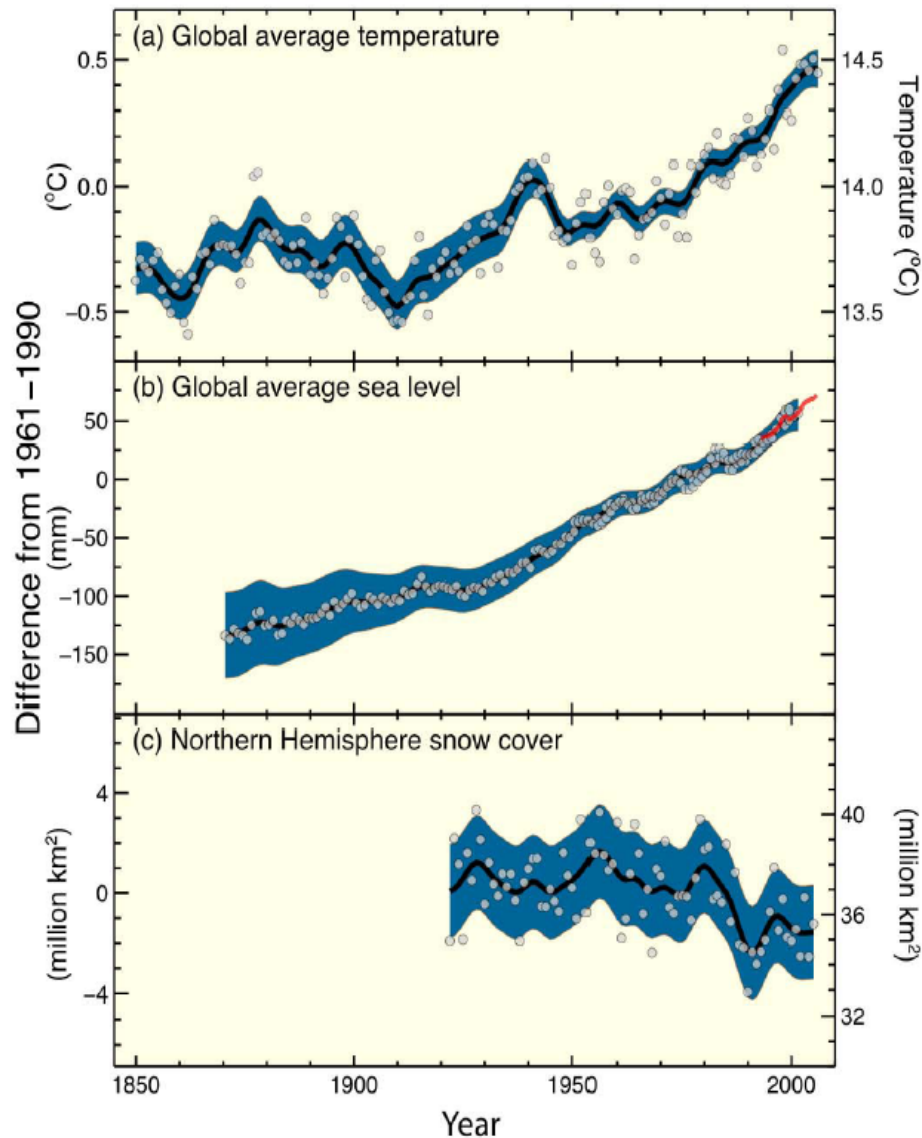
Treibhausgas-Konzentration in der Atmosphäre



Industrielle Revolution seit 1850

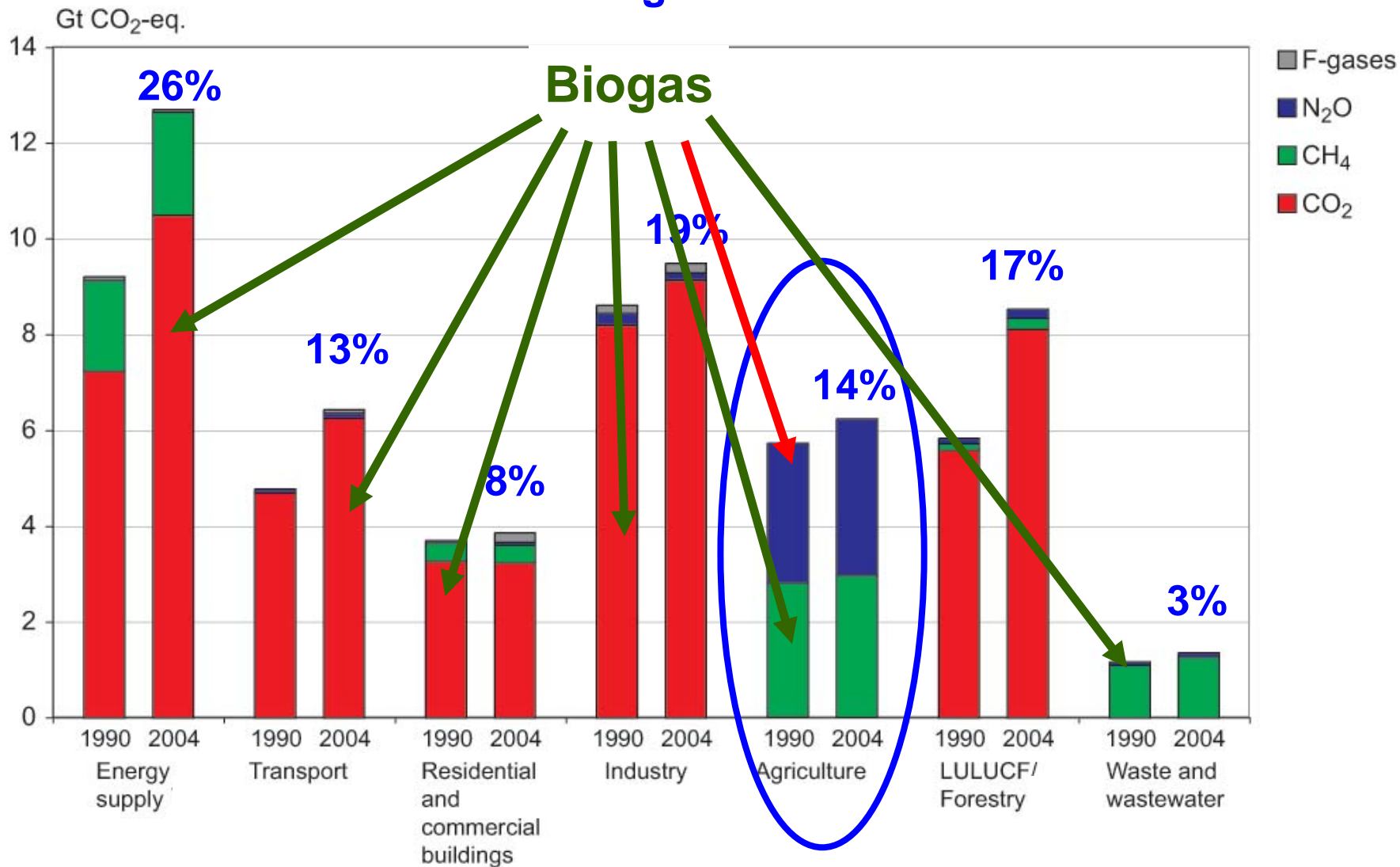
Quelle: IPCC 2007

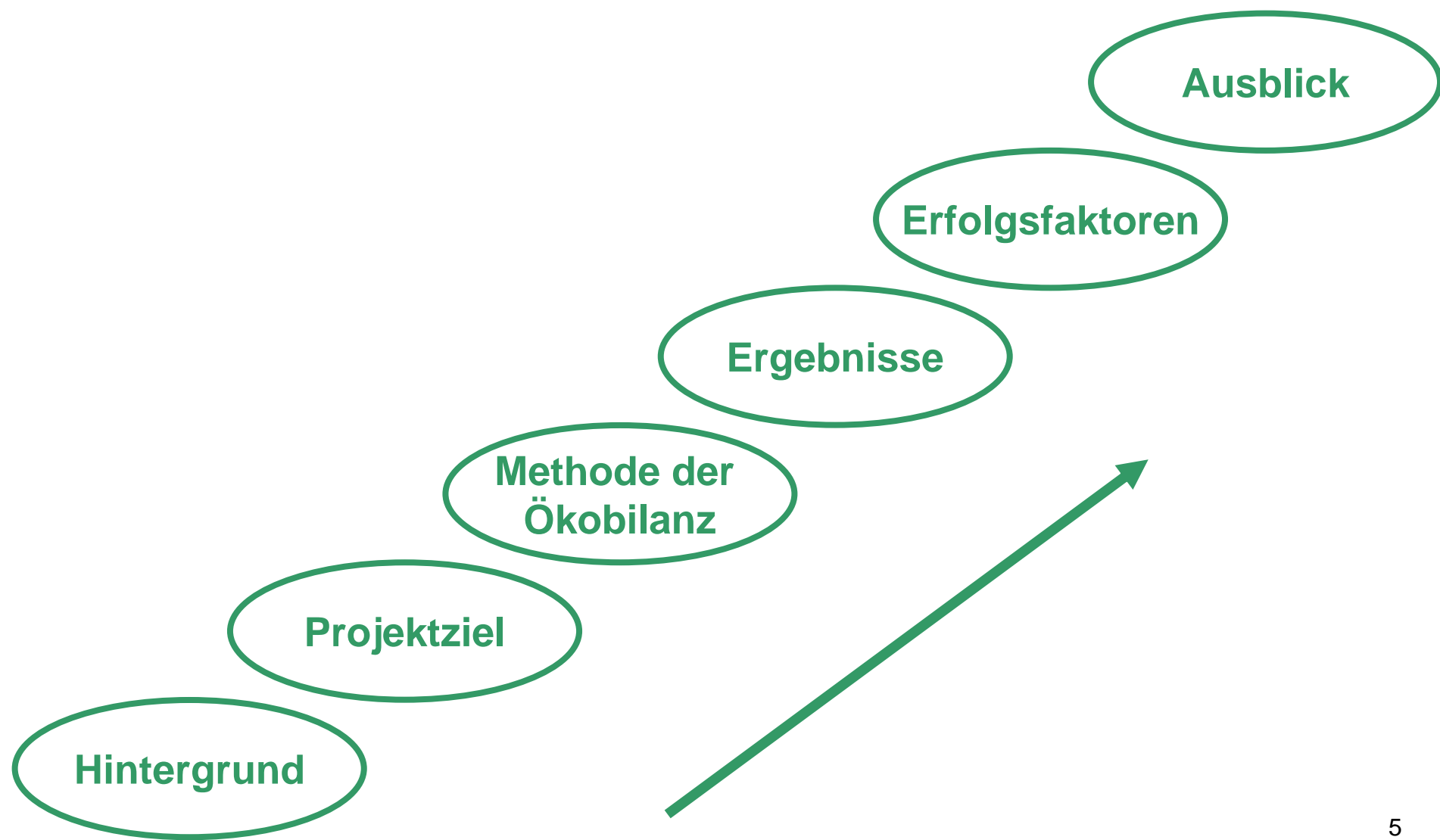
Beobachtete Klimaveränderung in der Atmosphäre



Entwicklung der weltweiten Treibhausgasemissionen

Anteil der Treibhausgas-Emissionen in 2004





Treibhausgas-Emissionen in Österreich

Table 13: Summary of Austria's anthropogenic greenhouse gas emissions by sector from 1990–2008.

| | Total | Energy | Industrial processes | Solvents | Agriculture | LULUCF | Waste |
|------|-----------|-----------|----------------------|----------|-------------|------------|----------|
| 1990 | 78 170.92 | 55 403.93 | 10 110.94 | 511.80 | 8 558.03 | -13 139.39 | 3 586.22 |
| 1991 | 82 222.52 | 59 301.11 | 10 133.05 | 465.98 | 8 747.46 | -19 185.46 | 3 574.92 |
| 1992 | 75 521.32 | 54 369.50 | 8 978.97 | 417.65 | 8 284.53 | -14 063.48 | 3 470.69 |
| 1993 | 75 506.24 | 54 782.71 | 8 829.32 | 418.48 | 8 050.63 | -17 976.46 | 3 425.09 |
| 1994 | 76 394.22 | 54 816.14 | 9 352.32 | 403.26 | 8 555.15 | -16 682.61 | 3 267.35 |
| 1995 | 79 821.72 | 57 671.32 | 9 896.87 | 422.45 | 8 718.84 | -16 124.81 | 3 112.23 |
| 1996 | 82 905.91 | 61 475.43 | 9 813.74 | 405.66 | 8 244.26 | -11 087.01 | 2 966.81 |
| 1997 | 82 489.04 | 60 555.92 | 10 450.73 | 424.37 | 8 220.97 | -20 031.57 | 2 837.04 |
| 1998 | 81 876.79 | 60 528.76 | 9 971.94 | 406.32 | 8 223.45 | -18 096.88 | 2 746.32 |
| 1999 | 80 271.46 | 59 280.18 | 9 849.23 | 392.26 | 8 098.73 | -22 559.62 | 2 651.07 |
| 2000 | 80 296.44 | 59 076.02 | 10 322.18 | 425.12 | 7 904.40 | -17 153.51 | 2 568.72 |
| 2001 | 84 532.75 | 63 566.65 | 10 174.17 | 424.82 | 7 855.62 | -19 881.80 | 2 511.49 |
| 2002 | 86 270.14 | 64 814.11 | 10 792.03 | 434.79 | 7 751.63 | -15 922.57 | 2 477.59 |
| 2003 | 91 930.97 | 70 687.24 | 10 744.18 | 428.48 | 7 543.49 | -17 374.70 | 2 527.58 |
| 2004 | 90 926.17 | 70 633.66 | 10 054.07 | 384.10 | 7 438.55 | -17 523.86 | 2 415.79 |
| 2005 | 92 915.91 | 72 182.73 | 10 627.52 | 384.65 | 7 398.79 | -17 331.51 | 2 322.22 |
| 2006 | 89 687.53 | 68 604.68 | 10 990.48 | 411.97 | 7 432.89 | -17 316.99 | 2 247.51 |
| 2007 | 86 957.35 | 65 463.08 | 11 465.65 | 387.23 | 7 497.40 | -17 387.89 | 2 143.99 |
| 2008 | 86 641.21 | 64 727.07 | 11 870.01 | 388.41 | 7 631.33 | -17 337.16 | 2 024.40 |

Total emissions without LULUCF

Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Österreich

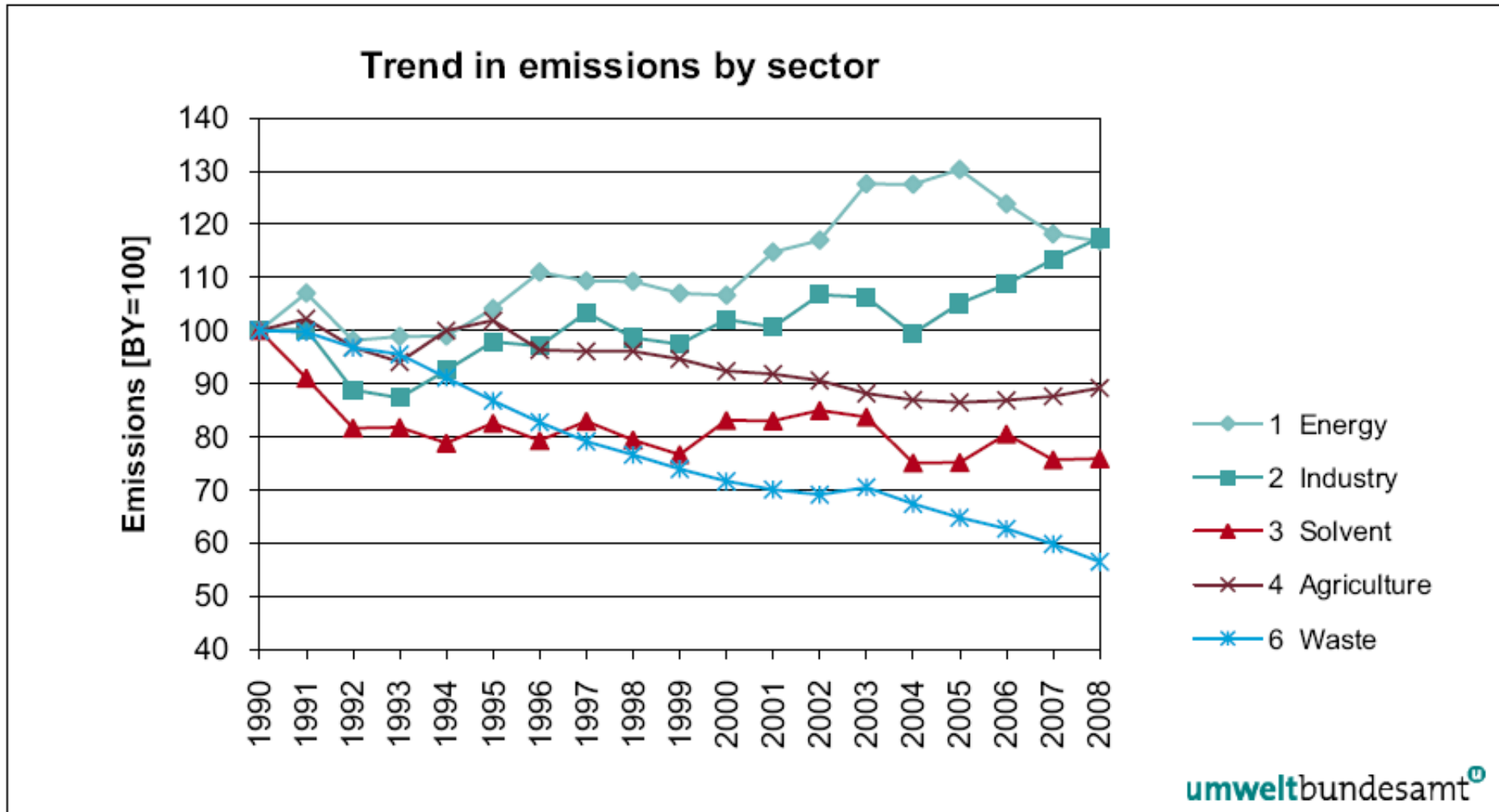


Figure 5: Trend in emissions 1990–2008 by sector in index form (base year 1990 = 100).

2.3.4 Agriculture

The overall trend in greenhouse gas emissions from agriculture shows decreasing emissions with a decrease of 10.8% from 1990 to 2008. The main drivers for this trend are decreasing livestock numbers. Fluctuations which can be seen in particular in the first half of the 1990s result from the variability of mineral fertilizer sales data related to volatility in prices; this data is used for calculating N₂O emissions from an important sub-source: agricultural soils.

From 2007 to 2008 emissions increased by 1.8% mainly due to increased fertilizer sales. Furthermore, a higher amount of N input from crop residues contributed to the increasing trend.

In 2008, emissions from agriculture amounted to 7 631 Gg CO₂ equivalent, which corresponds to 8.8% of the total national emissions.

In the Austrian greenhouse gas inventory the sector agriculture is the largest source for both N₂O and CH₄ emissions: in 2008 72% (13.2 Gg) of total N₂O emissions and 62% (169 Gg) of total CH₄ emissions in Austria originated from this sector. For N₂O this corresponds to 53% of the GHG emissions from agriculture and for methane to 47%.

In 2008 the most important sub-sectors of agriculture were enteric fermentation and agricultural soils with both contributed 42% to the total greenhouse gas emissions from the agricultural sector.



Treibhausgas-Emissionen der öster. Landwirtschaft

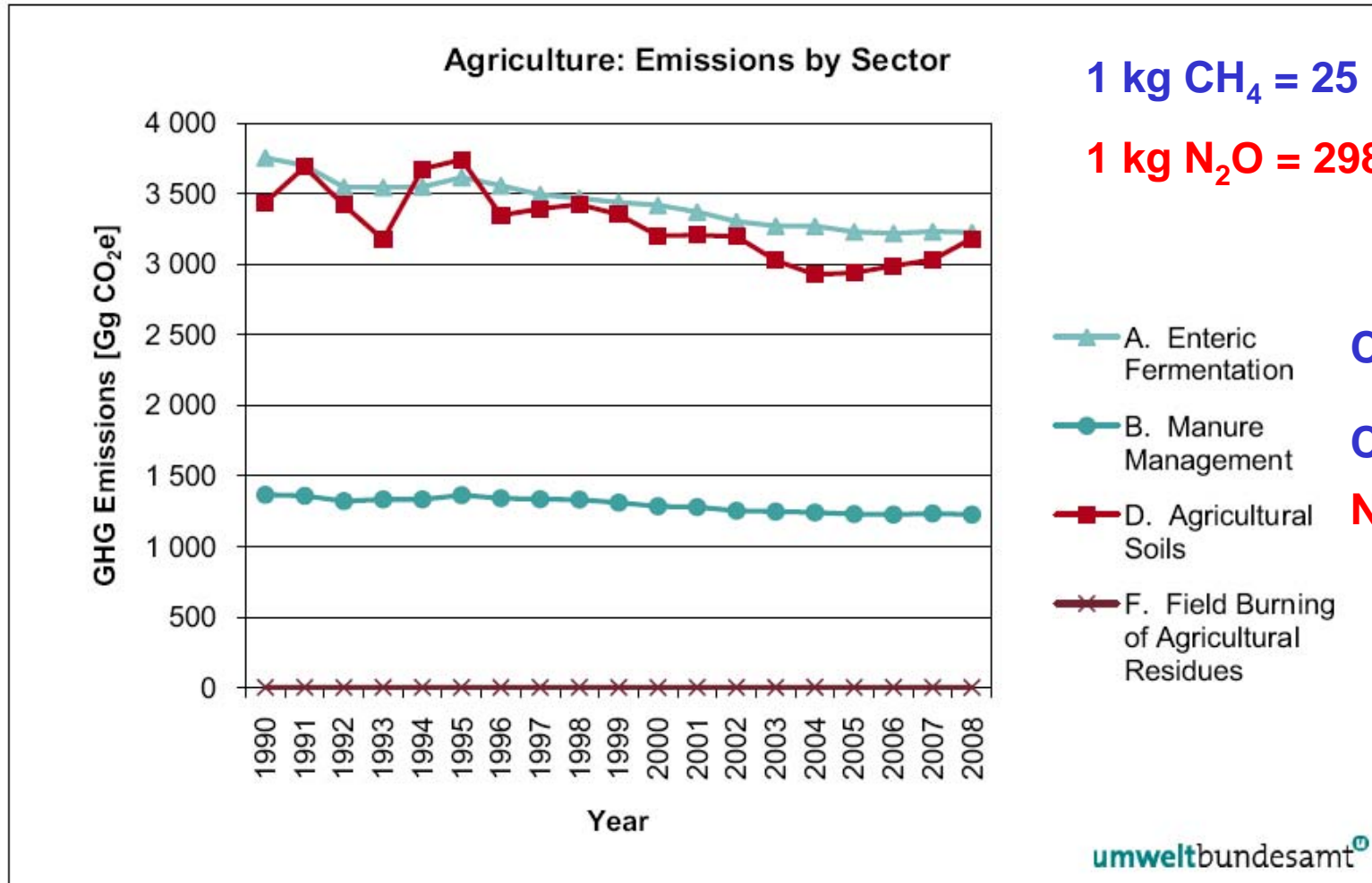


Figure 21: Emission trends of agriculture by categories.

