

UNIVERSITÄT

DUISBURG
ESSEN

INGENIEURSCHAFTEN



Ökobilanzielle Bewertung der stofflichen Verwertung von Bioabfällen

Dipl.-Ing. Sebastian Schmuck, M. Sc. · Prof. Dr.-Ing. Renatus Widmann
Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft

Universitätsstr. 15 SiWaWi.Abfall@uni-due.de
45141 Essen www.uni-due.de/SiwAwi

© www.wien.gv.at

Gliederung

Grundlagen der Ökobilanz

Erläuterung der Berechnungen (Vergärung)

Potentiale des Komposts und Gärresten

Gegenüberstellung

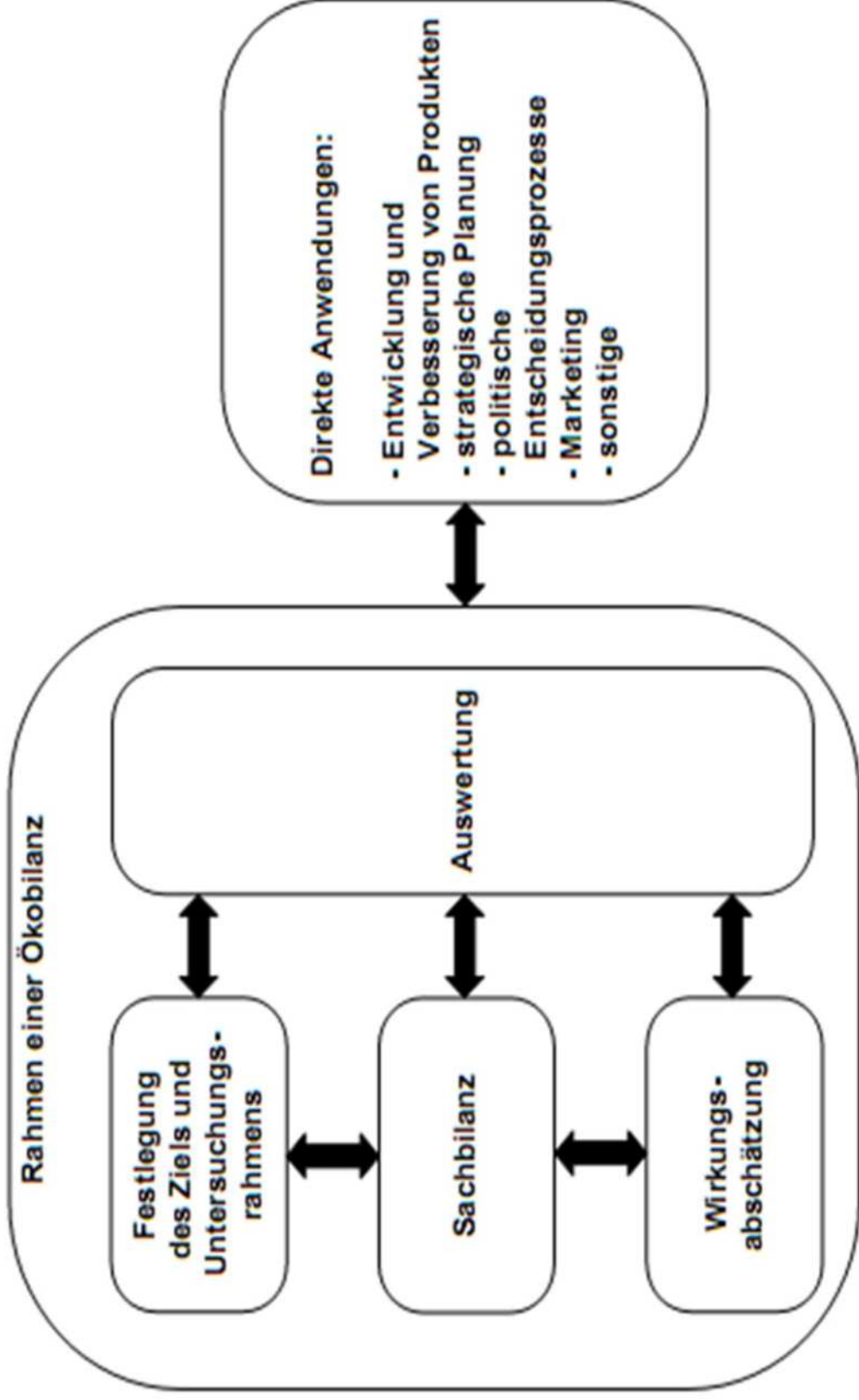
Zusammenfassung

Ausblick



Normenübersicht:

- DIN EN ISO 14040: 2010
- DIN EN ISO 14044: 2006-10
- Greenhousegasprotocol Scope 1 + 2
- PAS 2050
- DIN EN ISO 14064: 2006
- ISO/CD 14067-1 (2012) carbon footprint of products



Wirkungskategorien

- Ressourcenbeanspruchung
- Energiebedarf
- Flächennutzung
- Euthrophierung
- Beitrag zum Klimawandel

→ **CO₂-Fußabdruck der**

Kompostierung/Vergärung



Ziel des Untersuchungsrahmens

- Keine vollständige Ökobilanz der Bioabfallverwertung
 - Hauptaugenmerk auf CO₂-Emissionen
- Quantifizierung der CO₂-Emissionen der verschiedenen Verfahren der Bioabfallverwertung
- Möglichkeit der ganzheitlichen Betrachtung verschiedener Module

Ziel des Untersuchungsrahmen

Inputbetrachtung



Outputbetrachtung



Kompost ersetzt Dünger

Definition der funktionellen Einheit

Zusammensetzung mineralischer Dünger

80 kg ges. N/ha

$$Y_{N,M} = 80 \text{ kg/ha N}$$

100 kg K_2O /ha

$$Y_{K,M} = 83 \text{ kg/ha K}$$

60 kg P_2O_5 /ha

$$Y_{P,M} = 26,16 \text{ kg/ha P}$$

Funktionelle Einheit

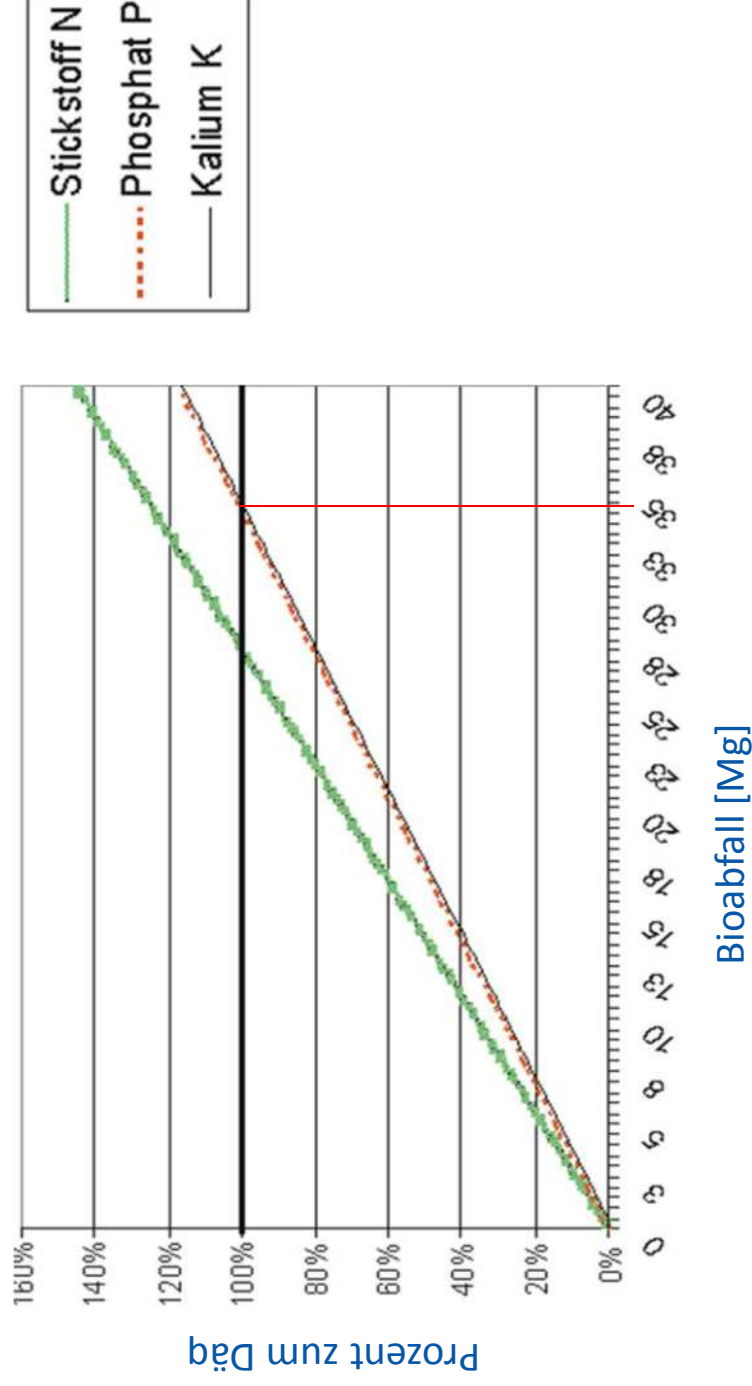
Düngemitteläquivalent Däq



- erforderliche Masse des zu erzeugenden Kompost
- erforderliche Inputmasse an Bioabfall
- erforderliche Inputmasse an Restabfall
- Menge an Mineralien