Treibhausgas-Emissionen der öster. Landwirtschaft

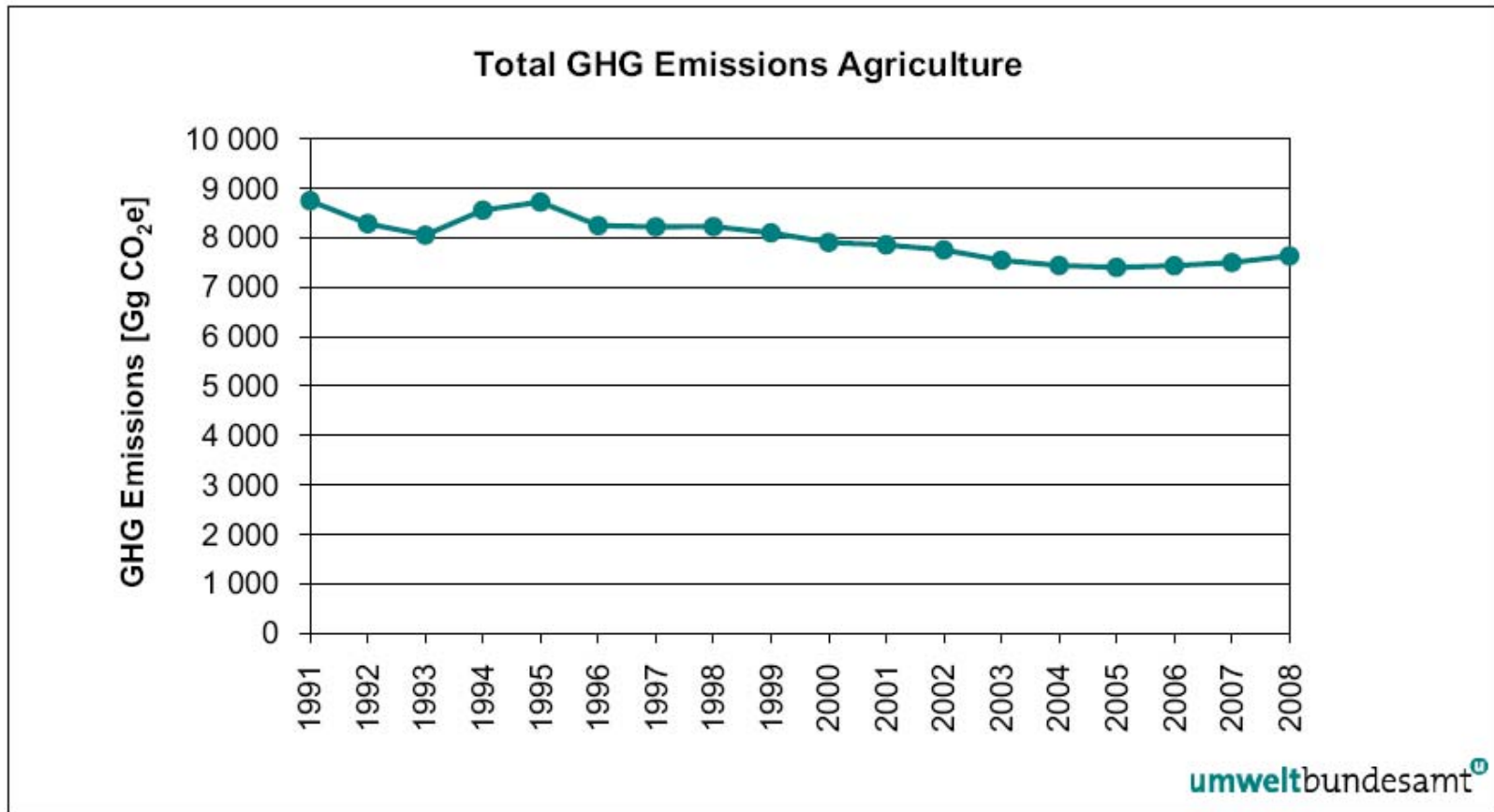


Figure 20: Trend of total GHG emissions from agriculture.

2008:

- 8.8% of total GHG emissions
- 72% of total annual N₂O-emissions
- 62% of total annual CH₄-emissions

NH₃-Emissionen in Österreich

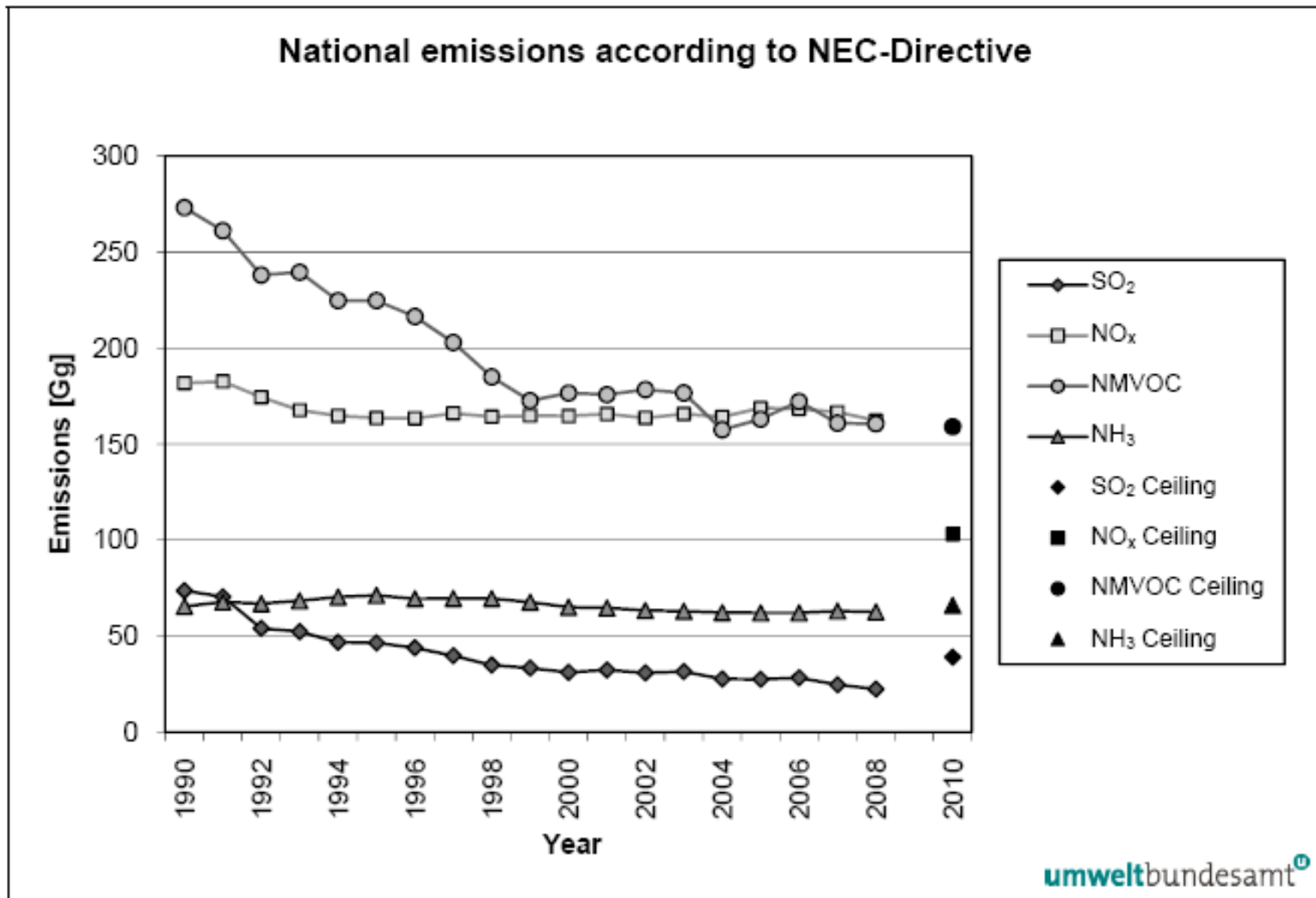


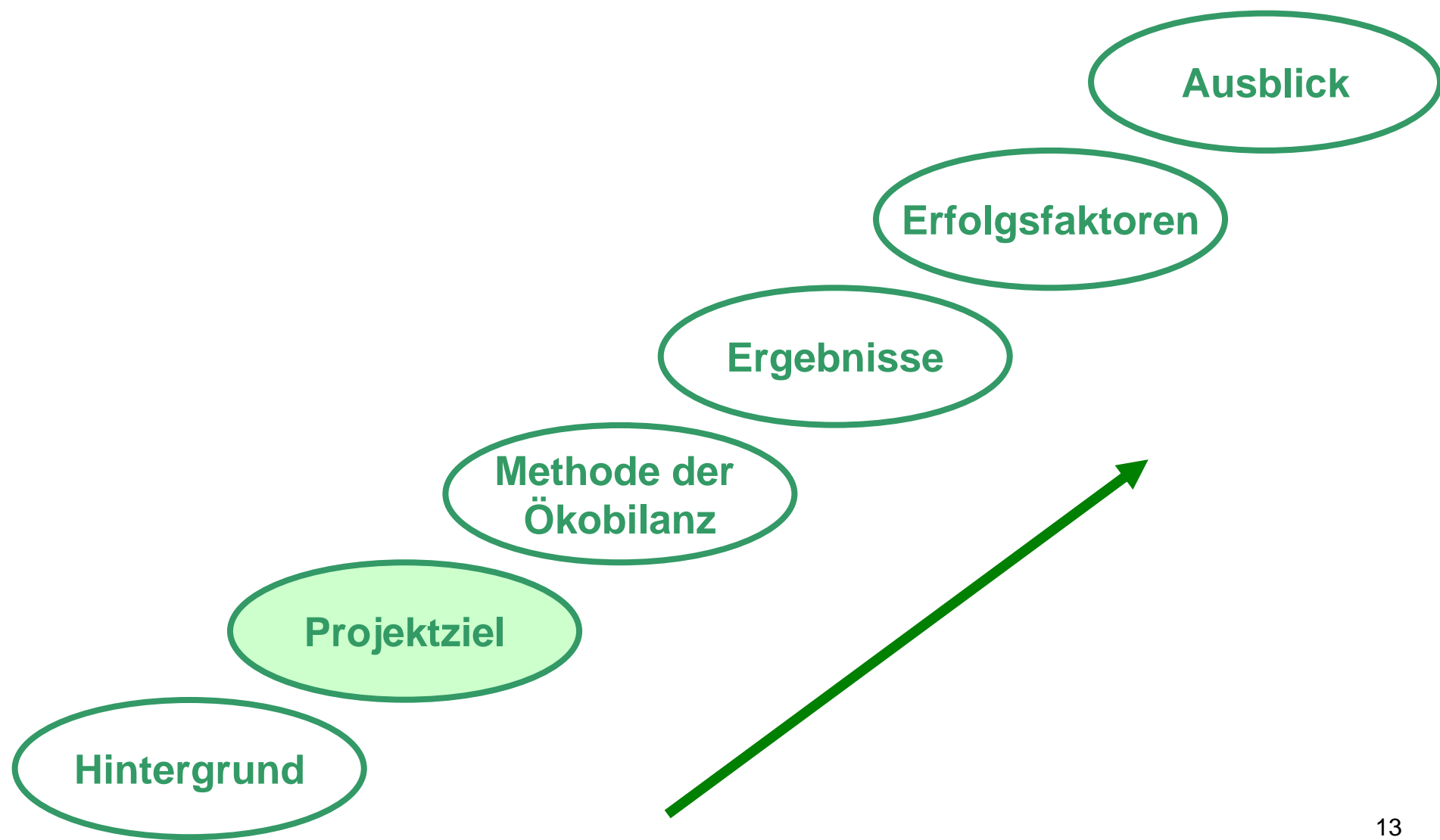
Figure 2: SO₂, NO_x, NMVOC and NH₃ emissions without 'fuel export' and NEC emission ceilings.

NH₃-Emissionen in Österreich nach Sektoren

Table A.I-4: NH₃ [Gg] 1990–2008.

| | NFR-Sectors according to LRTAP reporting | | | | | | | | | | International Bunkers |
|------|--|----------------------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------|------------------------------|-------|-------|----------------|-----------------------|
| | 1 | 1 A | 1 B | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | NATIONAL TOTAL | |
| | ENERGY | FUEL COMBUSTION ACTIVITIES | FUGITIVE EMISSIONS FROM FUELS | INDUSTRIAL PROCESSES | SOLVENT AND OTHER PRODUCT USE | AGRICULTURE | LAND USE CHANGE AND FORESTRY | WASTE | OTHER | | |
| 1990 | 4.03 | 4.03 | IE | 0.27 | NA | 60.80 | NE | 0.36 | NO | 65.46 | 0.00 |
| 1991 | 5.68 | 5.68 | IE | 0.51 | NA | 61.59 | NE | 0.37 | NO | 68.15 | 0.00 |
| 1992 | 6.50 | 6.50 | IE | 0.37 | NA | 59.69 | NE | 0.42 | NO | 66.99 | 0.00 |
| 1993 | 7.34 | 7.34 | IE | 0.22 | NA | 60.23 | NE | 0.50 | NO | 68.29 | 0.00 |
| 1994 | 7.99 | 7.99 | IE | 0.17 | NA | 61.16 | NE | 0.57 | NO | 69.88 | 0.00 |
| 1995 | 7.82 | 7.82 | IE | 0.10 | NA | 62.14 | NE | 0.58 | NO | 70.64 | 0.00 |
| 1996 | 7.34 | 7.34 | IE | 0.10 | NA | 60.51 | NE | 0.60 | NO | 68.55 | 0.00 |
| 1997 | 6.83 | 6.83 | IE | 0.10 | NA | 61.16 | NE | 0.59 | NO | 68.68 | 0.00 |
| 1998 | 6.88 | 6.88 | IE | 0.10 | NA | 61.53 | NE | 0.60 | NO | 69.12 | 0.00 |
| 1999 | 6.21 | 6.21 | IE | 0.12 | NA | 60.06 | NE | 0.64 | NO | 67.02 | 0.00 |
| 2000 | 5.68 | 5.68 | IE | 0.10 | NA | 58.15 | NE | 0.66 | NO | 64.59 | 0.00 |
| 2001 | 5.52 | 5.52 | IE | 0.08 | NA | 58.13 | NE | 0.74 | NO | 64.46 | 0.00 |
| 2002 | 5.41 | 5.41 | IE | 0.06 | NA | 57.37 | NE | 0.81 | NO | 63.66 | 0.00 |
| 2003 | 5.20 | 5.20 | IE | 0.08 | NA | 57.38 | NE | 0.88 | NO | 63.54 | 0.00 |
| 2004 | 4.71 | 4.71 | IE | 0.06 | NA | 56.87 | NE | 1.17 | NO | 62.80 | 0.00 |
| 2005 | 4.41 | 4.41 | IE | 0.07 | NA | 56.87 | NE | 1.29 | NO | 62.63 | 0.00 |
| 2006 | 3.93 | 3.93 | IE | 0.07 | NA | 57.23 | NE | 1.35 | NO | 62.59 | 0.00 |
| 2007 | 3.63 | 3.63 | IE | 0.08 | NA | 58.40 | NE | 1.40 | NO | 63.51 | 0.00 |
| 2008 | 3.28 | 3.28 | IE | 0.08 | NA | 58.05 | NE | 1.41 | NO | 62.83 | 0.00 |

2008: Agriculture: 92% of total NH₃-emissions

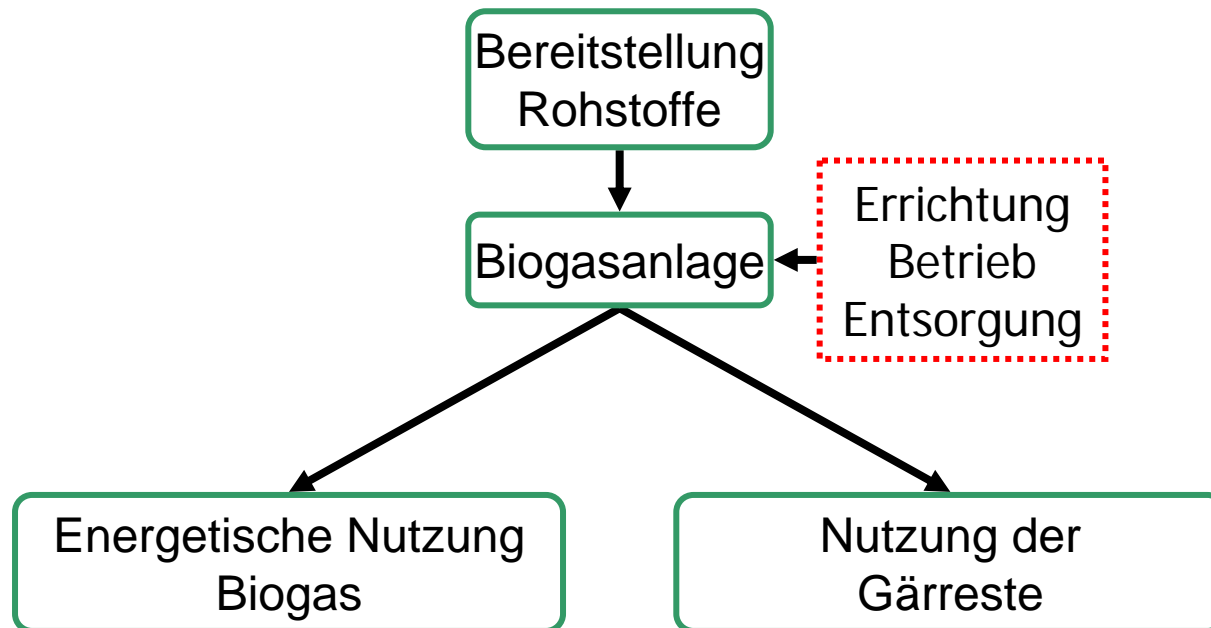


Aufgabenstellung

Untersuchung der ökologischen Auswirkungen von Biogas

- aus unterschiedlichen Rohstoffen
- anhand von ausgewählten Biogasanlagen

Methode der Lebenszyklusanalyse



1) Vergleich mit Situation vor Errichtung der Biogasanlage (wurde erhoben):

- Strom aus dem Netz
- Wärme aus Holz, Heizöl oder anderem
- Transportdienstleistung mit Erdgas

2) Vergleich mit fossilem Mix:

- Strom aus Erdgas
- Wärme aus Heizöl
- Transportdienstleistung mit Erdgas

3) Vergleich mit erneuerbarem Mix (Neubau):

- Wärme aus 50% Hackgut und 50% Pellet
- Strom aus 80% Windkraft, 15% Wasserkraft, 5% Photovoltaik
- Transport mit Biodiesel bzw. Bioethanol

1) Treibhauseffekt in CO₂-Äquivalent

- Kohlendioxid (CO₂)
- Methan (CH₄)
- Lachgas (N₂O)

2) Versauerung in SO₂-Äquivalent

- Schwefeldioxid (SO₂)
- Stickstoffoxid (NO_x)

3) Bodennahe Ozonbildung in C₂H₄-Äquivalent

- Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMVOC)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Stickstoffoxid (NO_x)
- Methan (CH₄)

4) Partikel: Staub / PM10

5) Fossiler Primärenergiebedarf

■ Treibhauseffekt in CO₂-Äquivalent

- Kohlendioxid (CO₂)
- Methan (CH₄)
- Lachgas (N₂O)

| | CO ₂ - Äquivalent |
|------------------|------------------------------|
| CO ₂ | 1 |
| CH ₄ | 25 |
| N ₂ O | 298 |

■ Versauerung in SO₂-Äquivalent

- Schwefeldioxid (SO₂)
- Stickstoffoxid (NO_x)
- Ammoniak (NH₃)

| | SO ₂ - Äquivalent |
|-----------------|------------------------------|
| SO ₂ | 1 |
| NO _x | 0,7 |
| NH ₃ | 3,8 |

■ Bodennahe Ozonbildung in C₂H₄-Äquivalent

- Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe (NMVOC)
- Kohlenmonoxid (CO)
- Stickstoffoxid (NO_x)
- Methan (CH₄)

| | C ₂ H ₄ - Äquivalent |
|-----------------|--|
| NMVOC | 1 |
| CO | 0,1 |
| NO _x | 1,2 |
| CH ₄ | 0,014 |

Veränderung der Umweltwirkungen durch Biogas

| Veränderung der Umweltauswirkung | reales Referenzsystem | | fossiles Referenzsystem | | erneuerbares Referenzsystem | |
|----------------------------------|-----------------------|--------|-------------------------|--------|-----------------------------|--------|
| | Min | Max | Min | Max | Min | Max |
| Treibhauseffekt | 20% | 2.270% | 140% | 6.810% | -80% | 550% |
| Versauerung | -90% | -60% | -90% | -50% | -90% | -70% |
| Bodennahe Ozonbildung | -80% | 40% | -50% | -9% | -80% | 70% |
| Staub | -10% | 1.890% | -80% | -50% | 190% | 1.900% |
| Fossiler Primärenergiebedarf | 90% | 780% | 520% | 2.170% | -90% | 140% |

positiver Wert: Erhöhung im Vergleich zu Biogassystemen

negativer Wert: Reduktion im Vergleich zu Biogassystemen

- **Diskussion und Rückmeldungen zu**
 - ausgewählten Anlagen
 - getroffenen Annahmen
 - vorläufigen Endergebnissen

- **Einbezug in die Projektarbeit:**
 - Juli – September 2009: schriftliche Umfrage zur Anlagenauswahl
 - Jänner 2010: Diskussion der vorläufigen Endergebnisse und getroffenen Annahmen

- **Nutzen für das Projekt:**
 - Absicherung von Annahmen
 - Erste „breitere“ Fachdiskussion
 - Berücksichtigung von weiteren Aspekten

- **Etwa 16 Experten aus Energiewirtschaft, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft und Forschung sowie Anlagenbetreiber,**

Die 6 ausgewählten Biogasanlagen (I)

■ Auswahlkriterien

- Verfügbarkeit von Daten aus dem Anlagenbetrieb
- Repräsentativität der Anlagenauswahl für die österreichische Biogasbranche

■ Rohstoffe

- Reststoffe: Küchen-, Speise-, Obst- und Gemüseabfall, Biomüll, Grasabfall, verdorbenes Saatgut, Lederspäne, Rückstände Fettabscheider, Flotatschlamm, Stärkeschlamm, Speiseöl, Molkereiabfall u. -ausschussware, Rübenschnitt
- Energiepflanzen: Mais (GPS)* , Mais (CCM)** , Maiskornsilage, Mais-Sonnenblumen-Gemisch, Grassilage, Kleesilage, Grünschnittgetreide, Wiesen gras

* GPS: Ganzpflanzensilage

** CCM: Corn Cob Mix

Die 6 ausgewählten Biogasanlagen (II)

■ Rohstoffe

| | |
|---|---|
| Nur Reststoffe | 1 |
| Nur Energiepflanzen | 2 |
| Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger | 1 |
| Energiepflanzen, Wirtschaftsdünger + Reststoffe | 2 |

■ Biogasnutzung

| | |
|-------------------------|---|
| Strom, Wärme | 5 |
| Strom, Wärme, Biomethan | 1 |

■ Elektrische Leistung

| | |
|--------------|---|
| 100 – 250 kW | 2 |
| 251 – 500 kW | 1 |
| > 500 kW | 3 |

Die 6 ausgewählten Biogasanlagen (III)

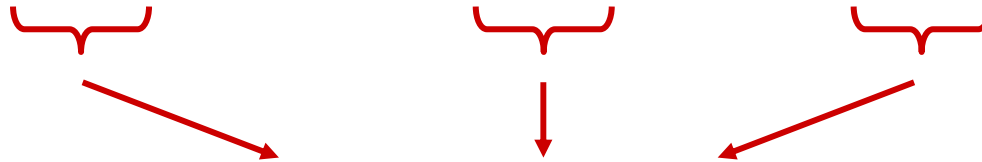
Die Anlagen unterscheiden sich in

- Rohstoffzusammensetzung
- Anlagengröße
- Produkte:
 - Erzeugte Strommenge
 - Genutzte Wärmemenge
 - Verhältnis Strom : Wärme
 - 1 Anlage erzeugt Biomethan



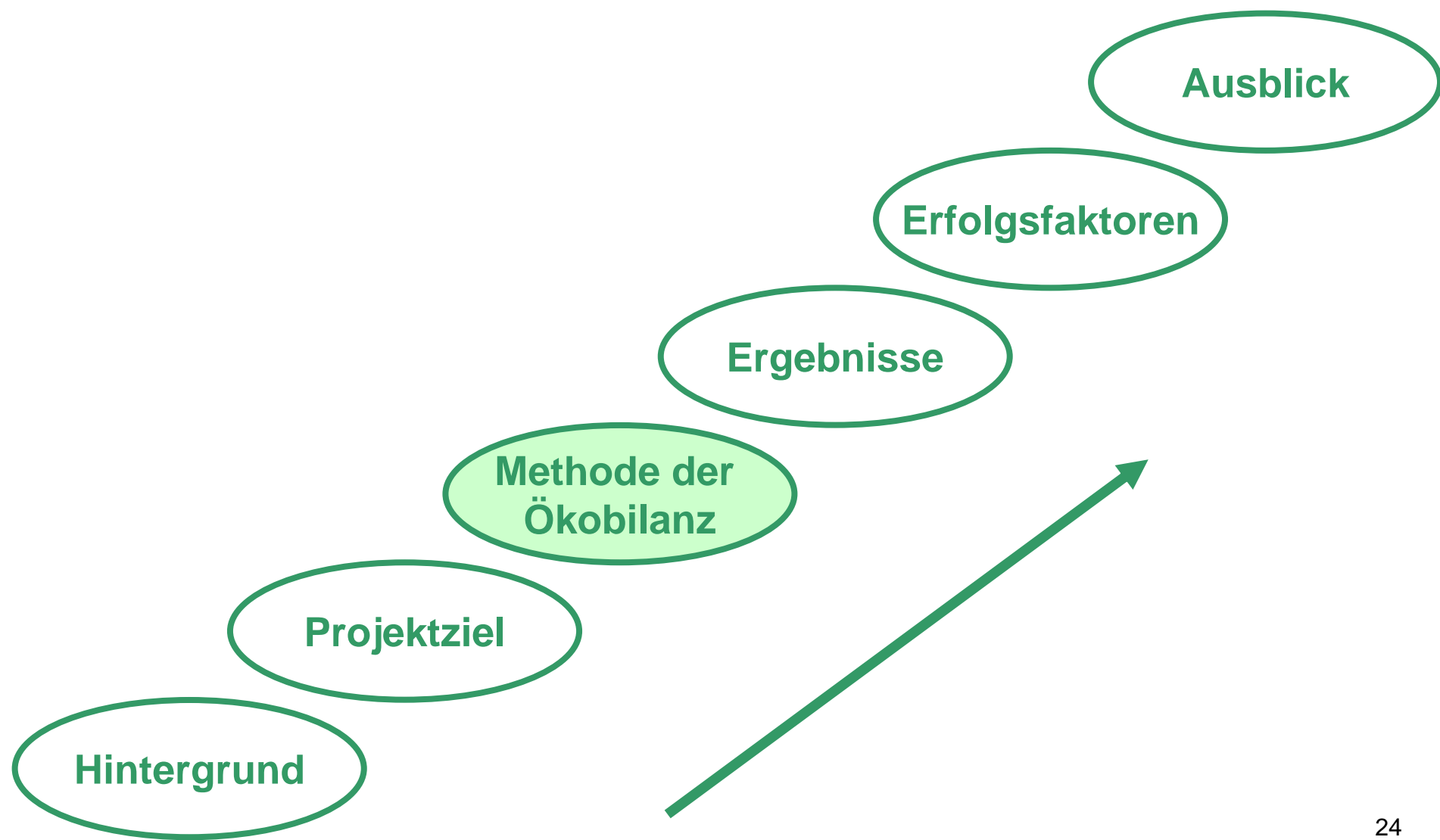
Vergleichbarkeit der Anlagen nur bedingt gegeben

Biogas 2_25% Nawaros + 31% Gülle + 44% Reststoffe



Anteil an Gesamtrohstoffinput [t/a FM]

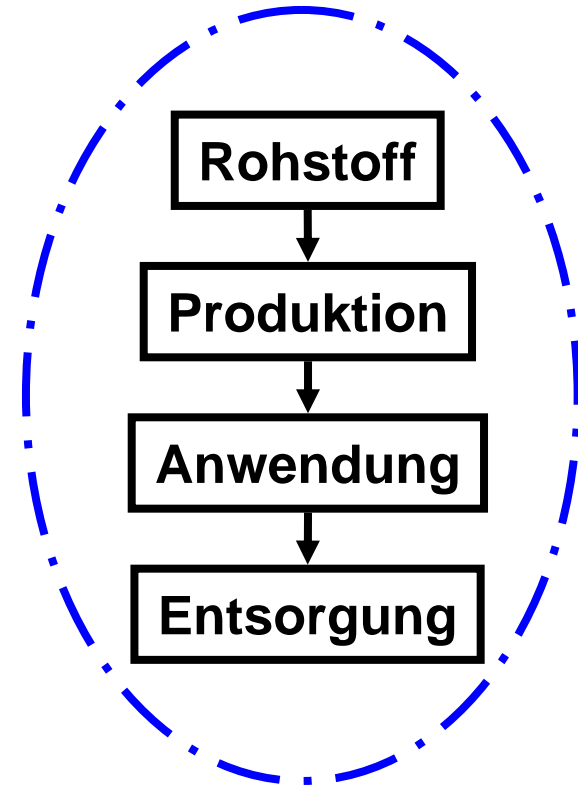
- **Biogas 1_100% Reststoffe**
- **Biogas 2_25% Nawaros + 31% Gülle +44% Reststoffe**
- **Biogas 3_52% Nawaros + 39% Gülle + 9% Reststoffe**
- **Biogas 4_100% Nawaros**
- **Biogas 5_100% Nawaros**
- **Biogas 6_27% Nawaros + 43% Gülle + 30% Reststoffe**



Eine „Ökobilanz bzw. Lebenszyklusanalyse“

ist eine Methode zur Abschätzung der Stoff- und Energieflüsse eines Produktes (z.B. Transportdienstleistung mit Biogas) zur Berechnung der Umweltauswirkungen im Verlauf des Lebensweges eines Produktes

d.h. „von der Wiege bis zur Bahre“.

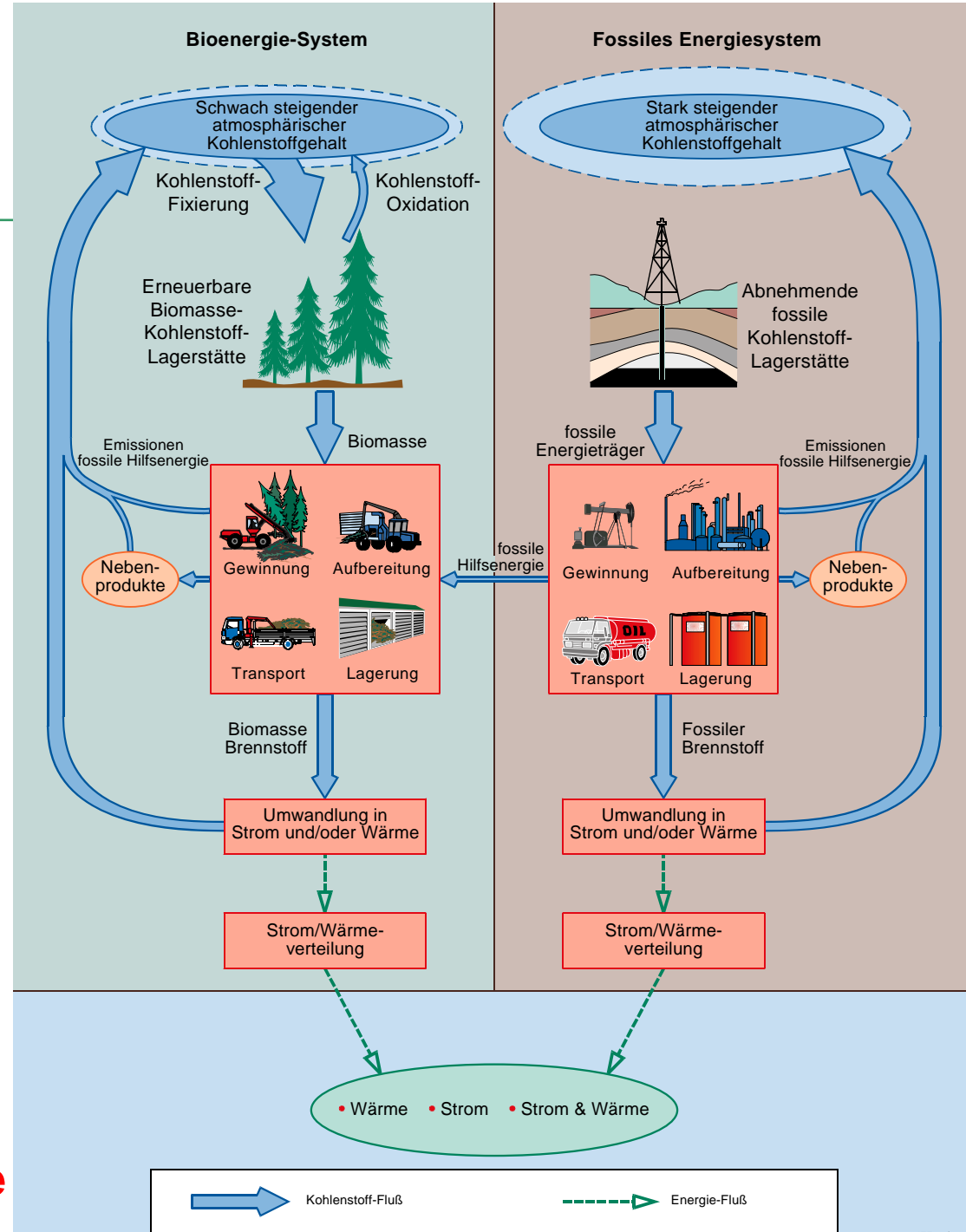


Lebenszyklusanalyse

- ISO 14040 „Ökobilanz“
- Standard Methodology von IEA Task 38 „Greenhouse Gas Balances of Bioenergy Systems“
- Empfehlungen von COST Action E31 „Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products“
- JRC/CONCAWE/EUCAR: *Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*
- Renewable Energy Directive