Inputmassen Bioabfall Vergärung

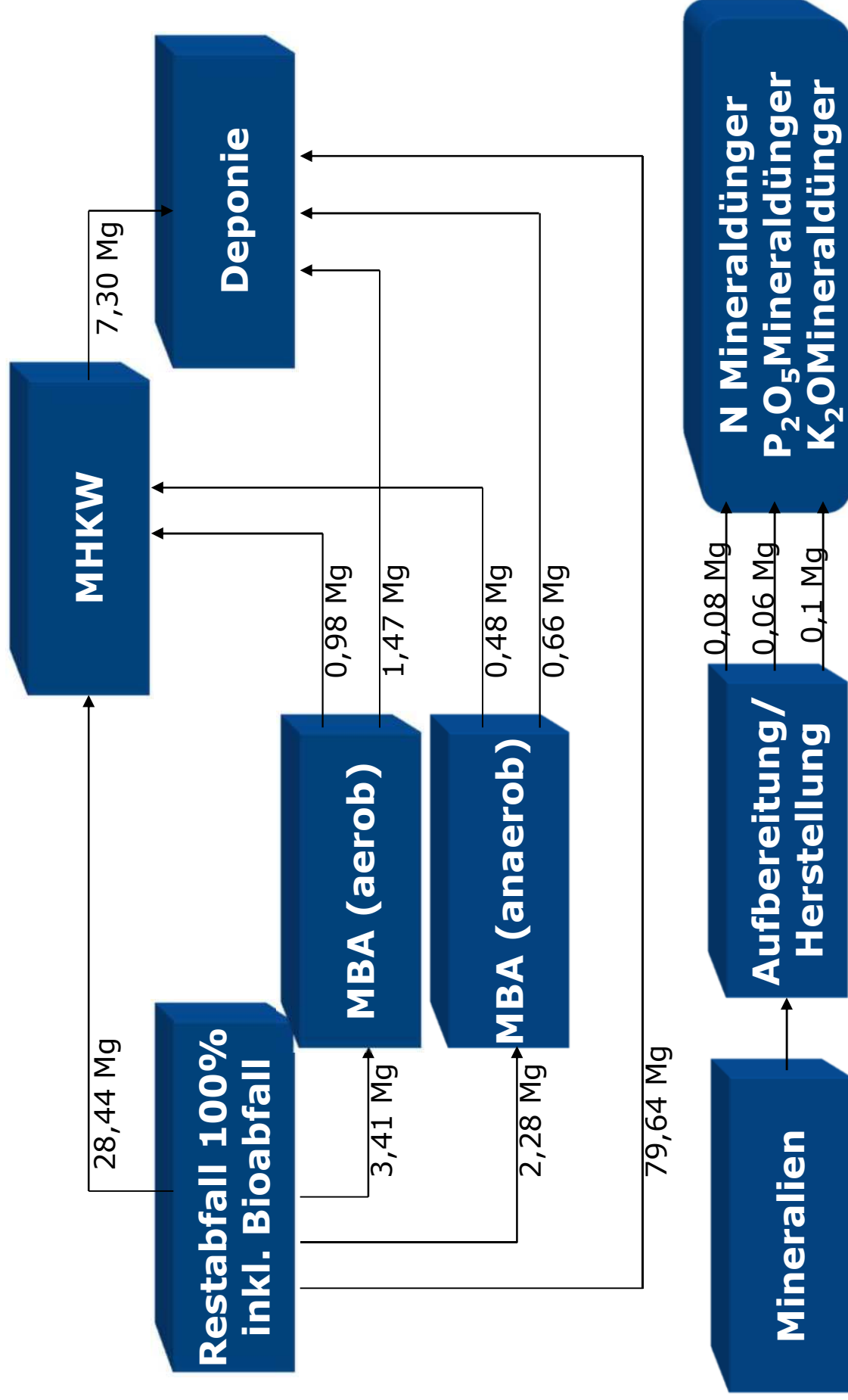
Anaerob



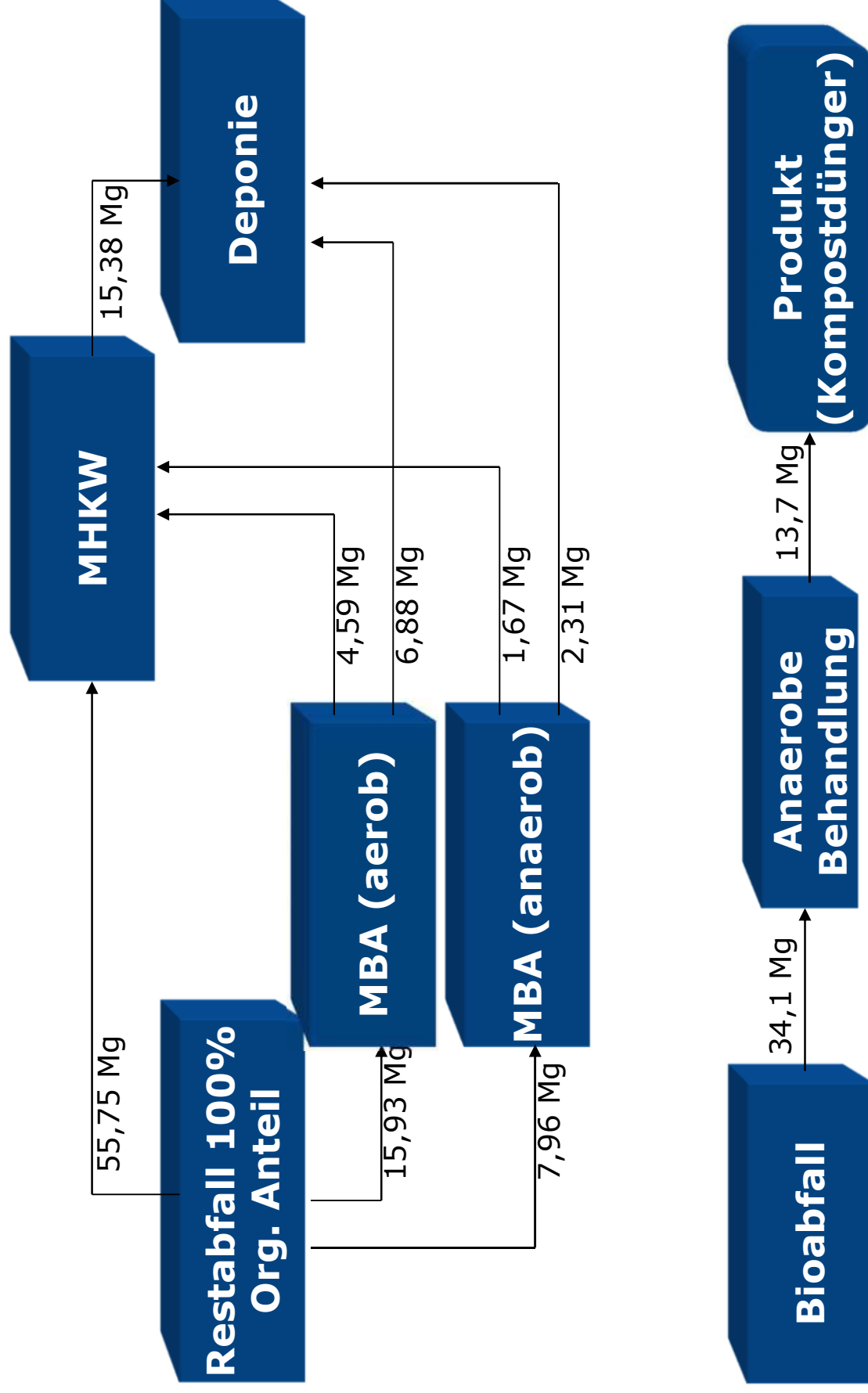
Szenarien und Module

- Referenzszenario
 - Vergleichsszenarien
- Bildung aus verschiedenen Modulen auf der Sachbilanzebene
- drei Arten von Modulen
 - Abfallbehandlung
 - Herstellung Dünger
 - Zusatzmodule
 - relevanten Input-Outputströme
 - klimarelevante Gase