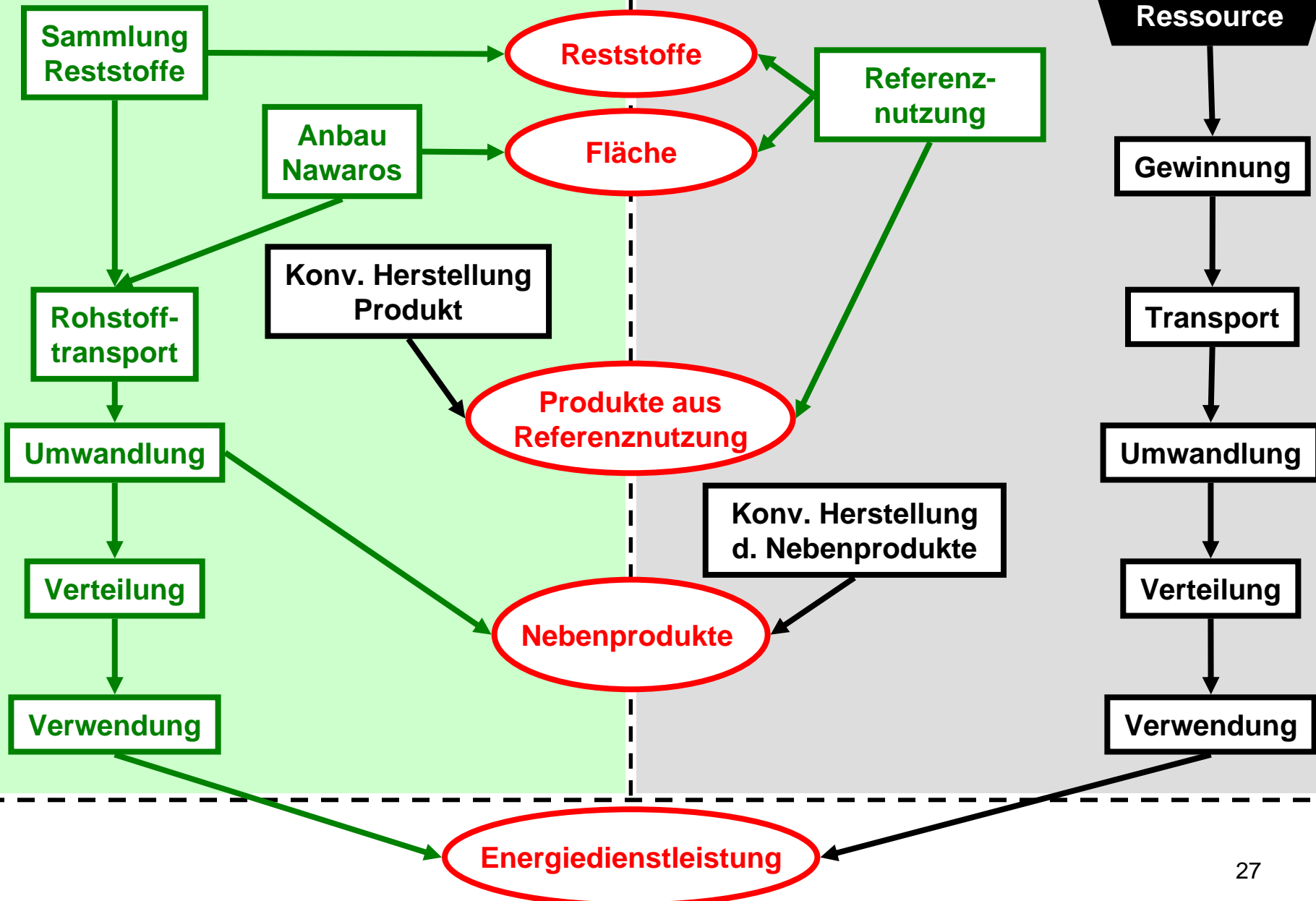
Es gibt

Einheitliche international anerkannte Methode



Bioenergiesystem

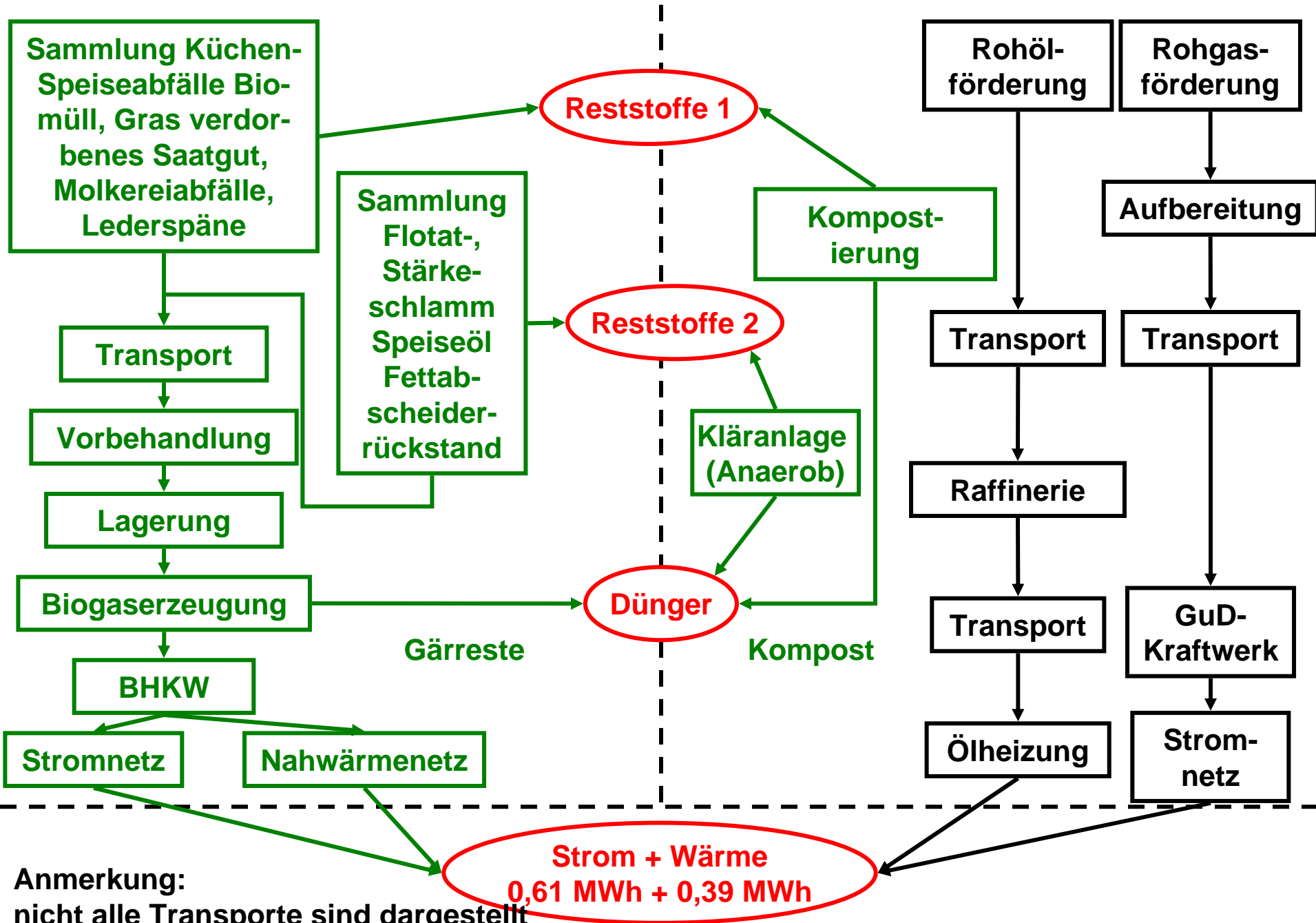
Referenzsystem mit fossiler Energie



Systemgrenzen – 2 Beispiele

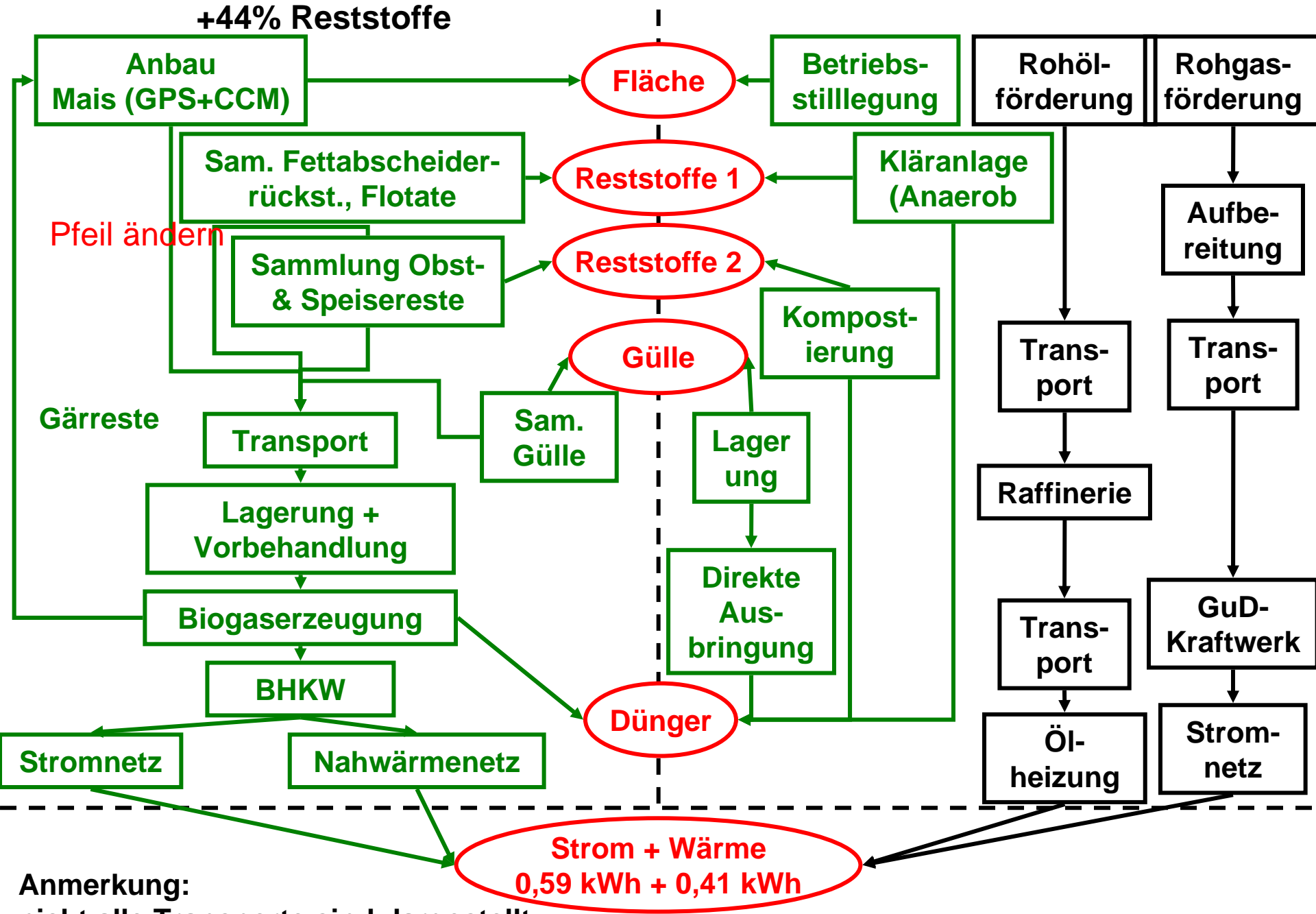
Biogas 1_100% Reststoffe

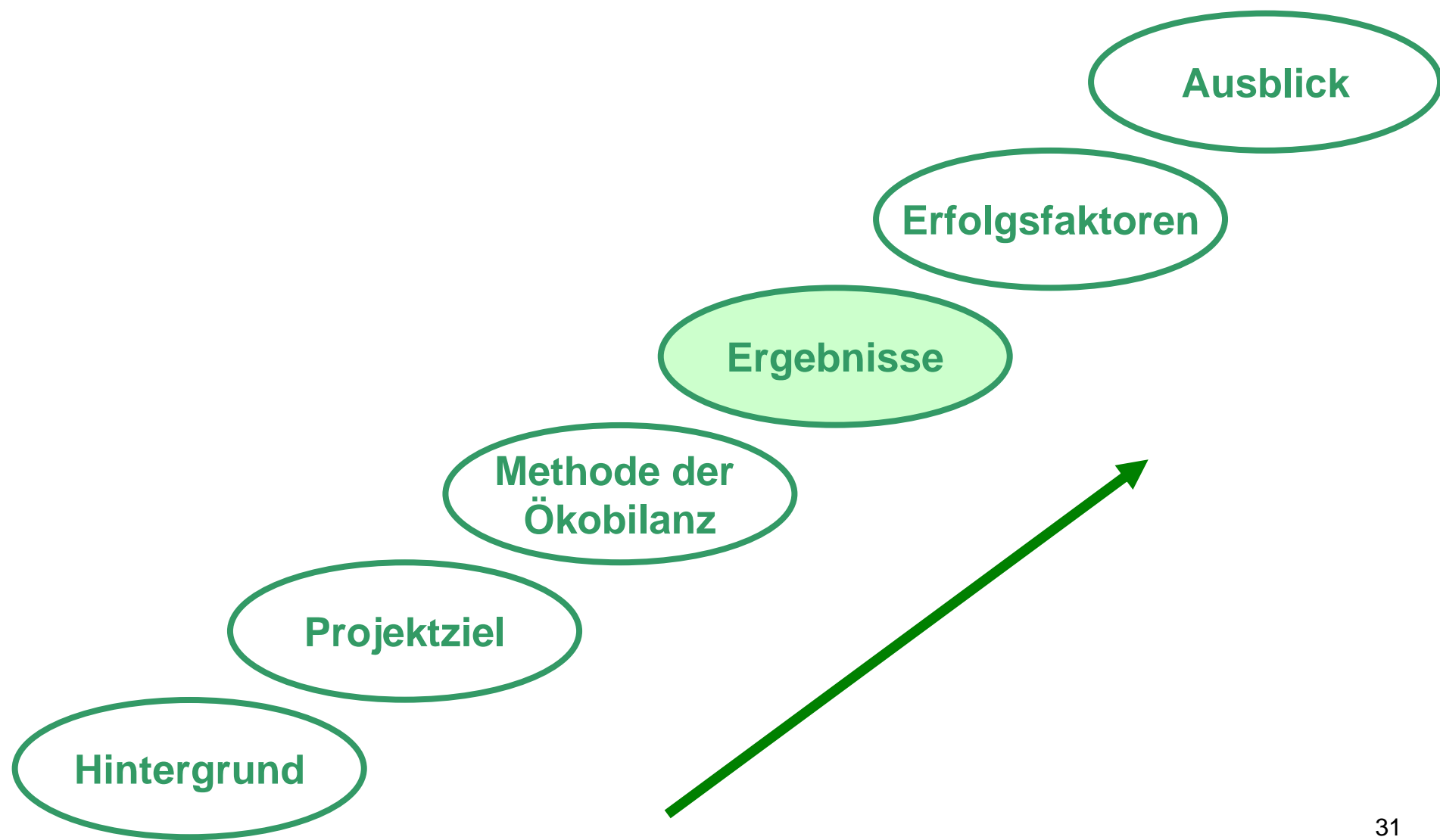
Referenzsystem: Fossiler Mix



Biogas 2_25% Nawaros + 31% Gülle +44% Reststoffe

Referenzsystem: Fossiler Mix

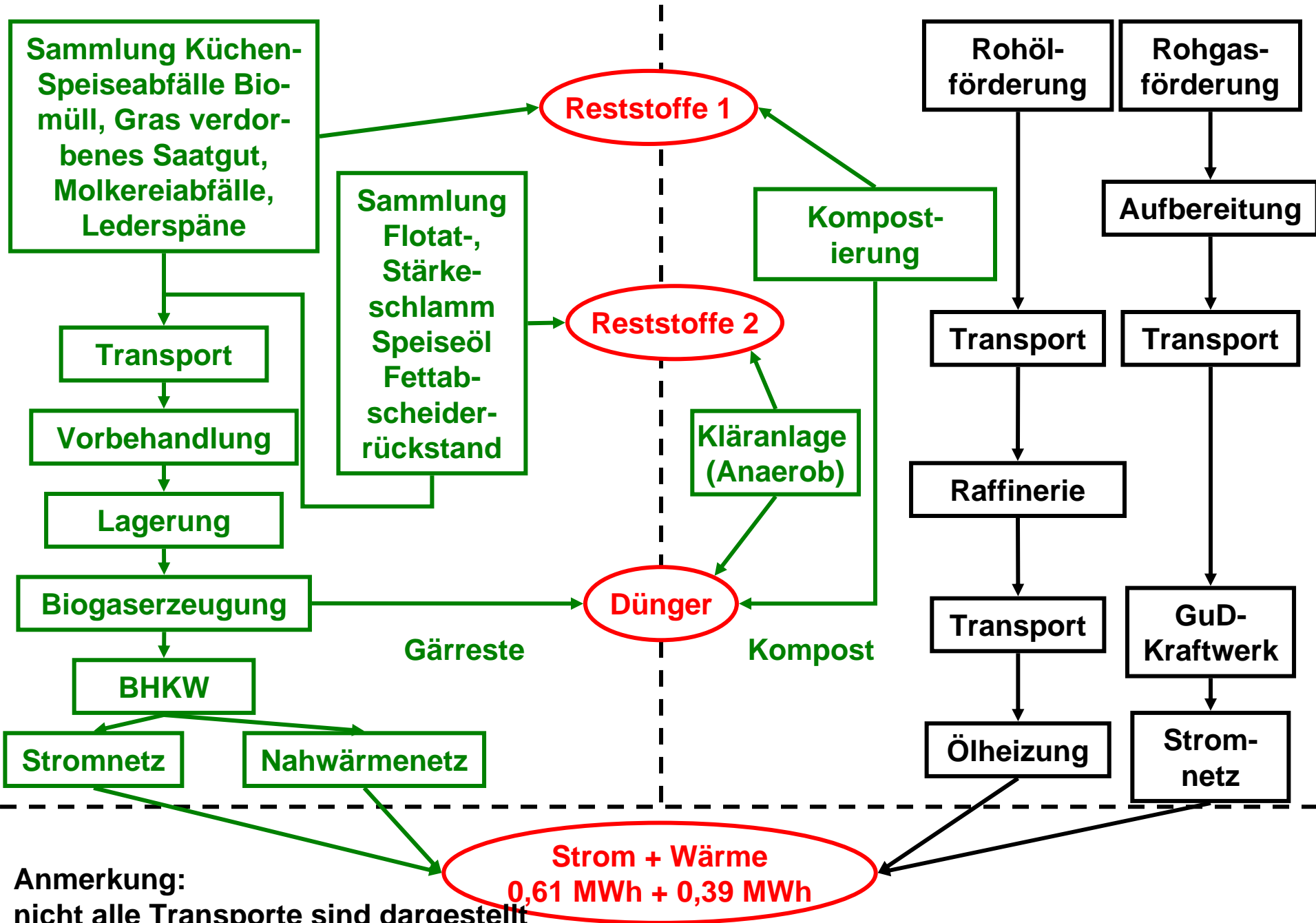




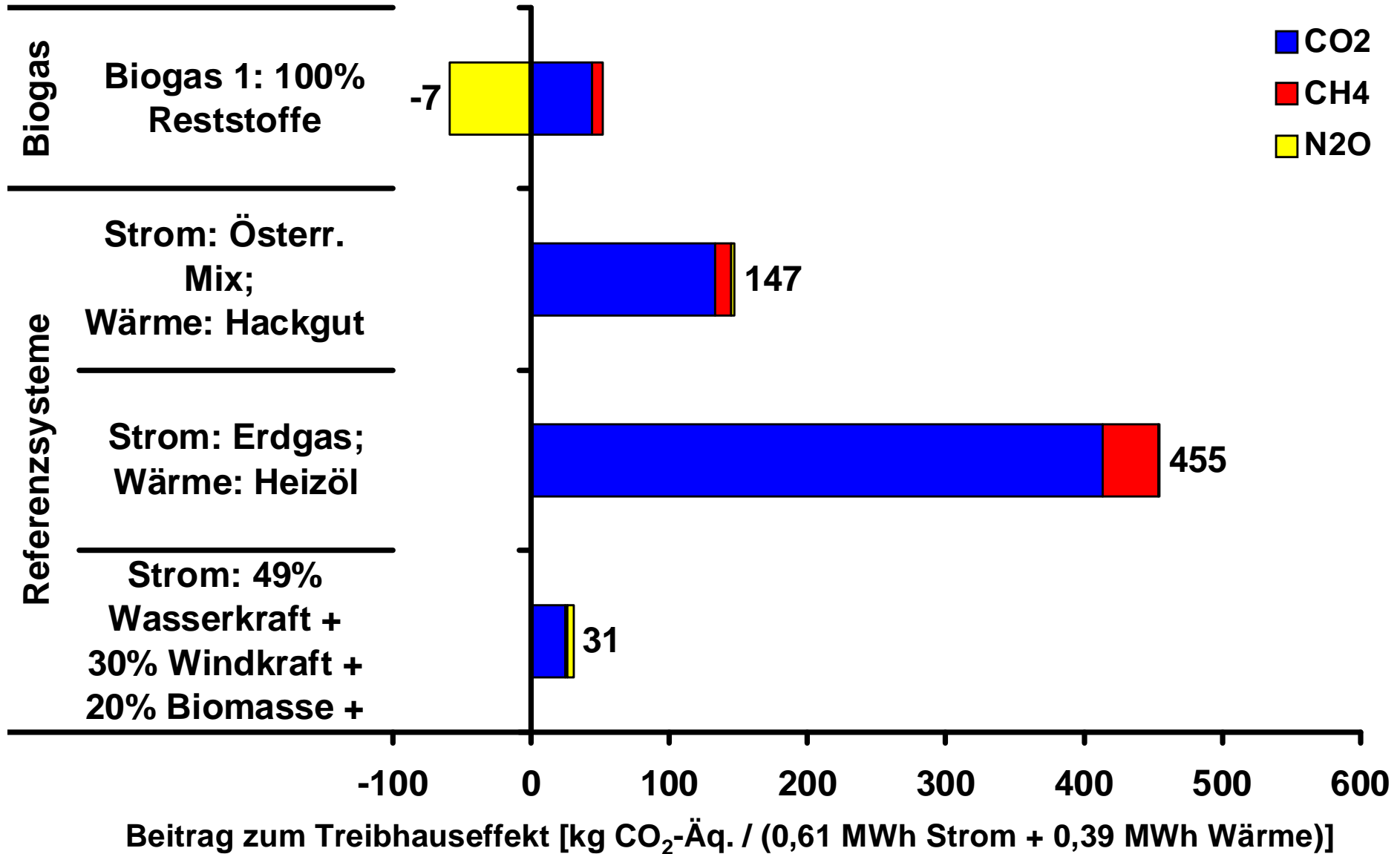
Biogas 1: 100% Reststoffe

Biogas 1_100% Reststoffe

Referenzsystem: Fossiler Mix



Beitrag zum Treibhauseffekt



Beitrag zum Treibhauseffekt

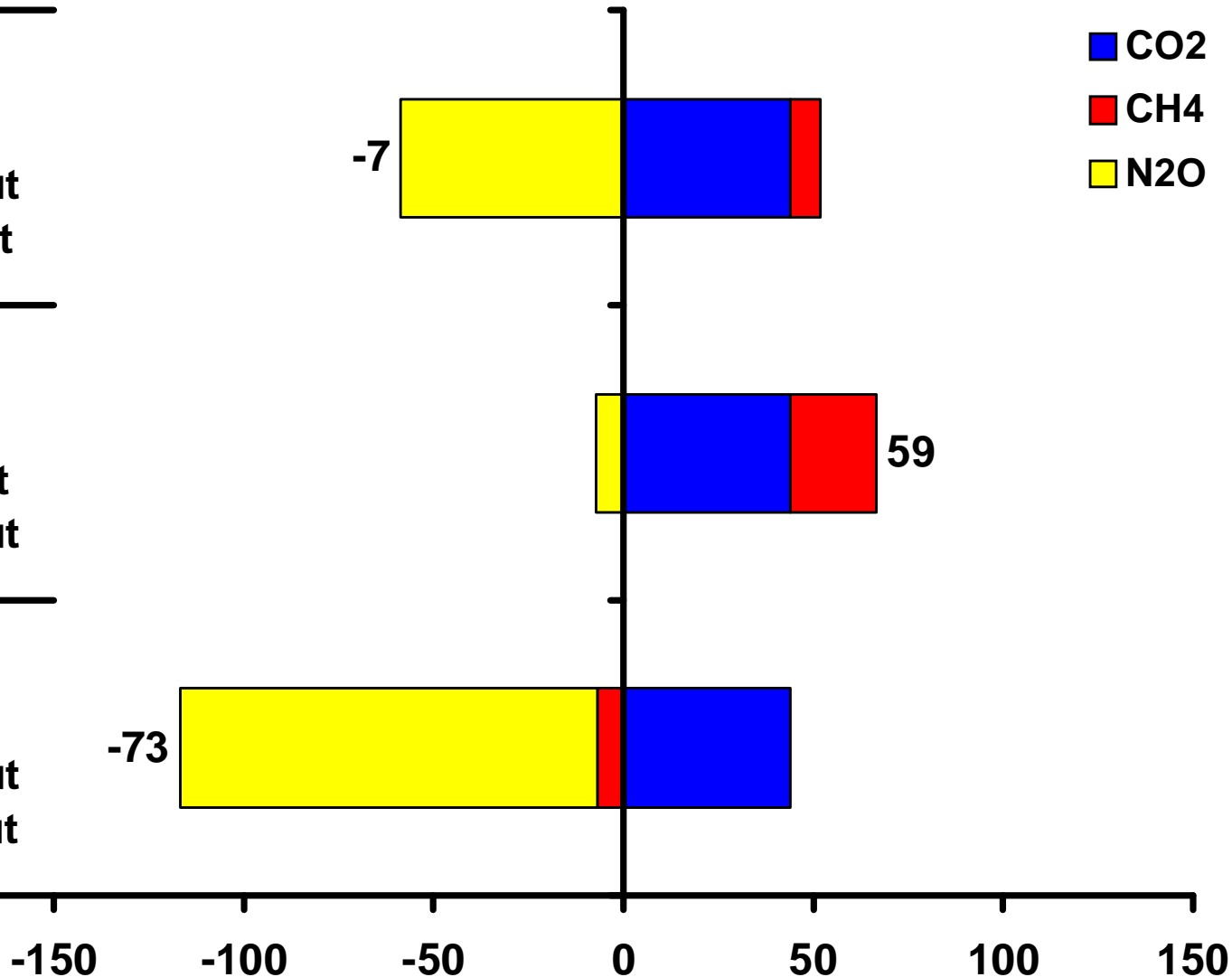
Sensitivitätsanalyse: Kompostierung

Biogas 1: 100% Reststoffe

**Kompostierung
Durchschnitt**
100 g N₂O / t Input
525 g CH₄ / t Input

**Kompostierung
Nieder**
20 g N₂O / t Input
250 g CH₄ / t Input

**Kompostierung
Hoch**
180 g N₂O / t Input
800 g CH₄ / t Input

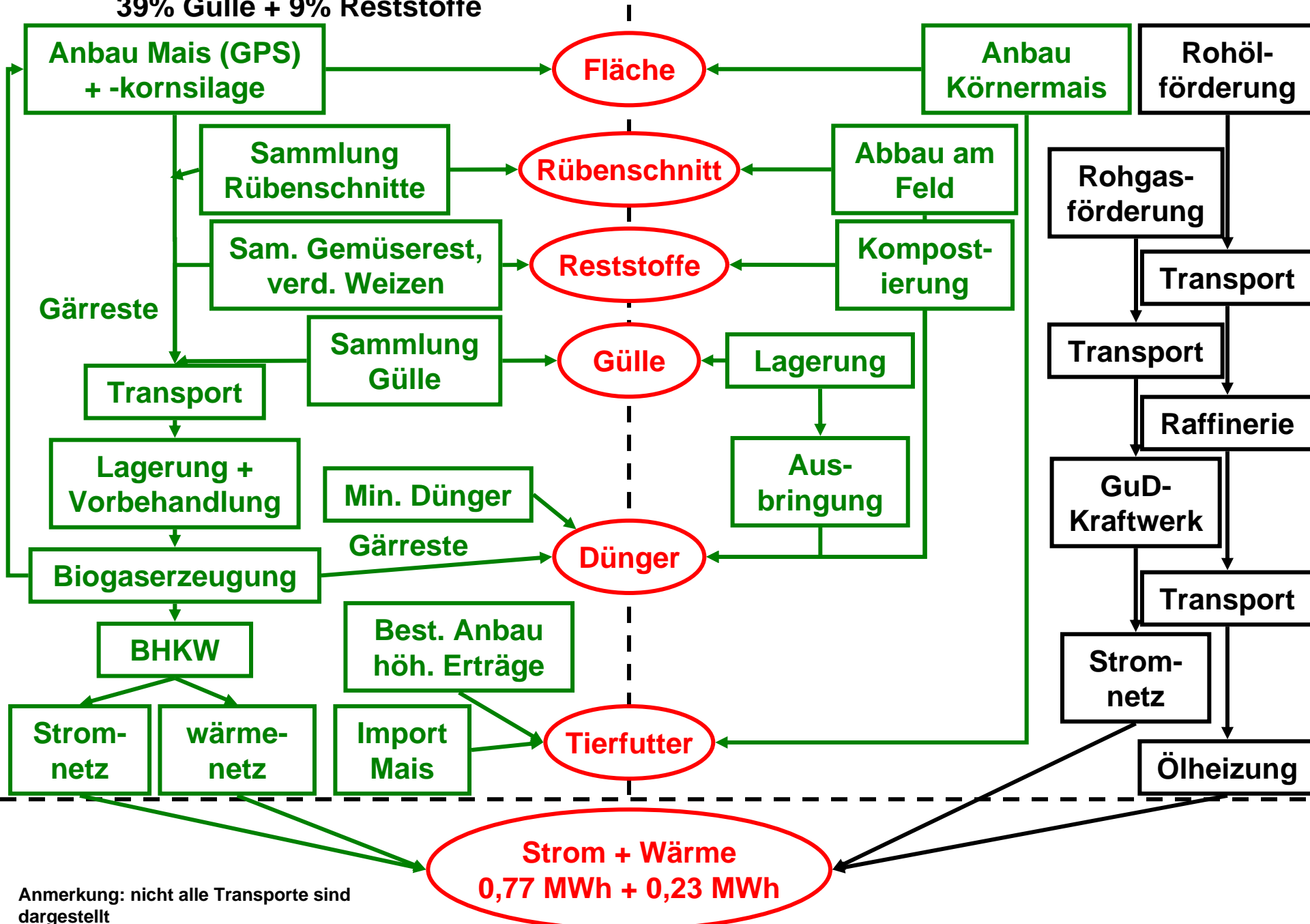


Beitrag zum Treibhauseffekt [kg CO₂-Äq. / (0,61 MWh Strom + 0,39 MWh Wärme)]

**Biogas 3: 52% Nawaros + 39% Gülle +
9% Reststoffe**

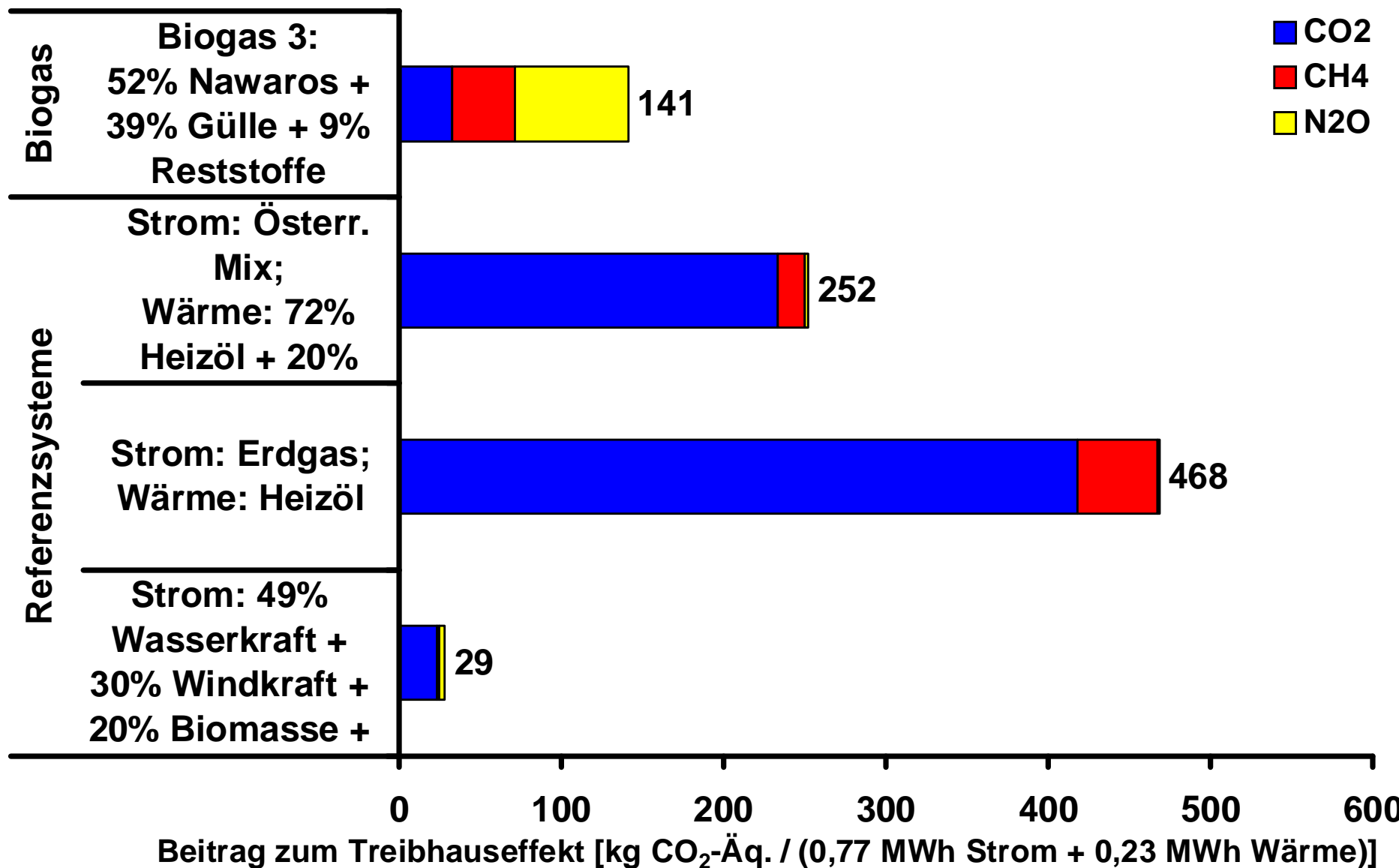
Biogas 3: 52% Nawaros + 39% Gülle + 9% Reststoffe

Strom: Erdgas; Wärme: Heizöl



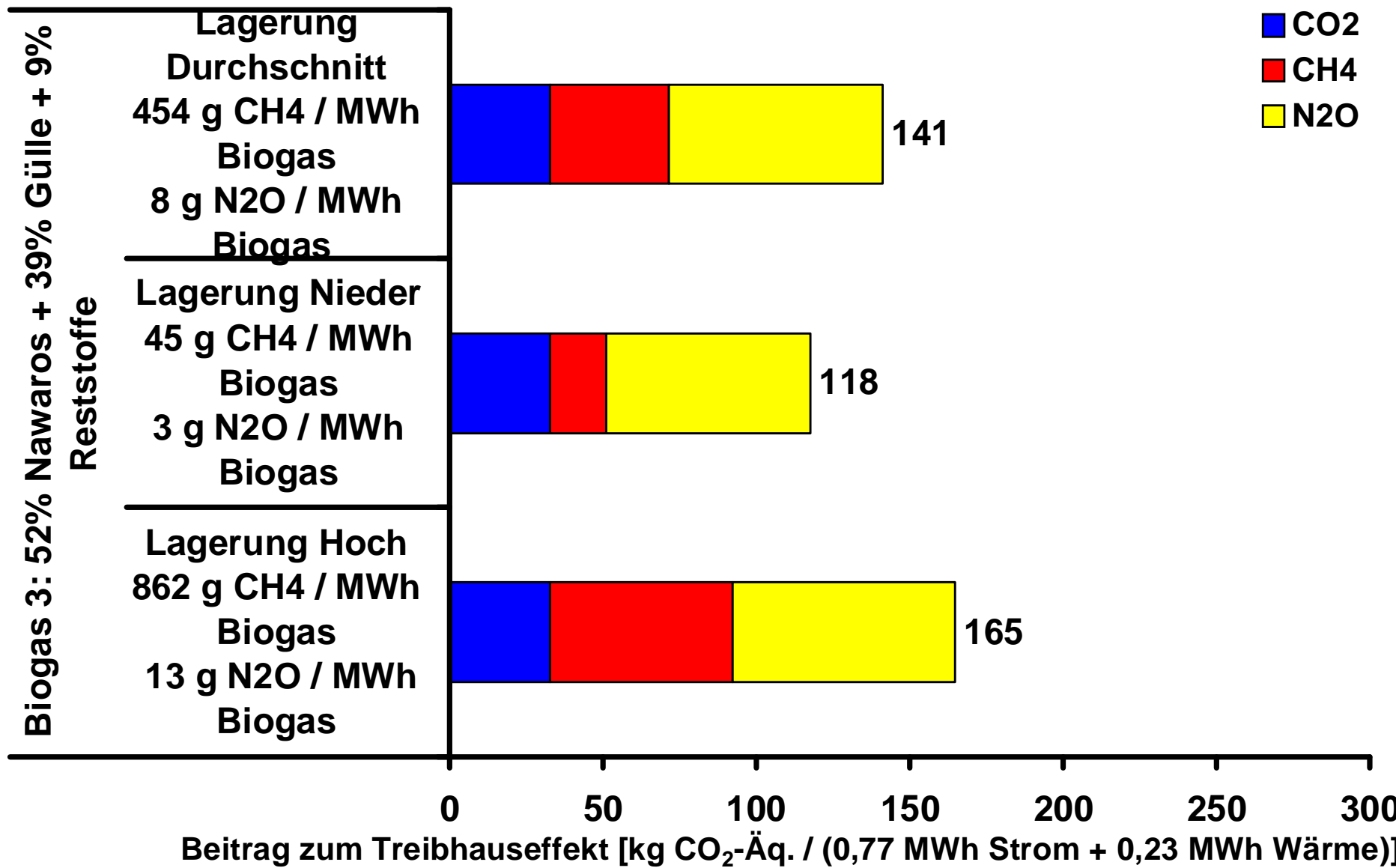
Anmerkung: nicht alle Transporte sind dargestellt

Beitrag zum Treibhauseffekt

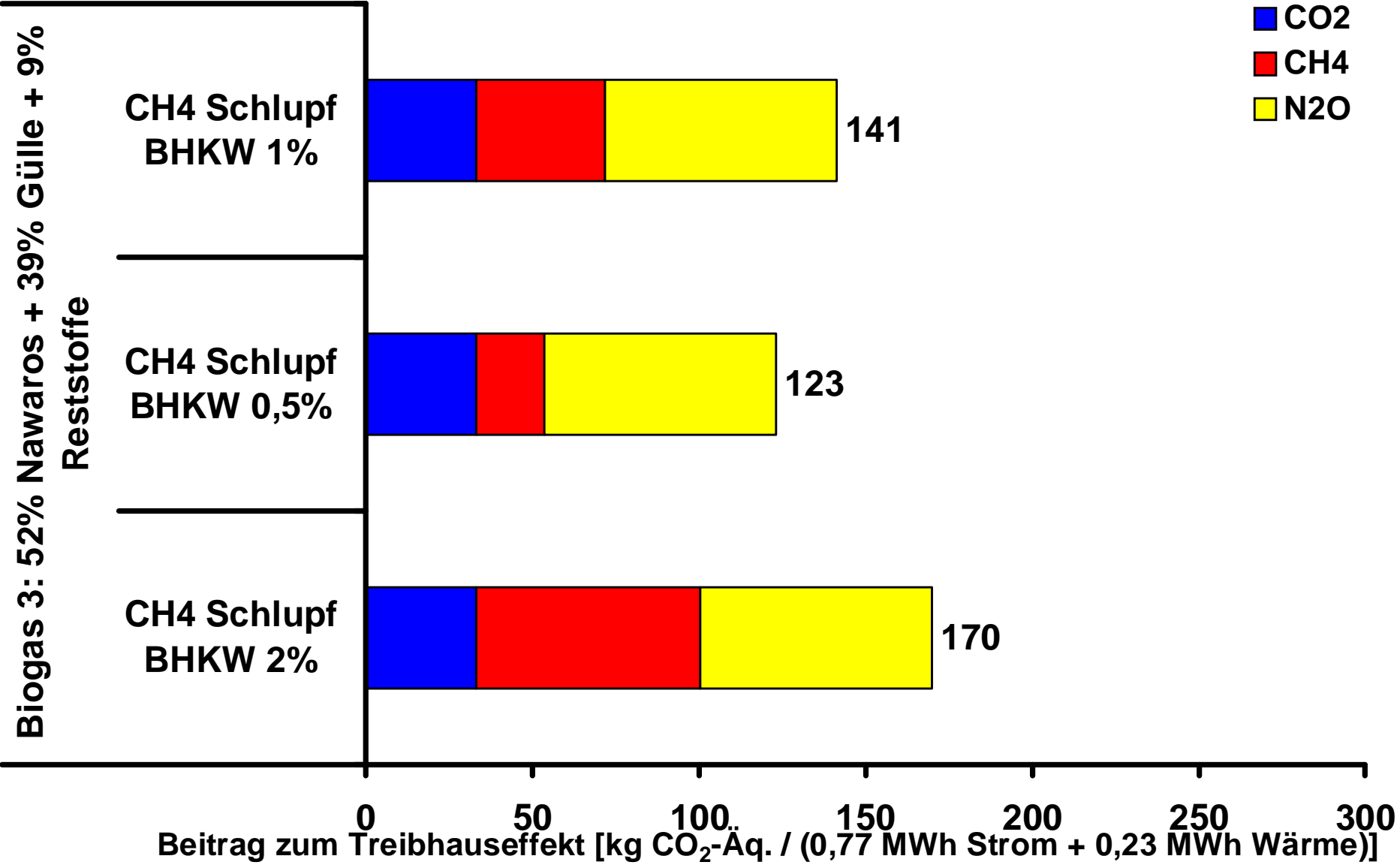


Beitrag zum Treibhauseffekt

Sensitivitätsanalyse: Lagerung Gärreste



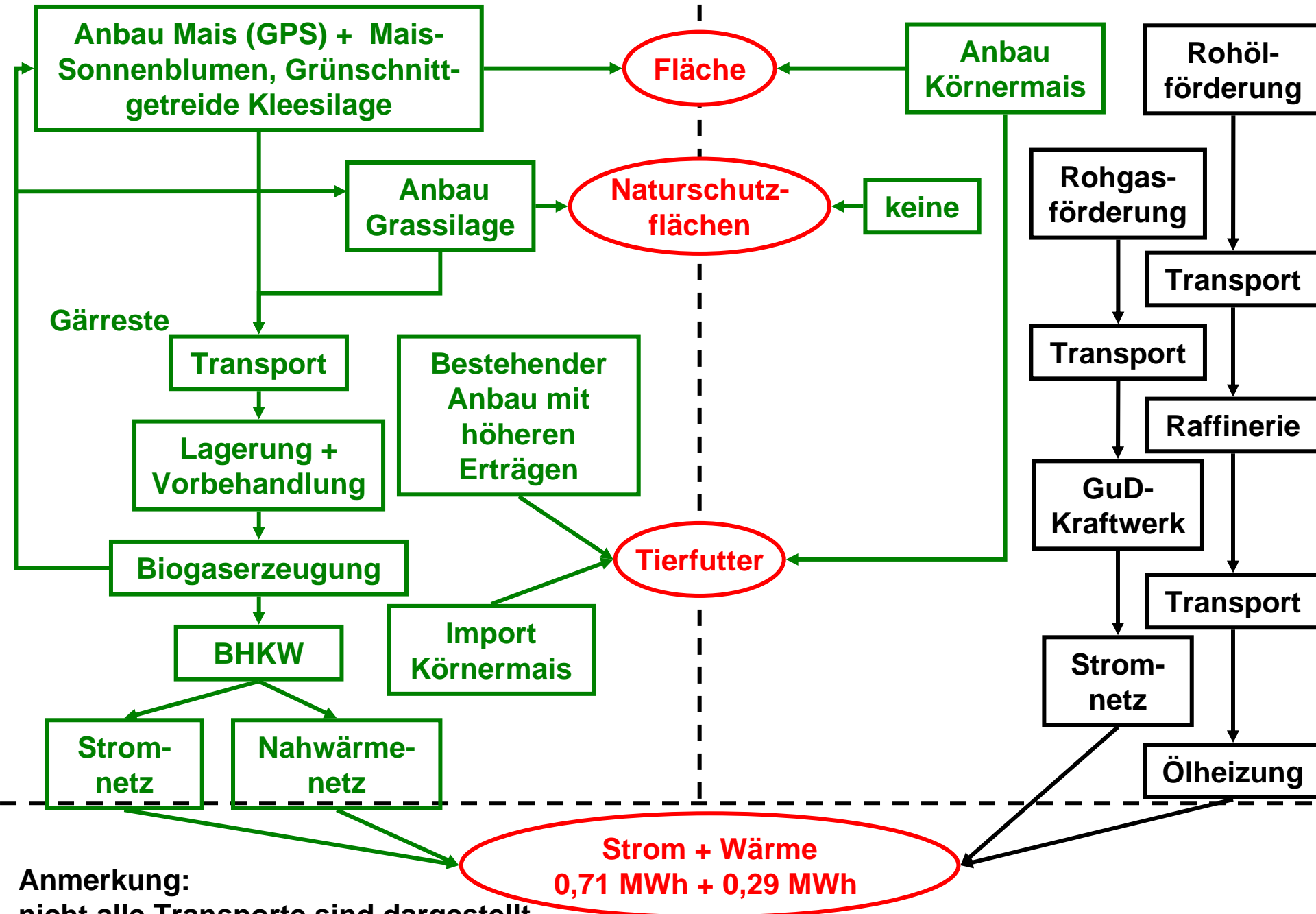
Beitrag zum Treibhauseffekt Sensitivitätsanalyse: CH₄-Schlupf BHKW



Biogas 4: 100% Nawaros

Biogas 4: 100% Nawaros

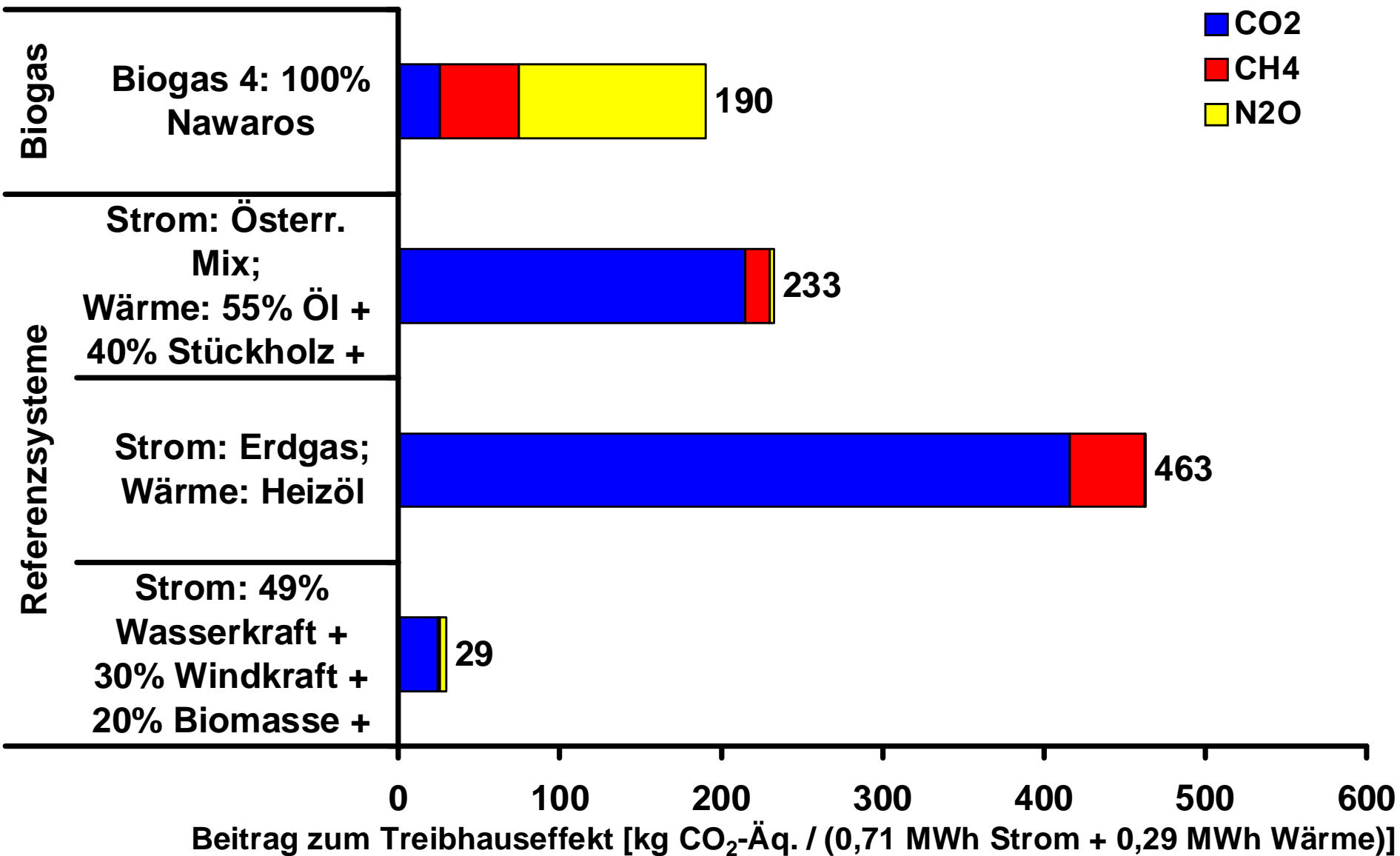
Strom: Erdgas; Wärme: Heizöl



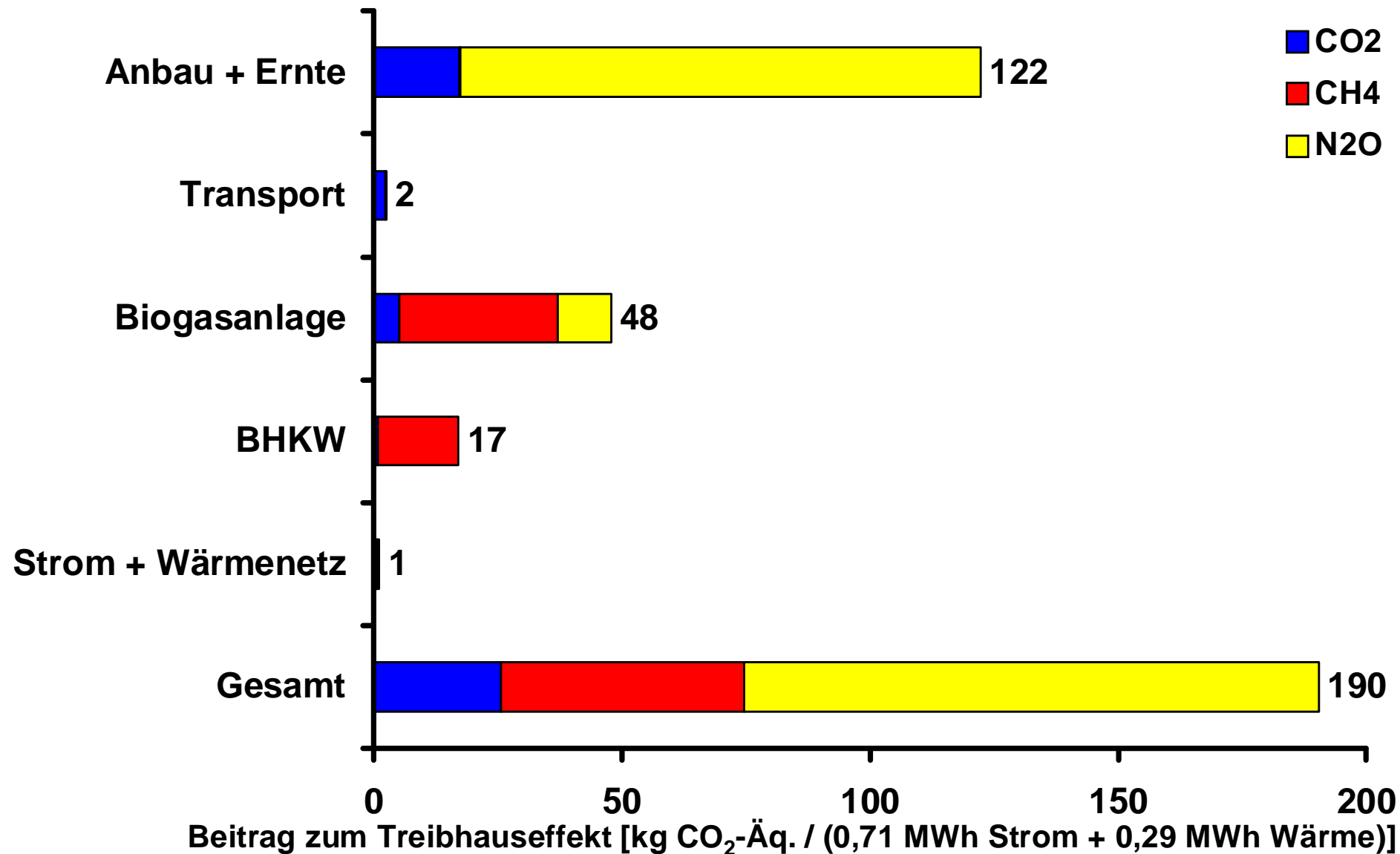
Anmerkung:
nicht alle Transporte sind dargestellt

Strom + Wärme
0,71 MWh + 0,29 MWh

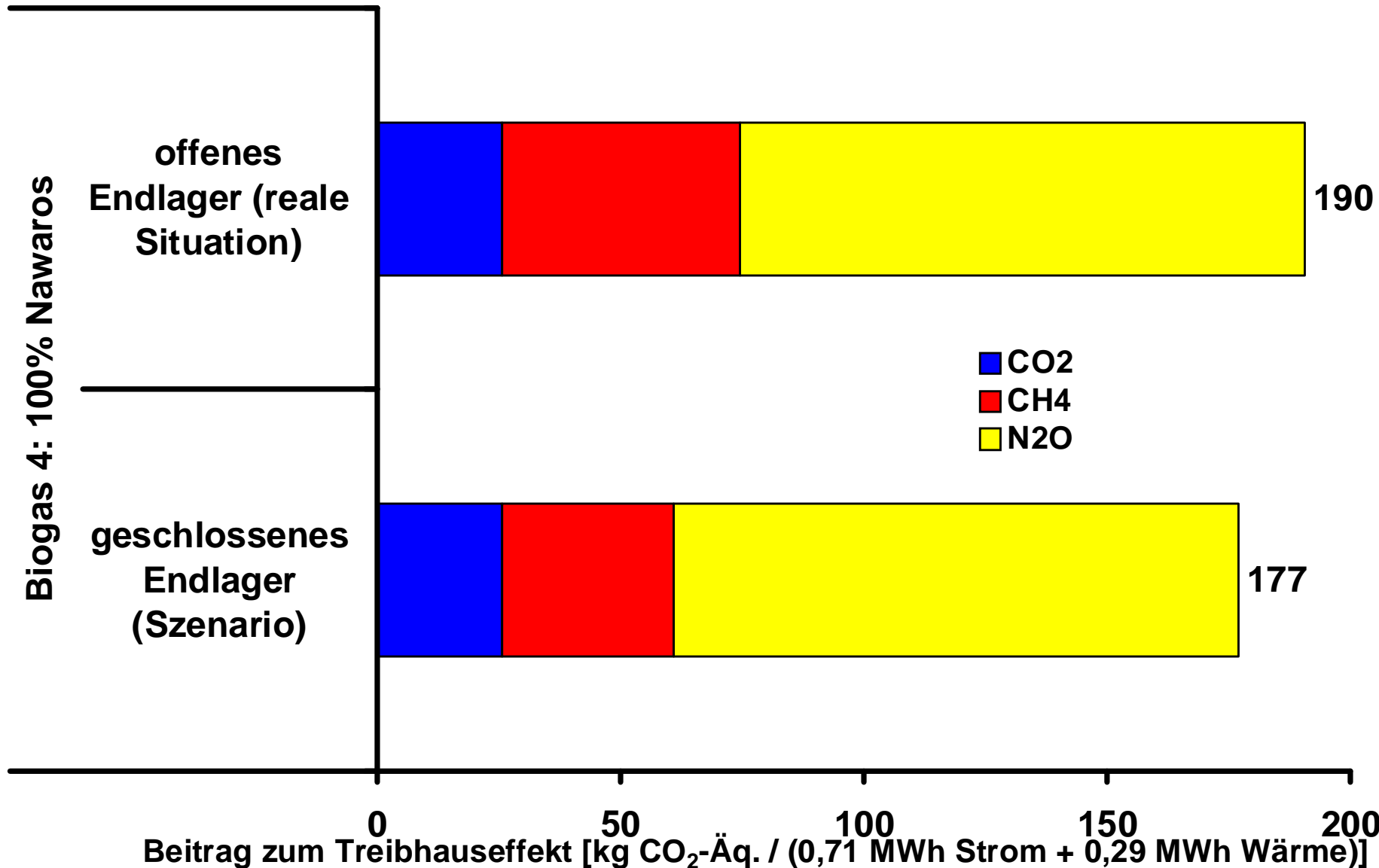
Beitrag zum Treibhauseffekt



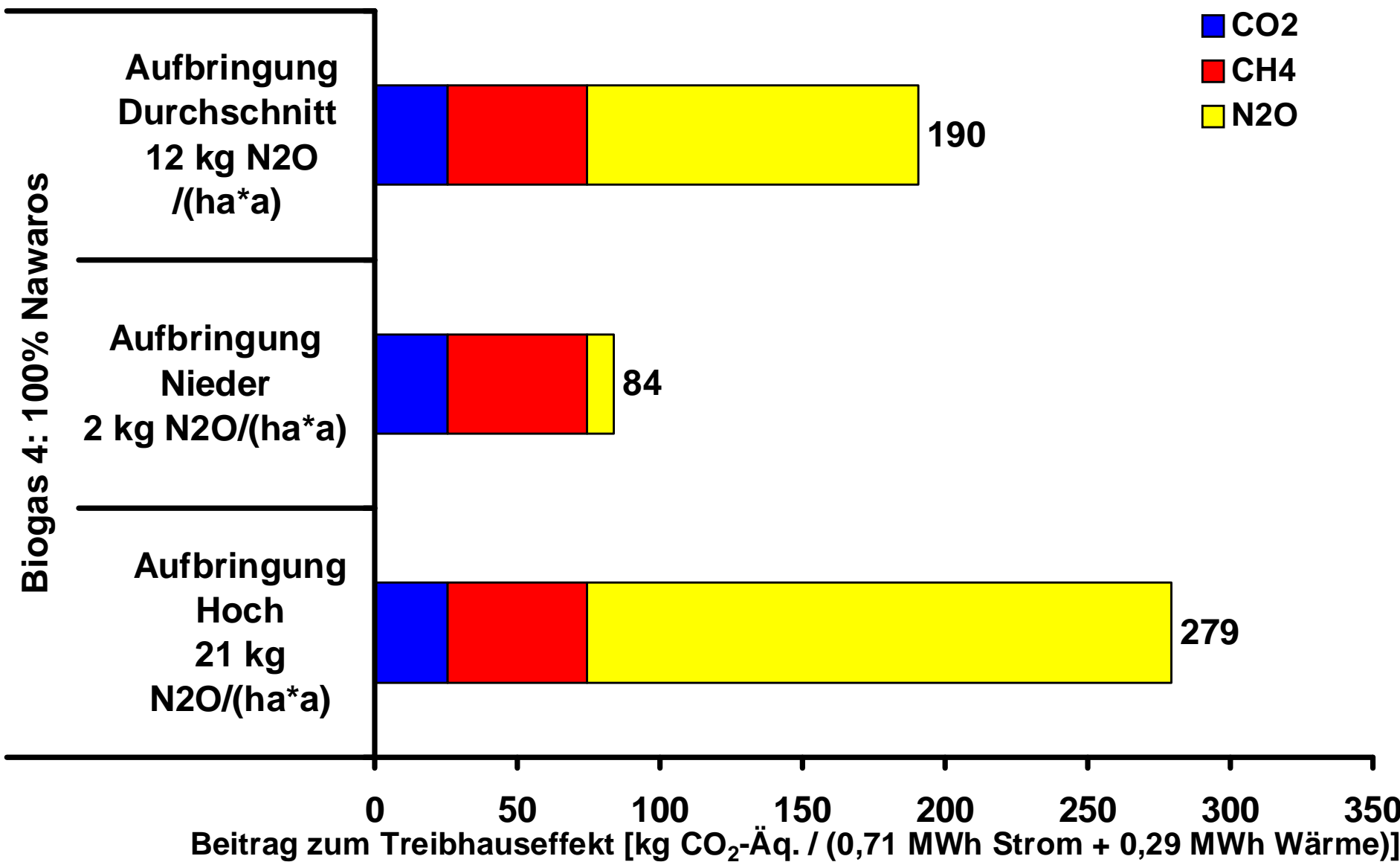
Beitrag zum Treibhauseffekt Prozessschritte



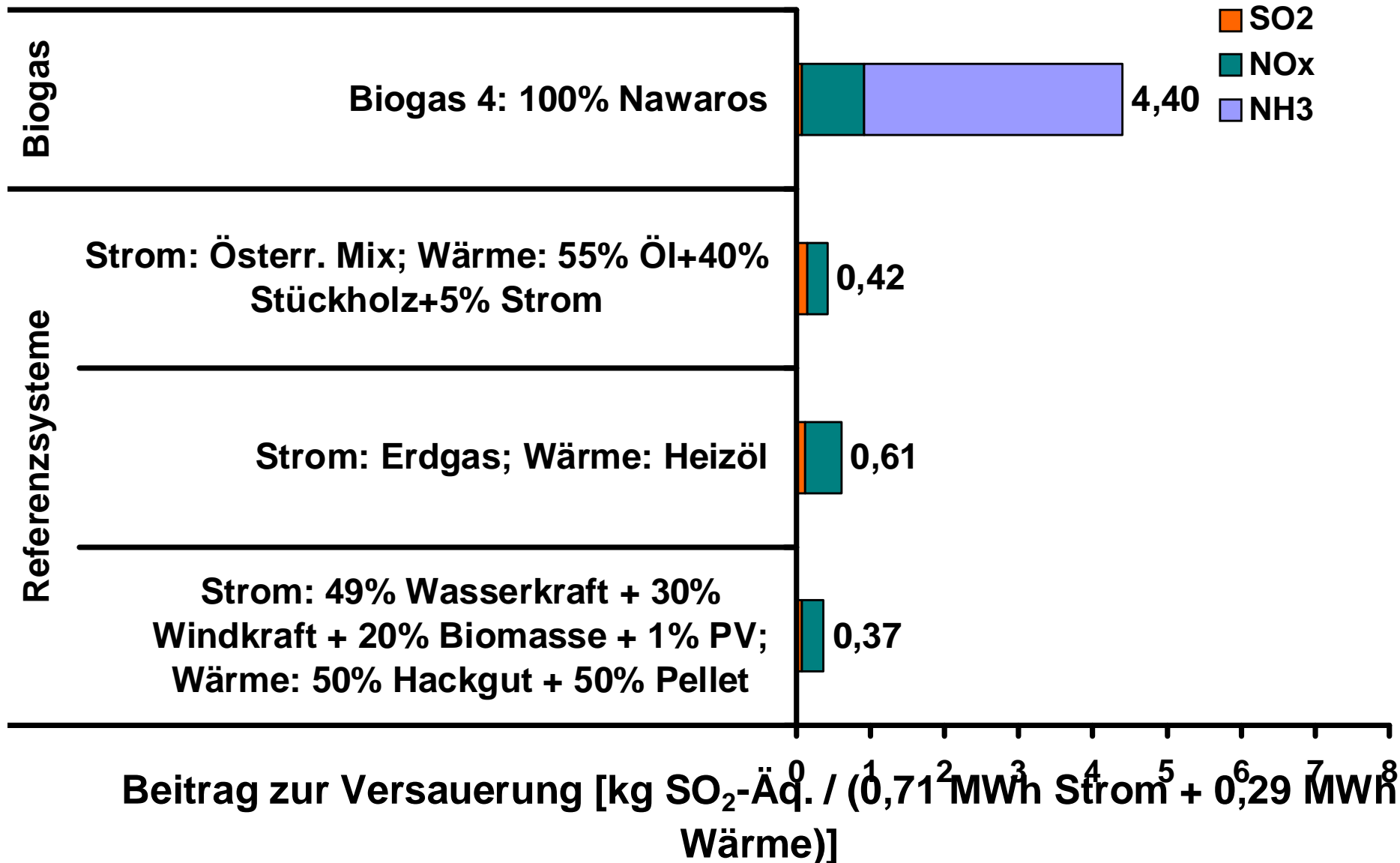
Beitrag zum Treibhauseffekt Variation Endlagerabdeckung



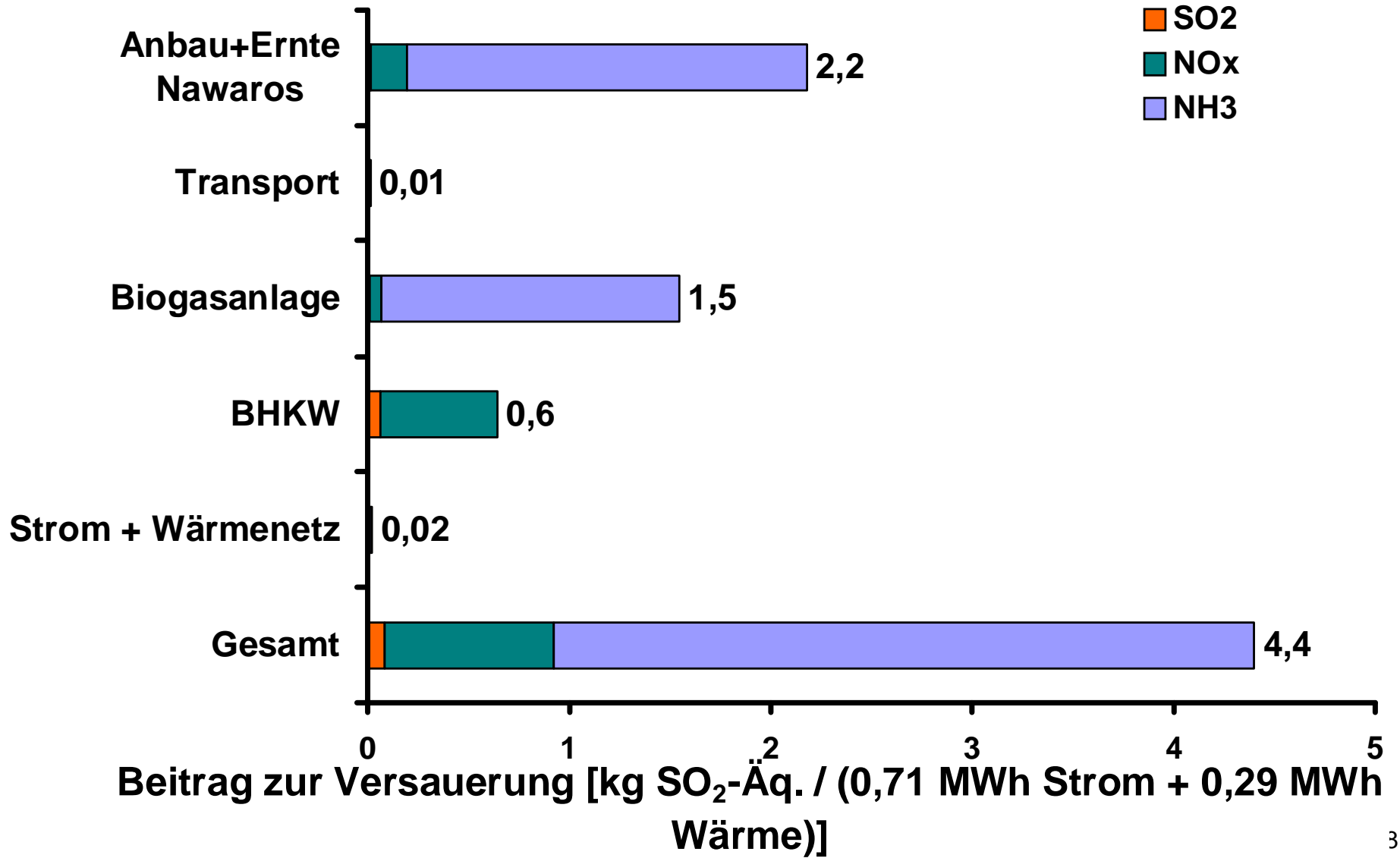
Beitrag zum Treibhauseffekt Variation Referenzsystemen



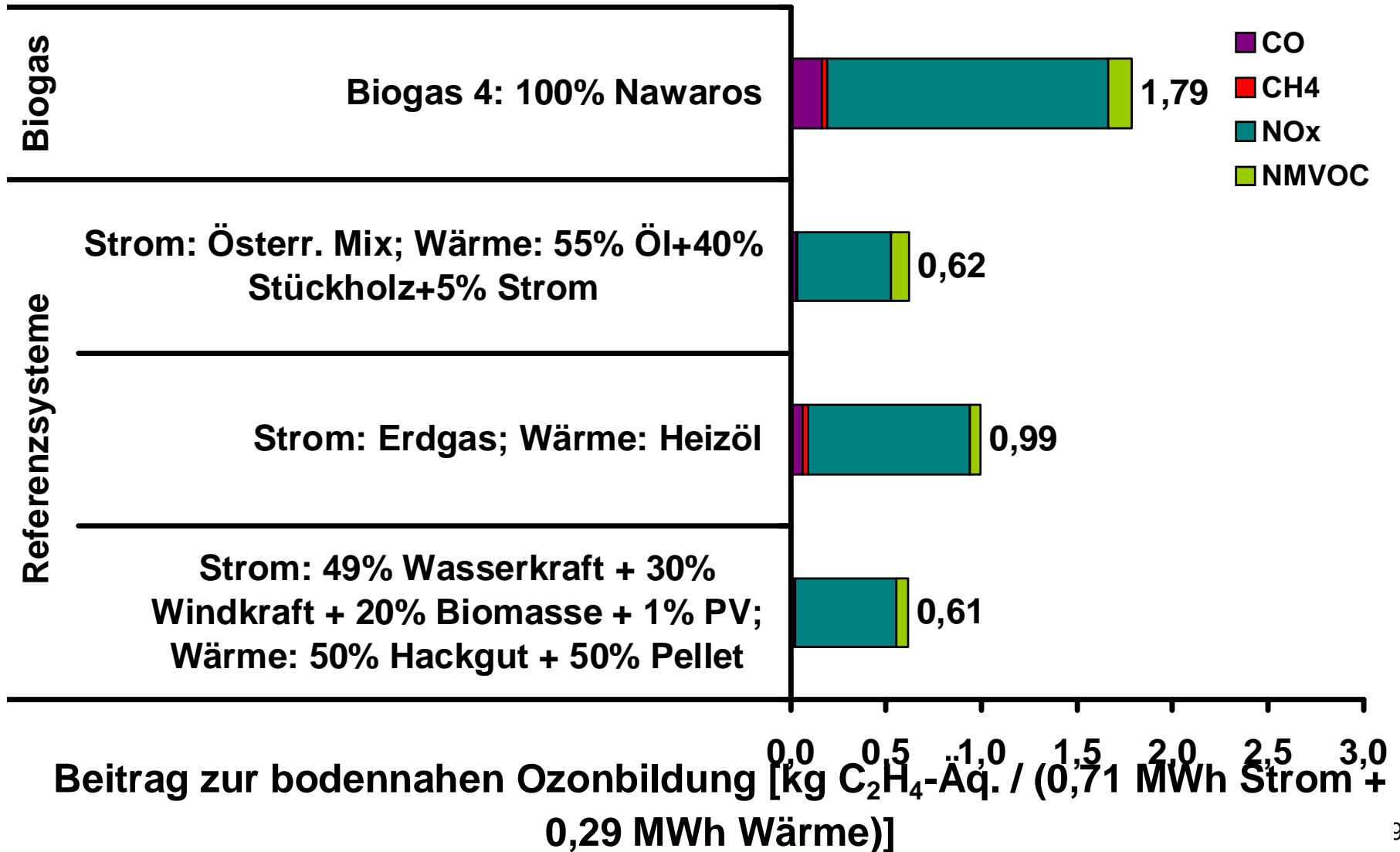
Beitrag zur Versauerung



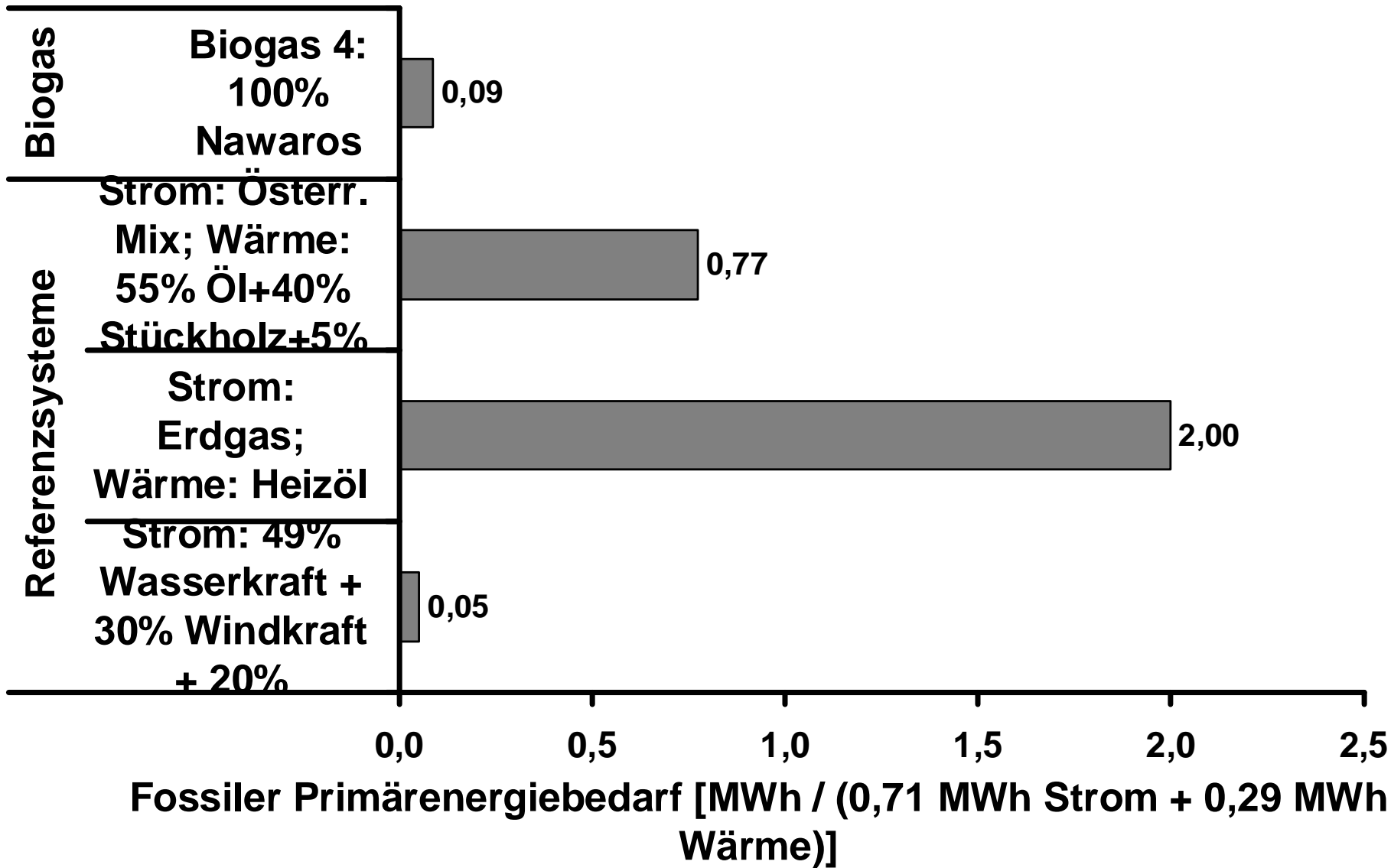
Beitrag zur Versauerung Prozessschritte



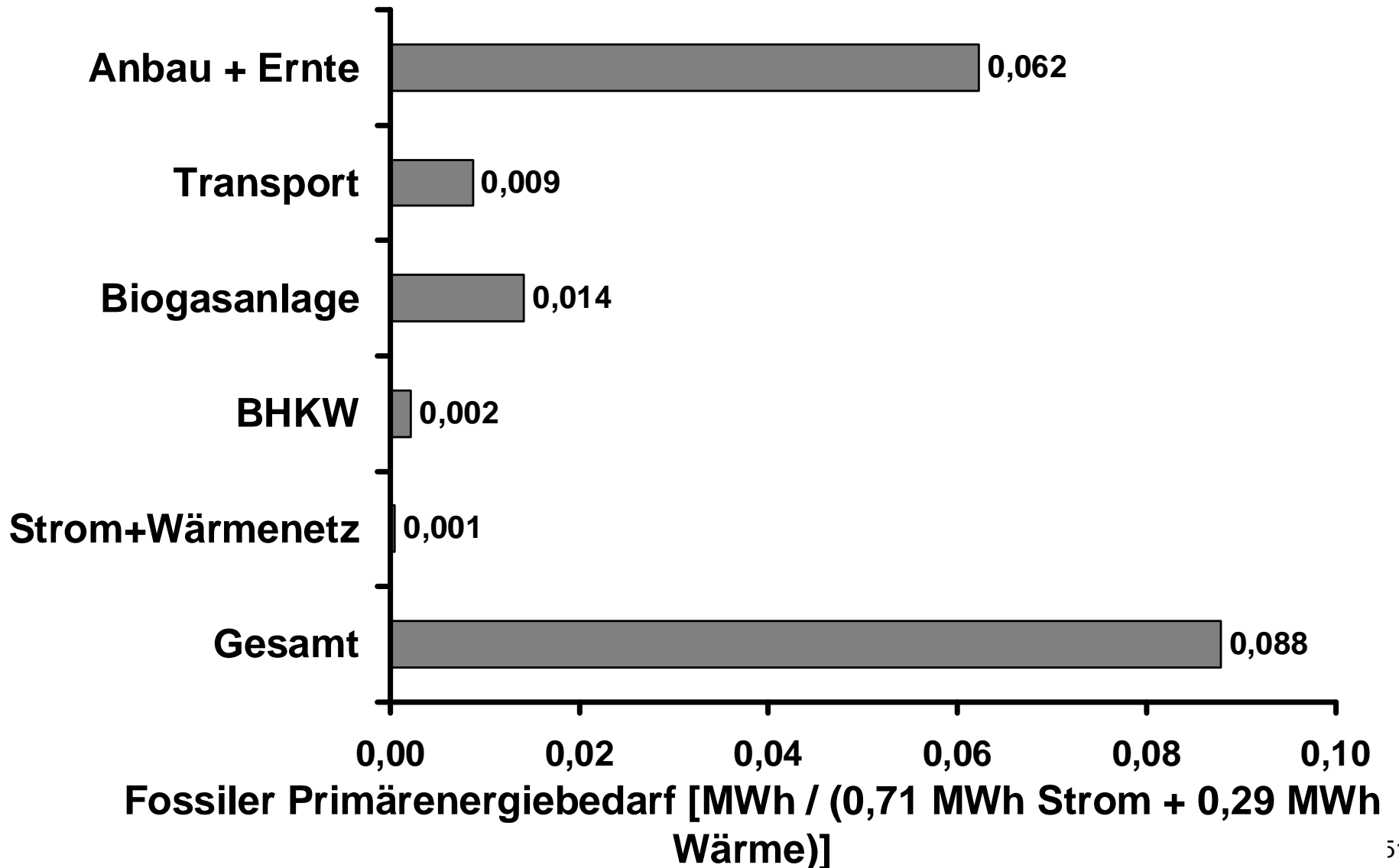
Beitrag zur bodennahen Ozonbildung



Fossiler Primärenergiebedarf



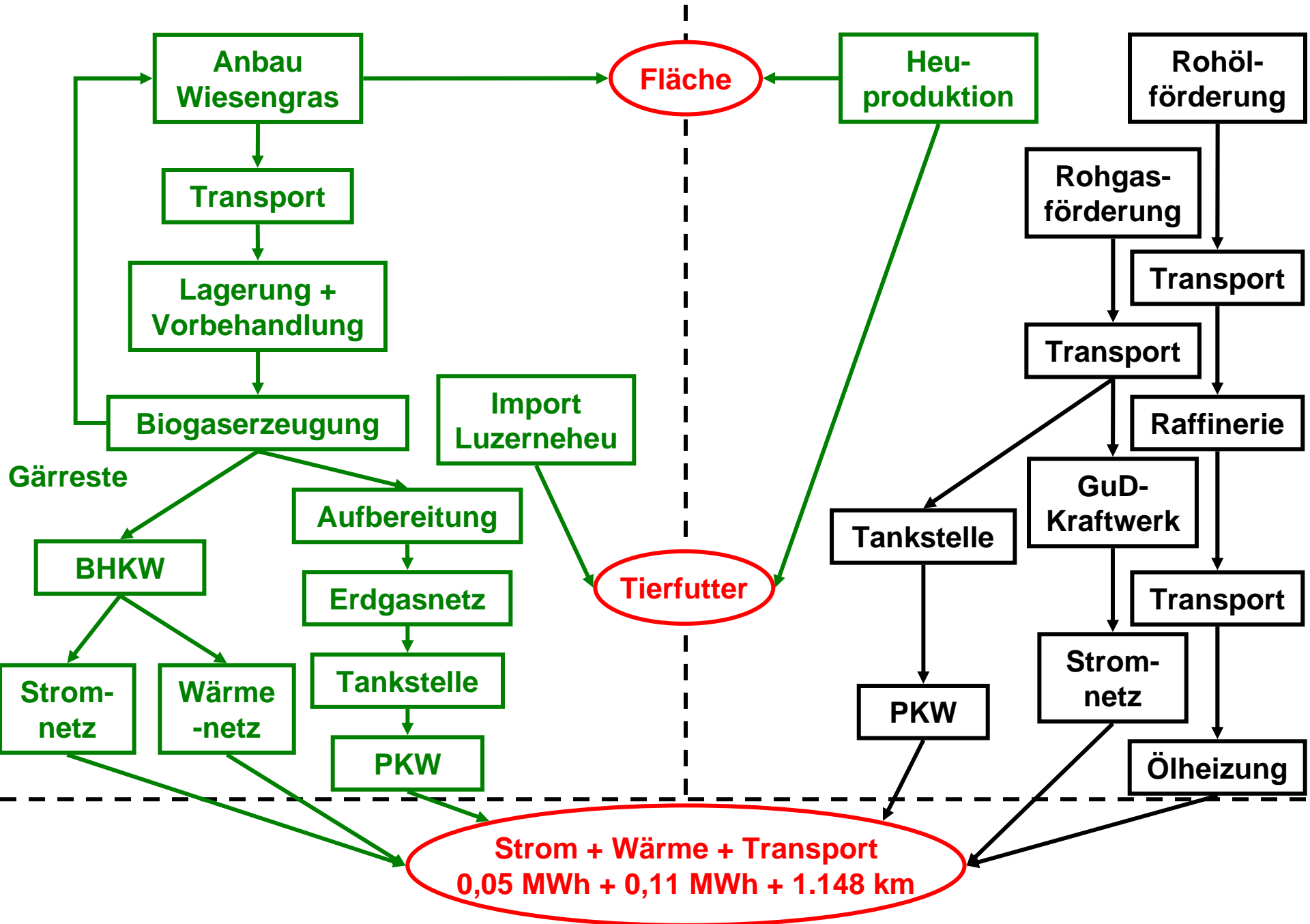
Fossiler Primärenergiebedarf Prozessschritte



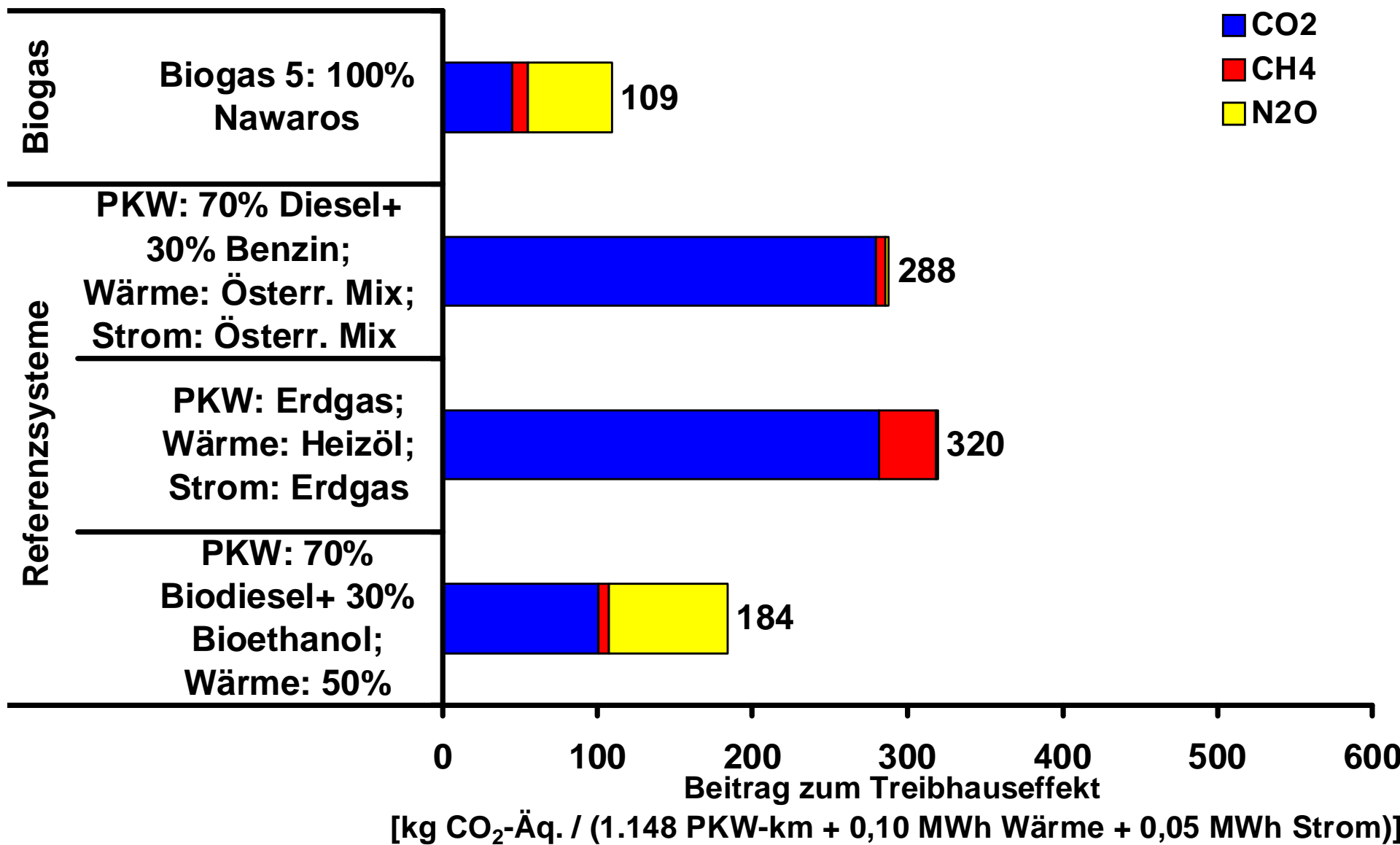
Biogas 5: 100% Nawaros

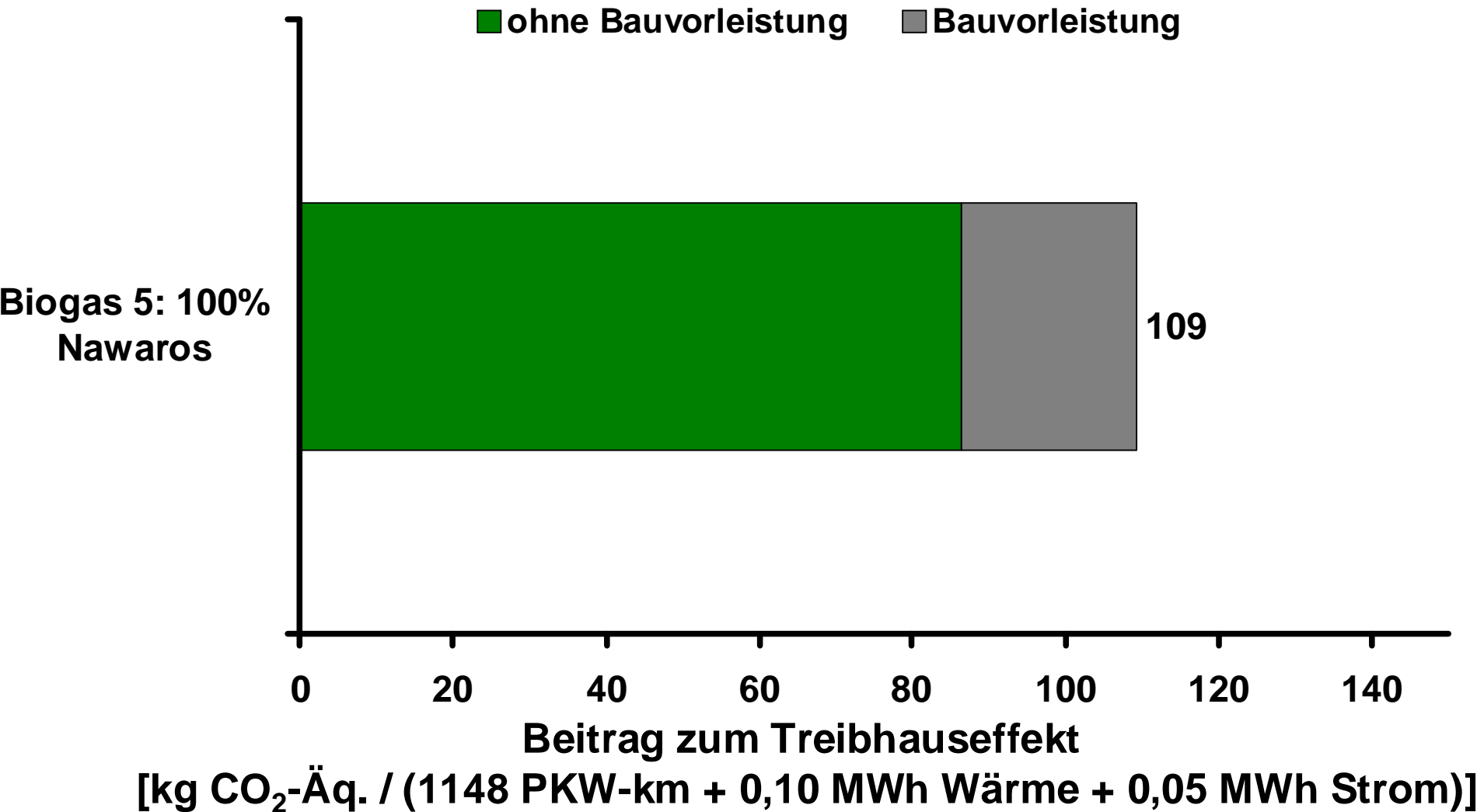
Biogas 5: 100% Nawaros

Strom: Erdgas; Wärme: Heizöl

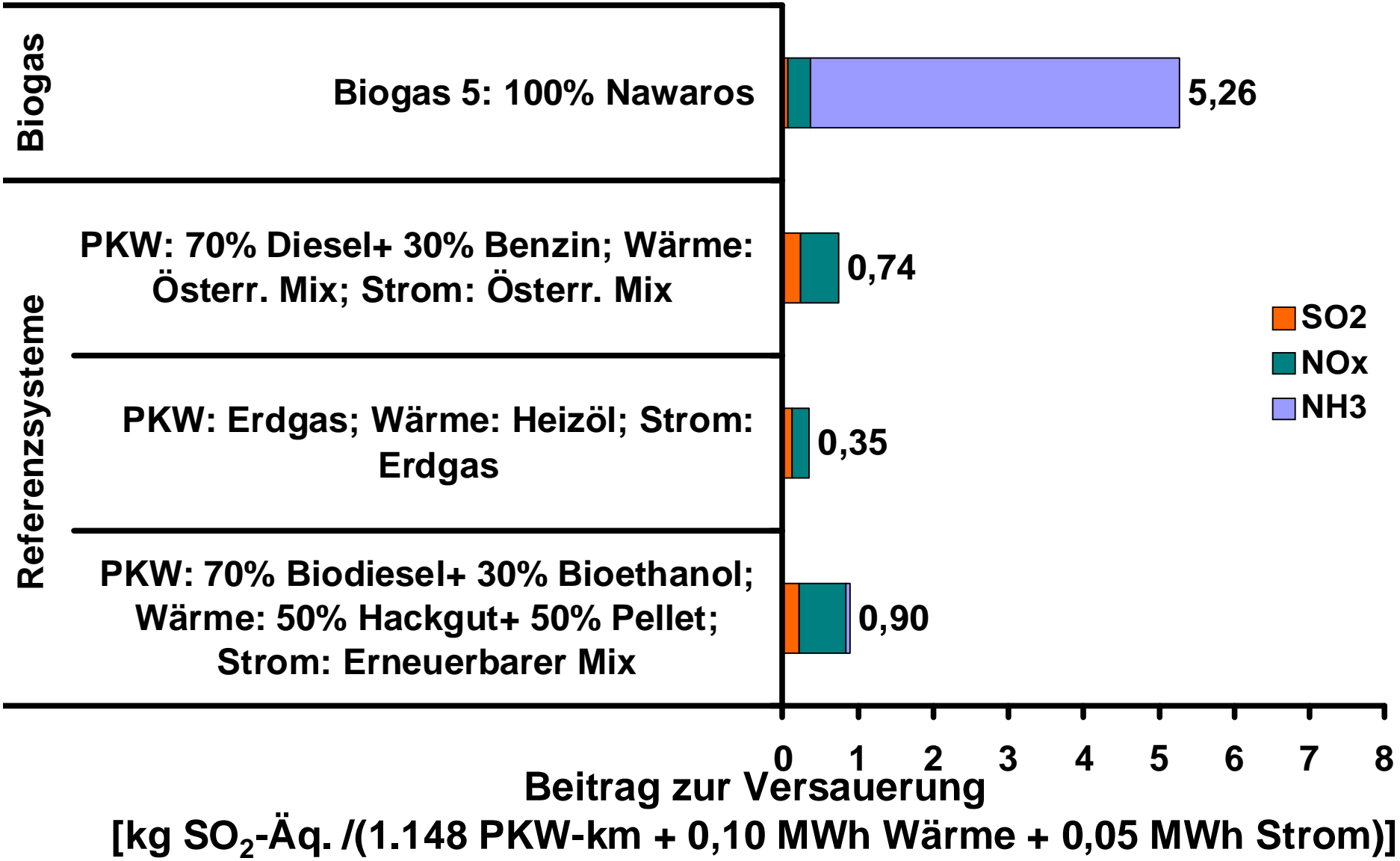


Beitrag zum Treibhauseffekt



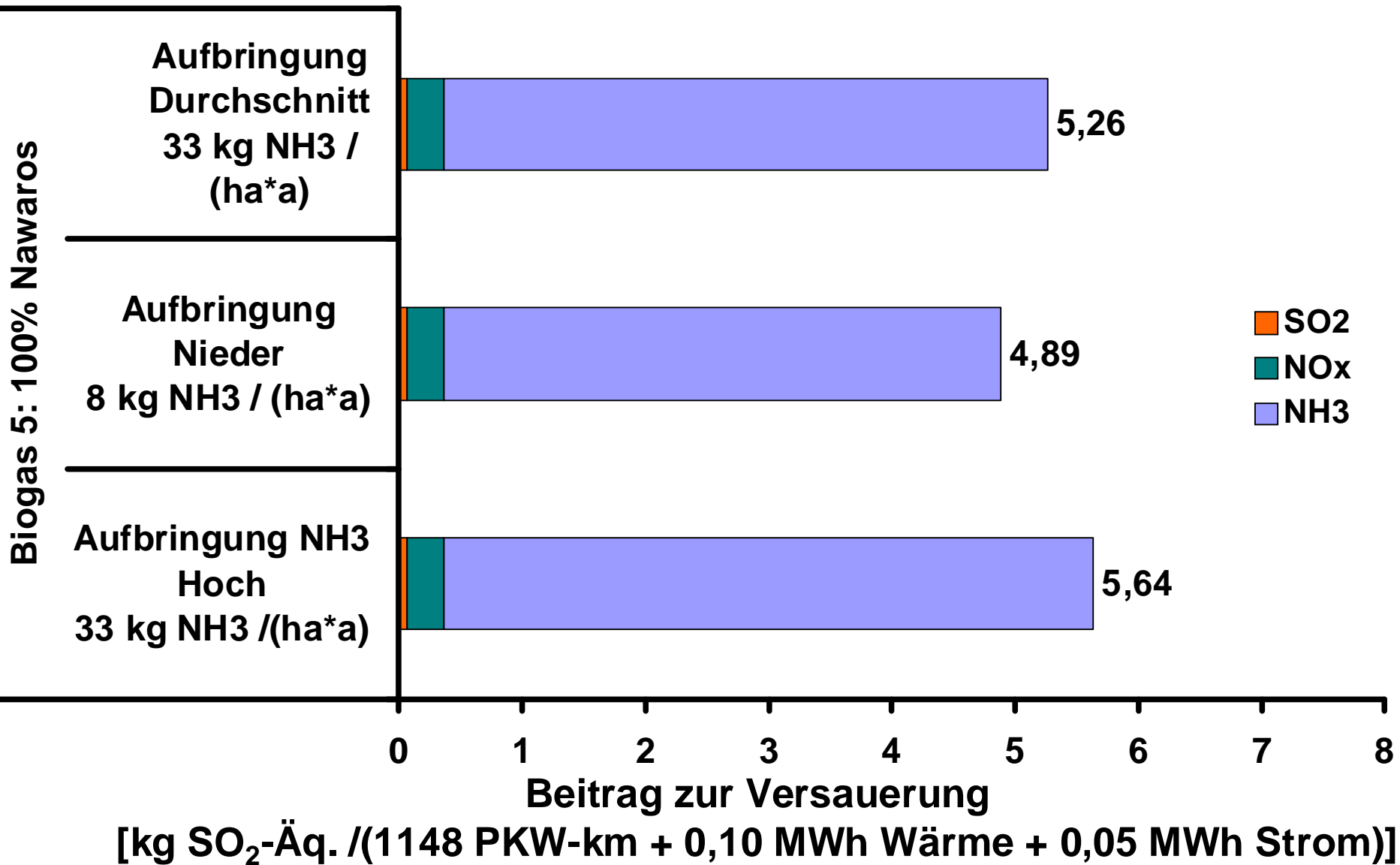


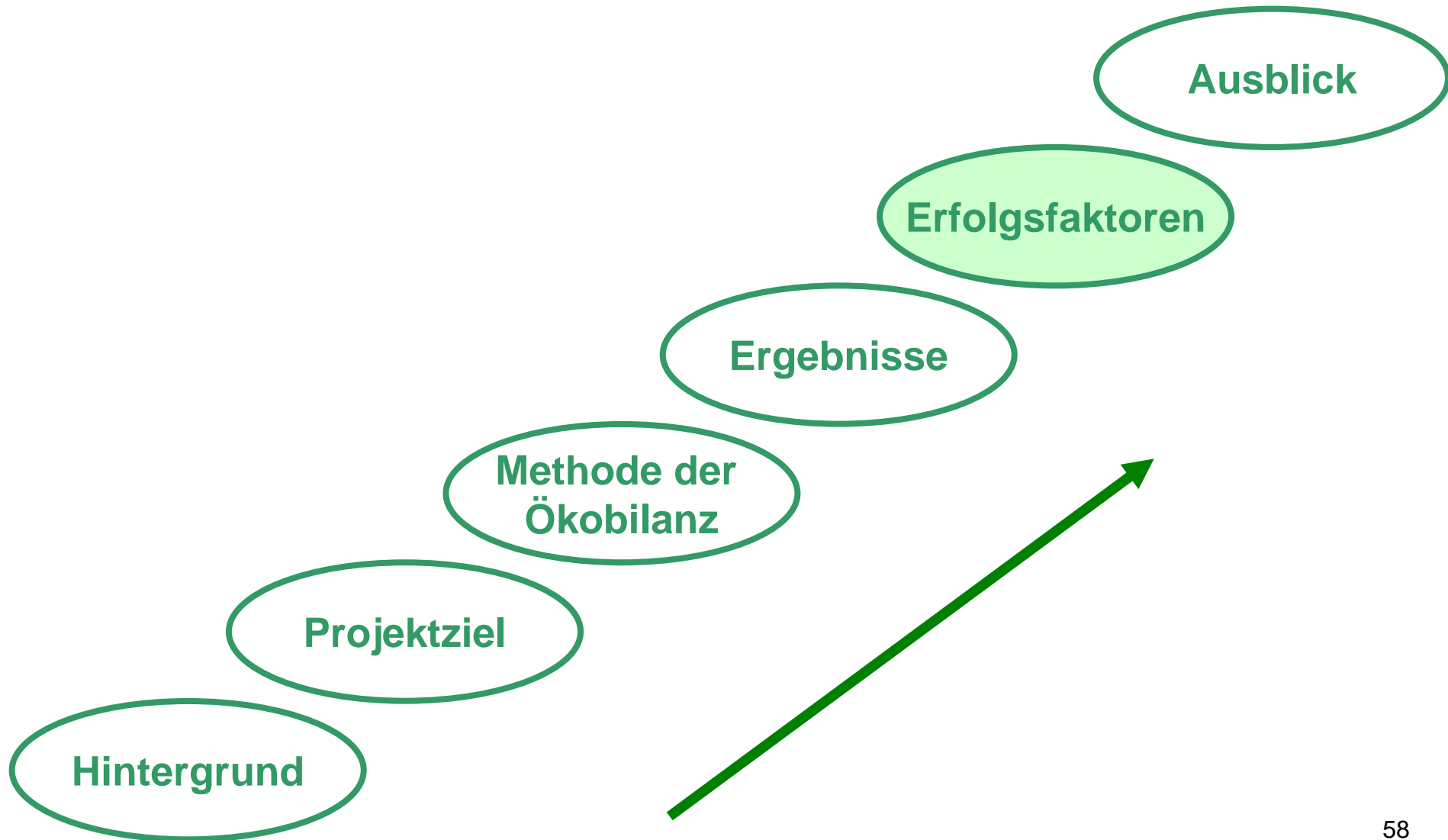
Beitrag zur Versauerung



Beitrag zur Versauerung

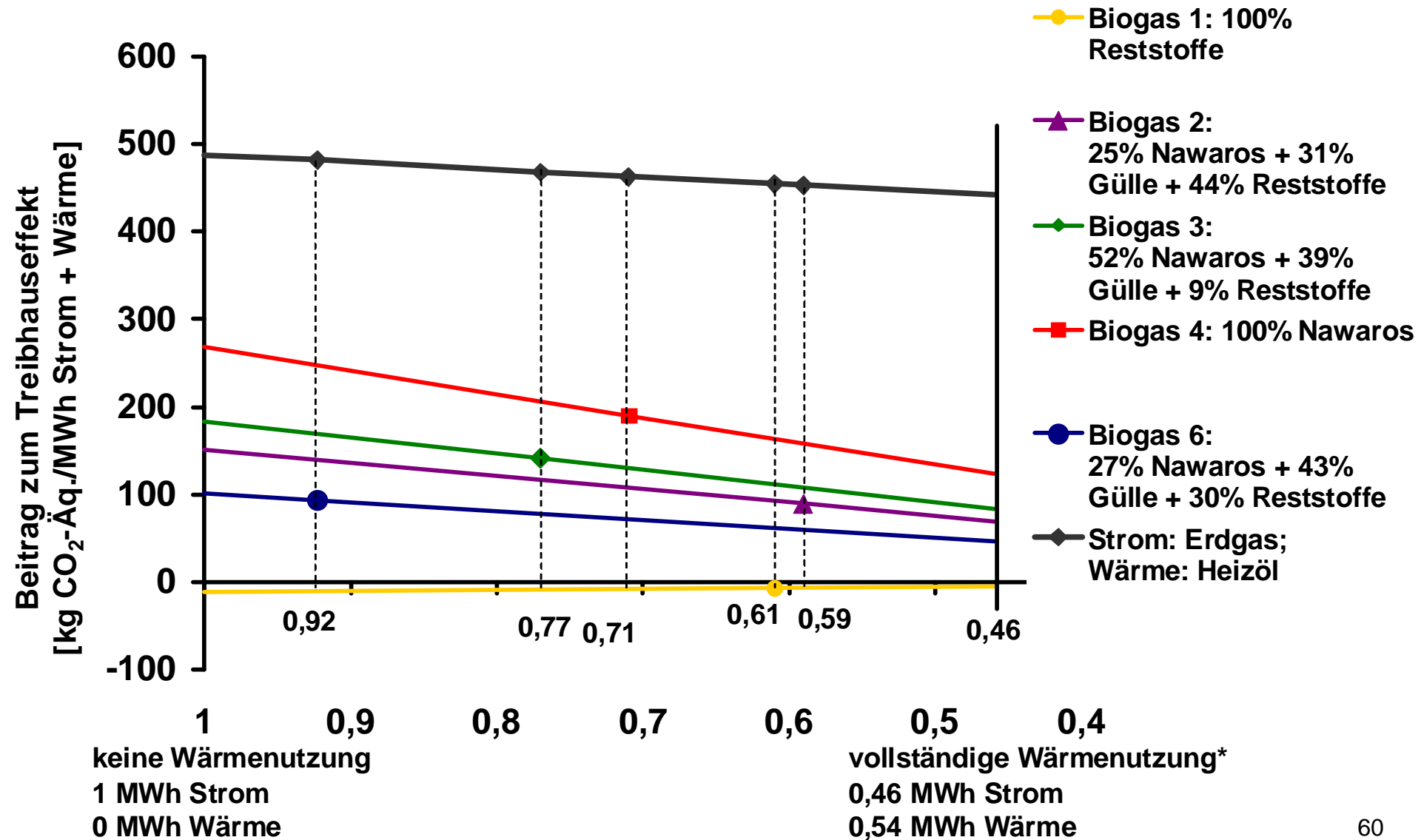
Sensitivitätsanalyse: Aufbringung Gärreste



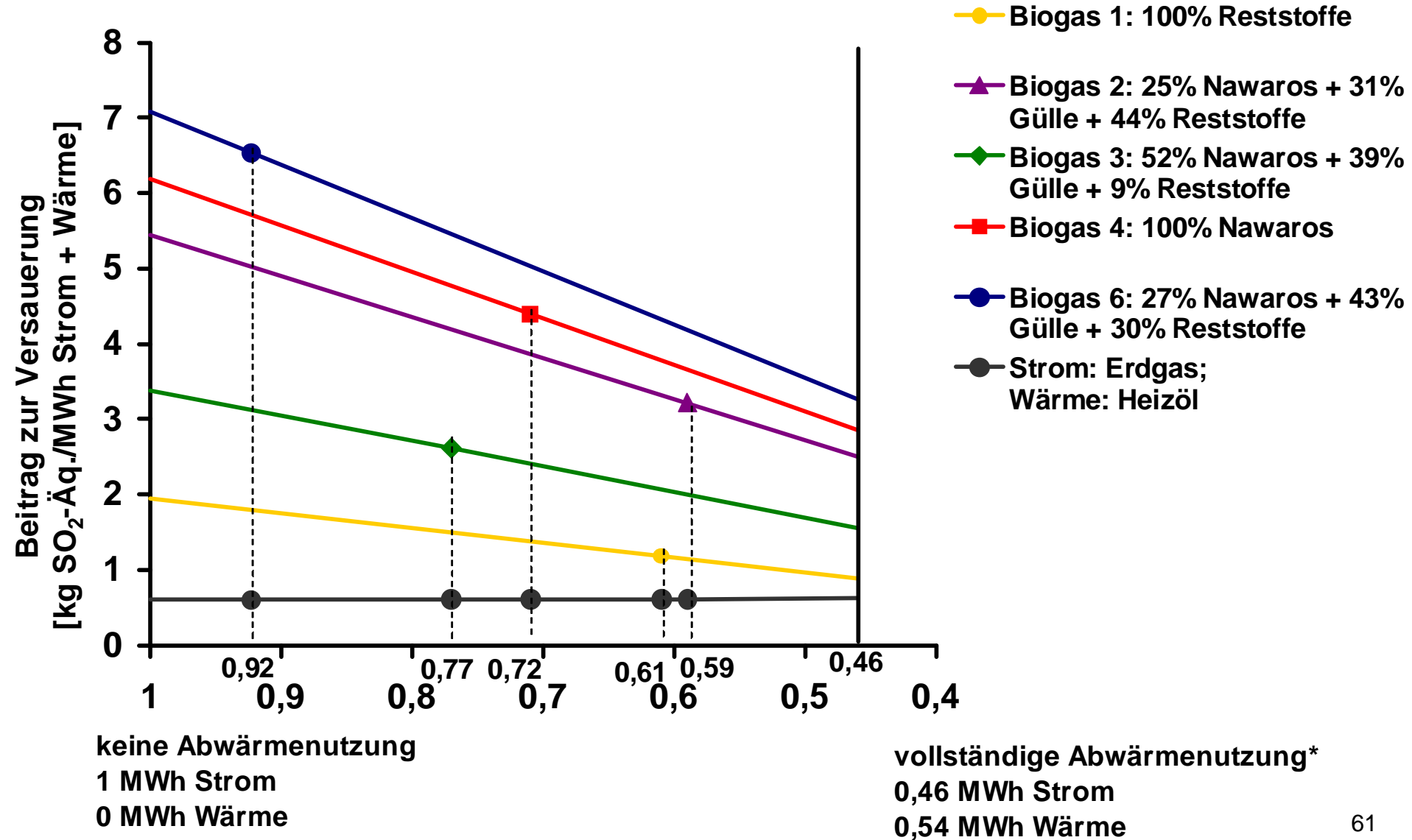


Biogas 1- 6: Zusammenschau

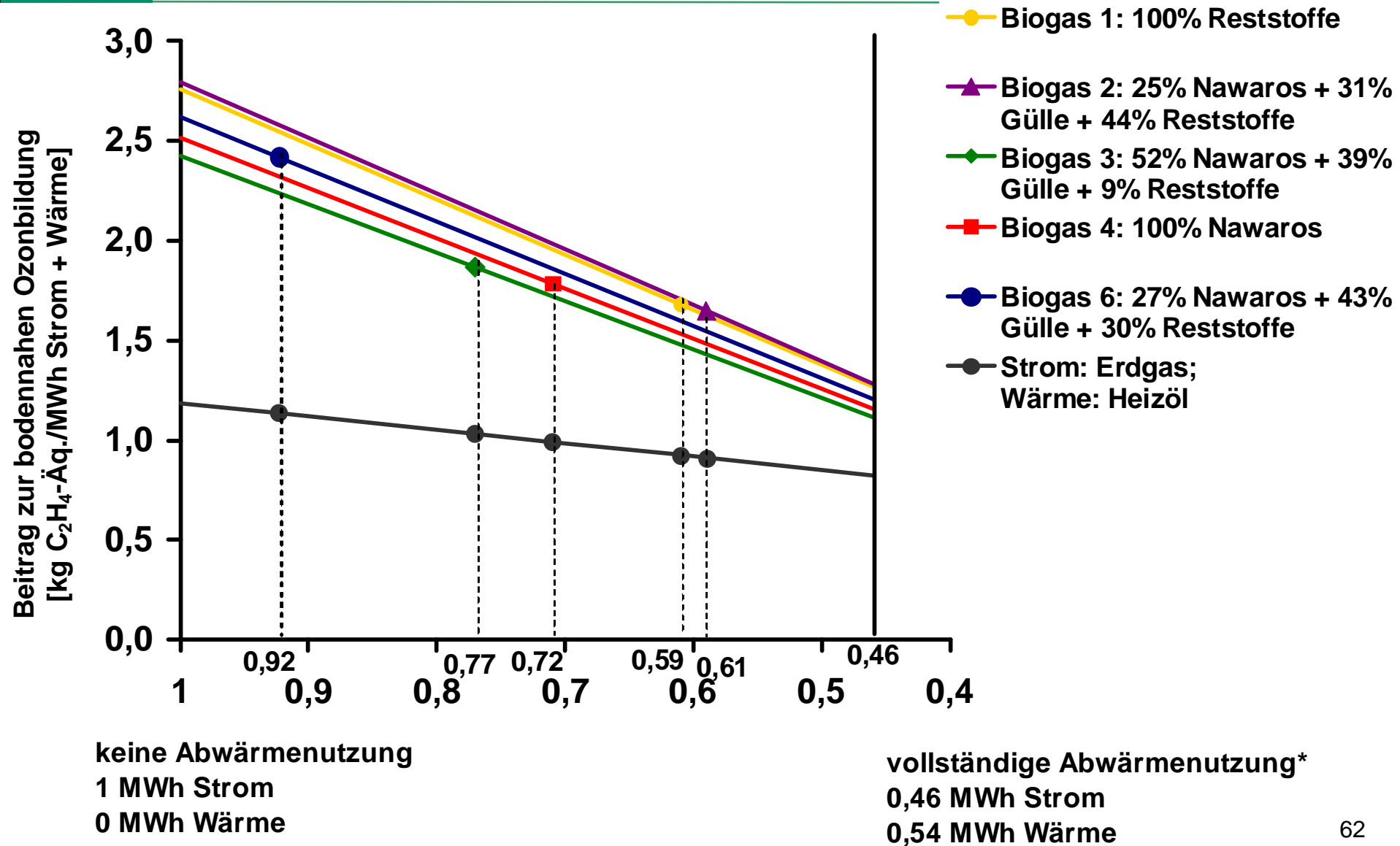
Beitrag zum Treibhauseffekt im Vergleich



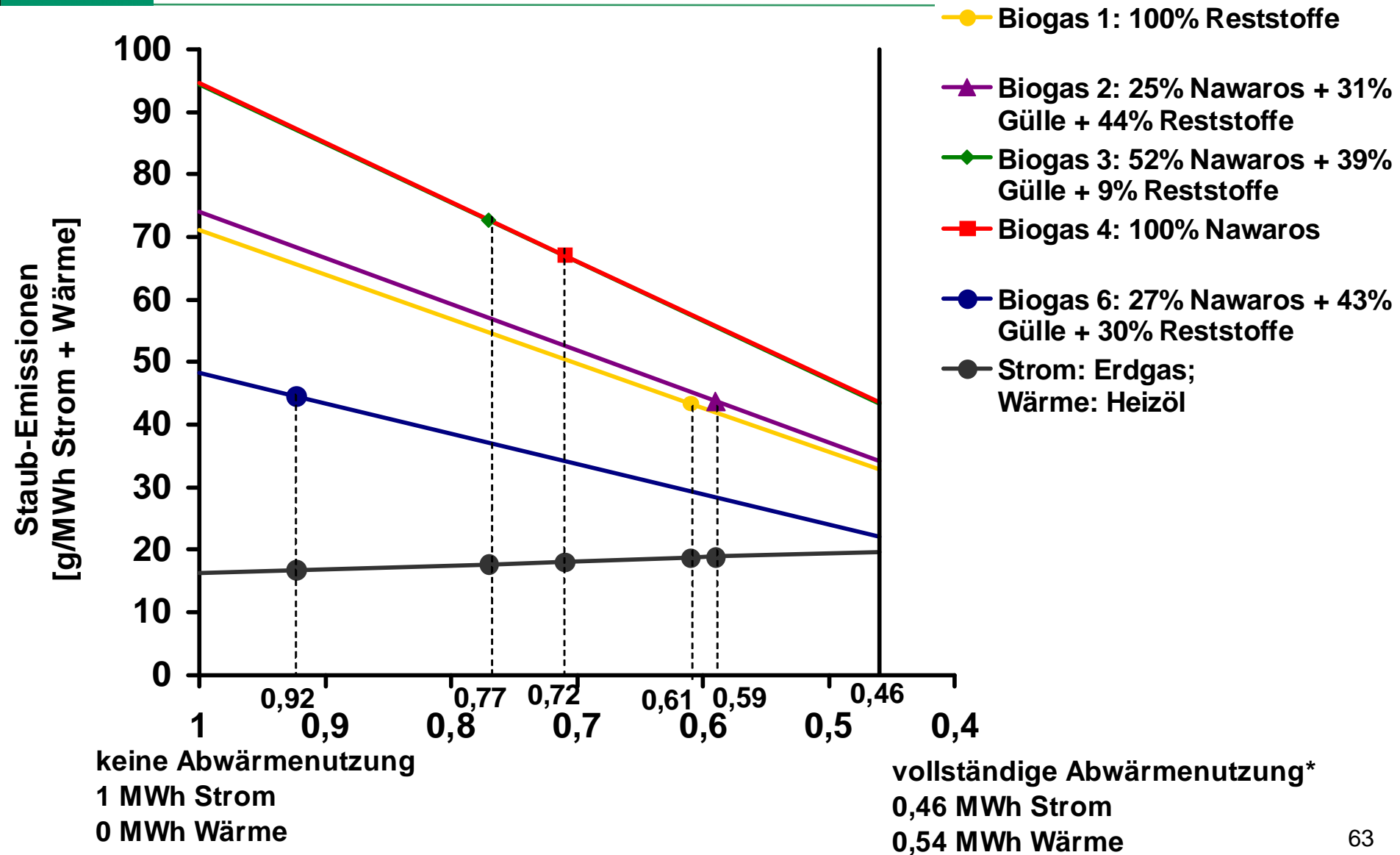
Beitrag zur Versauerung im Vergleich



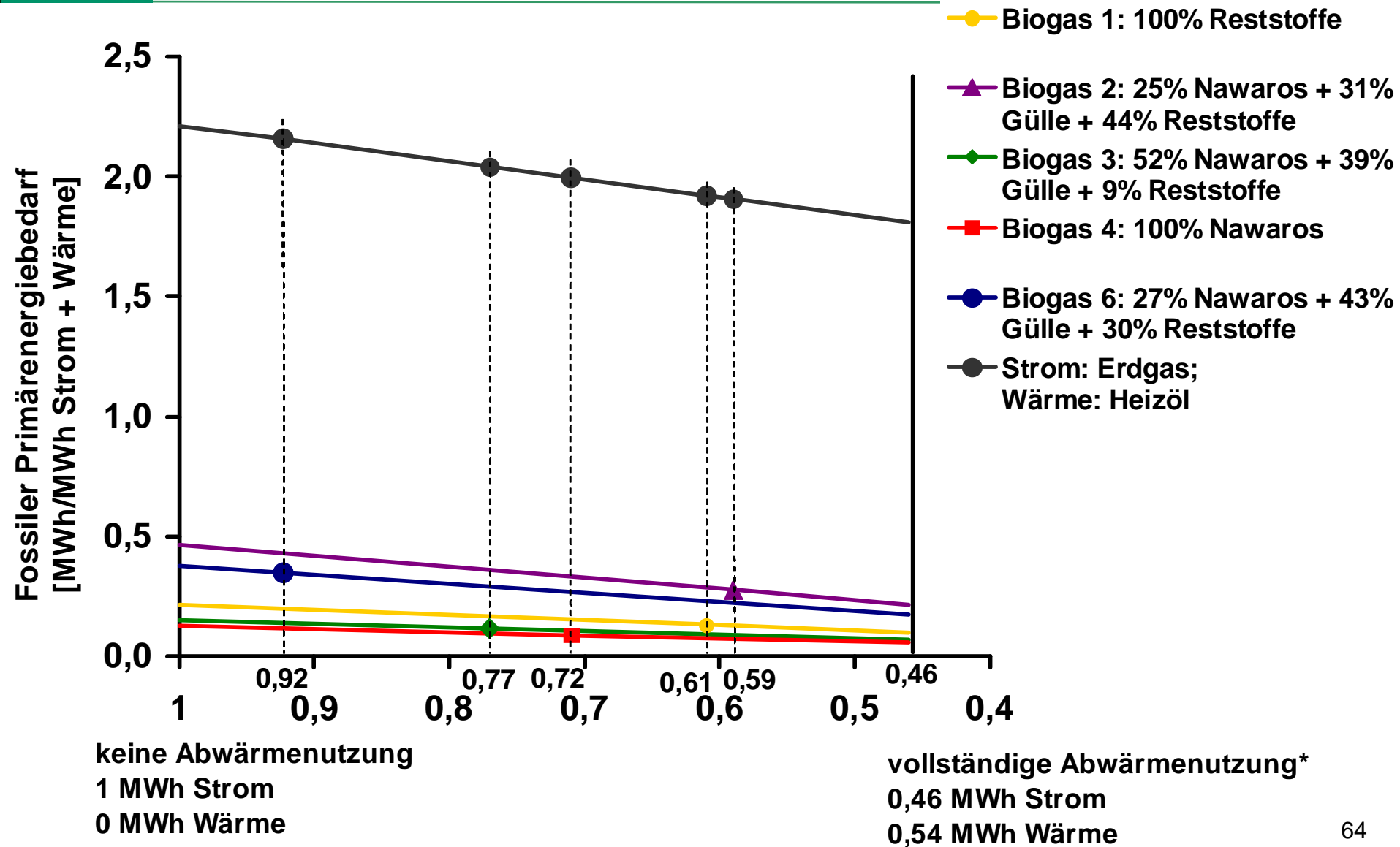
Beitrag zur bodennahen Ozonbildung im Vergleich



Beitrag zu Staub-Emissionen im Vergleich



Beitrag zum fossilen Primärenergieeinsatz im Vergleich



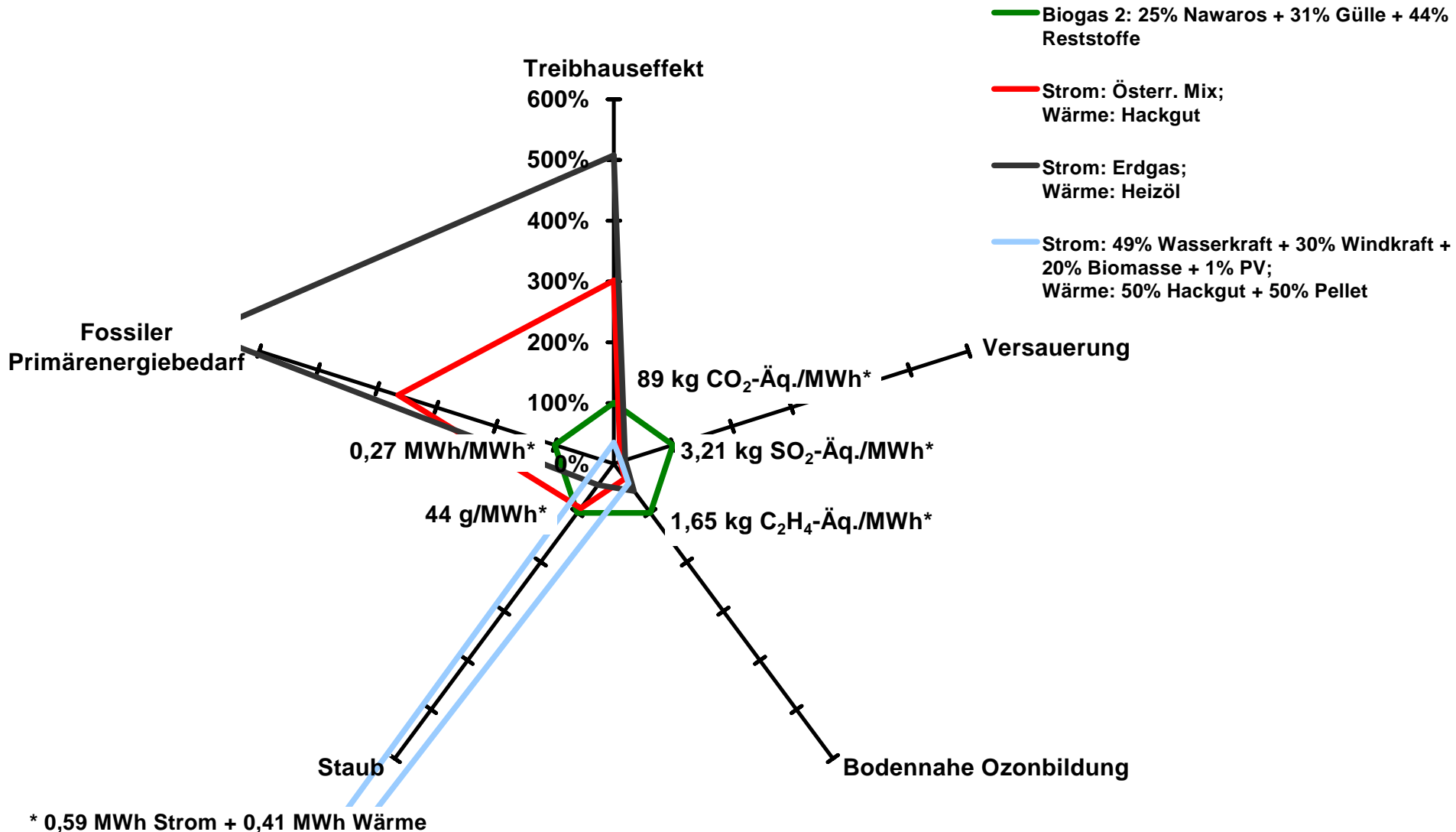
Veränderung der Umweltwirkungen durch Biogas

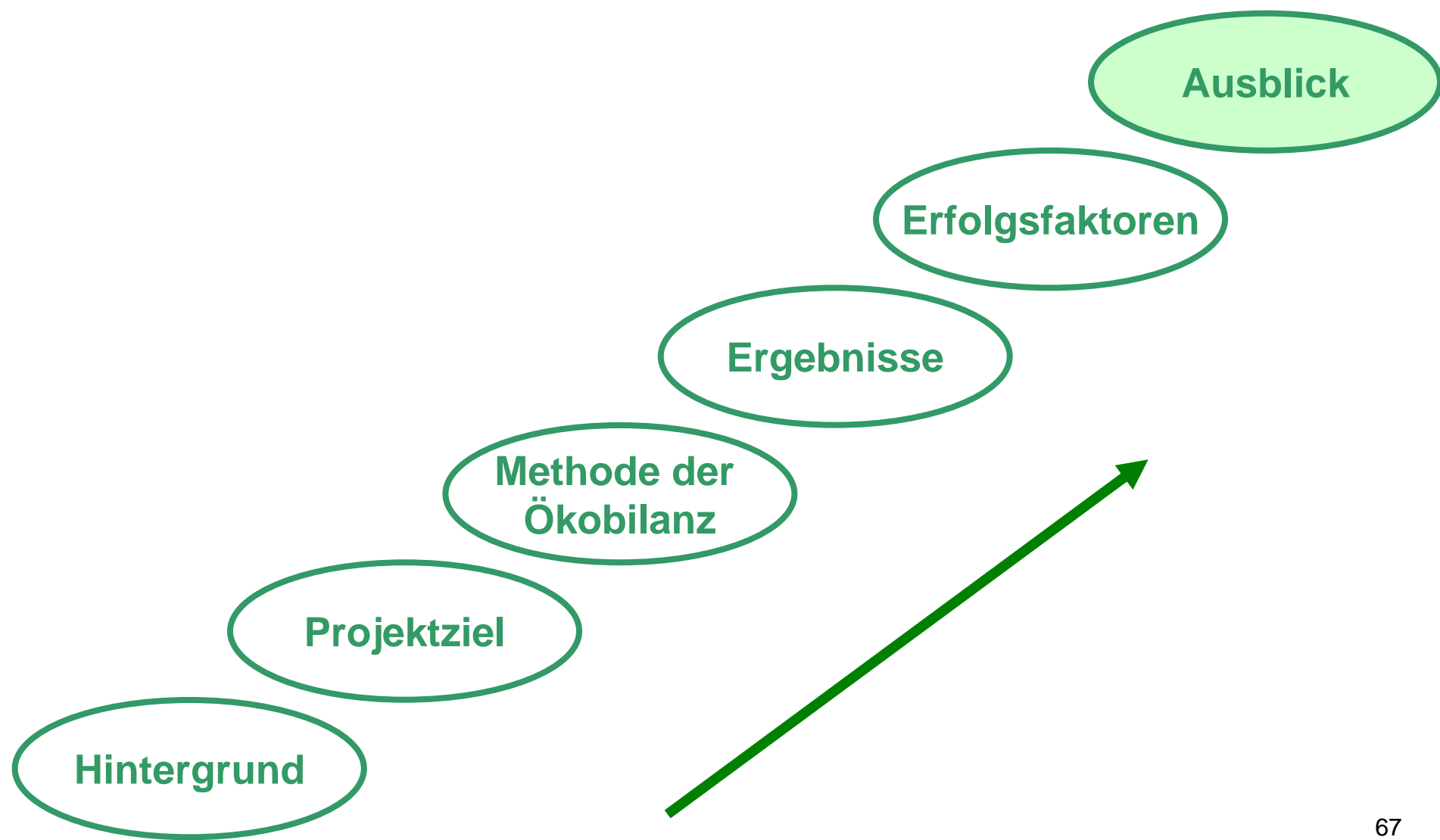
| Veränderung der Umweltauswirkung | reales Referenzsystem | | fossiles Referenzsystem | | erneuerbares Referenzsystem | |
|----------------------------------|-----------------------|--------|-------------------------|--------|-----------------------------|--------|
| | Min | Max | Min | Max | Min | Max |
| Treibhauseffekt | 20% | 2.270% | 140% | 6.810% | -80% | 550% |
| Versauerung | -90% | -60% | -90% | -50% | -90% | -70% |
| Bodennahe Ozonbildung | -80% | 40% | -50% | -9% | -80% | 70% |
| Staub | -10% | 1.890% | -80% | -50% | 190% | 1.900% |
| Fossiler Primärenergiebedarf | 90% | 780% | 520% | 2.170% | -90% | 140% |

positiver Wert: Erhöhung im Vergleich zu Biogassystemen

negativer Wert: Reduktion im Vergleich zu Biogassystemen

Umweltwirkungen im Vergleich





Zusammenfassung der Ergebnisse

- + Beitrag zum **Treibhaus-Effekt** in allen Fällen reduziert
Höhere Reduktion mit Reststoffen und Gülle
- Beitrag zur **Versauerung** höher im Vergleich zu Referenzsystemen durch NH_3 -Emissionen bei der Gärrestaufbringung
- ~ Beitrag zur **Bodennahen Ozonbildung**:
Keine klare Tendenz ersichtlich
- + **Fossiler Primärenergiebedarf**:
Hohe Reduktion im Vergleich zu fossilen Referenzsystemen
Höher im Vergleich zu erneuerbaren Referenzsystemen (für Systeme mit Biogas-BHKW)
- ~ **Staub-Emissionen**:
Höher als bei fossilen Referenzsystemen
Niedriger als bei erneuerbaren Referenzsystemen

- ✓ **Rohstoffanbau** entsprechend „guter landwirtschaftlicher Praxis“
- ✓ **Ausbringtechnik:** Rahmenbedingungen (z.B. Witterung) und techn. Aspekte zur Minderung der NH_3 -Emissionen beachten
- ✓ **Wärmenutzung:** Je höher die Nutzung der anfallenden Wärme bei der Stromerzeugung desto vorteilhafter für das Biogassystem
- ✓ **Einsatz von Reststoffen:** Vorteilhaft bei Ersatz von Kompostierung, Umsetzung in der Realität auf Grund von kurzfristiger Ressourcenverknappung jedoch fraglich

Erfolgsfaktoren für nachhaltige Biogas-Nutzung (II)

- ✓ **Ersatz von fossilen Energieträgern:** Berücksichtigung der Referenznutzung (z.B. Energieproduktion aus Reststoffen in Kläranlagen)
- ✓ **geschlossenes Endlager** zur Verringerung von CH_4 - u. NH_3 -Emissionen
- ✓ **BHKW:** Minimierung von CH_4 -Schlupf und Einsatz von Katalysatoren zur Emissionsreduktion

- Vorliegende Werte für **Emissionen bei Lagerung** und Aufbringung von Gärresten (N_2O -, NH_3 -, CH_4 -Emissionen) unterliegen hohen Schwankungsbreiten
 - Bedarf für repräsentative Messungen als Basis für zukünftige Bewertungen
 - Gesamte Datenlage durch empirische Untersuchungen verbessern
- **Gärrestaufbereitung**
- **Rohstoffaufbereitung**
 - Erhöhung des Energiegewinnungspotentials
 - Verfahrenstechnische Optimierung wie z.B. Einsatz von trägergebundenen Mikroorganismen