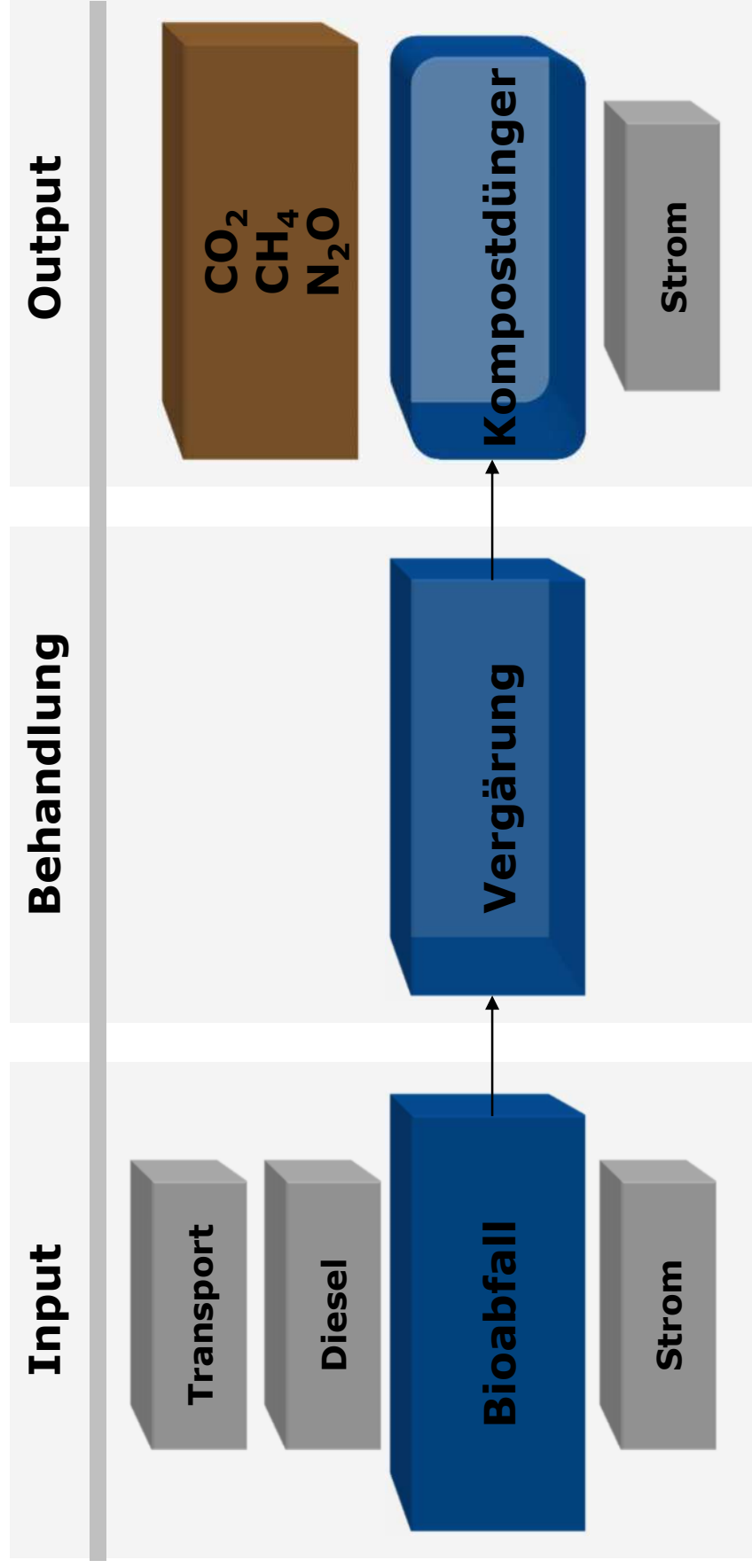
Referenzszenario (Vergärung)



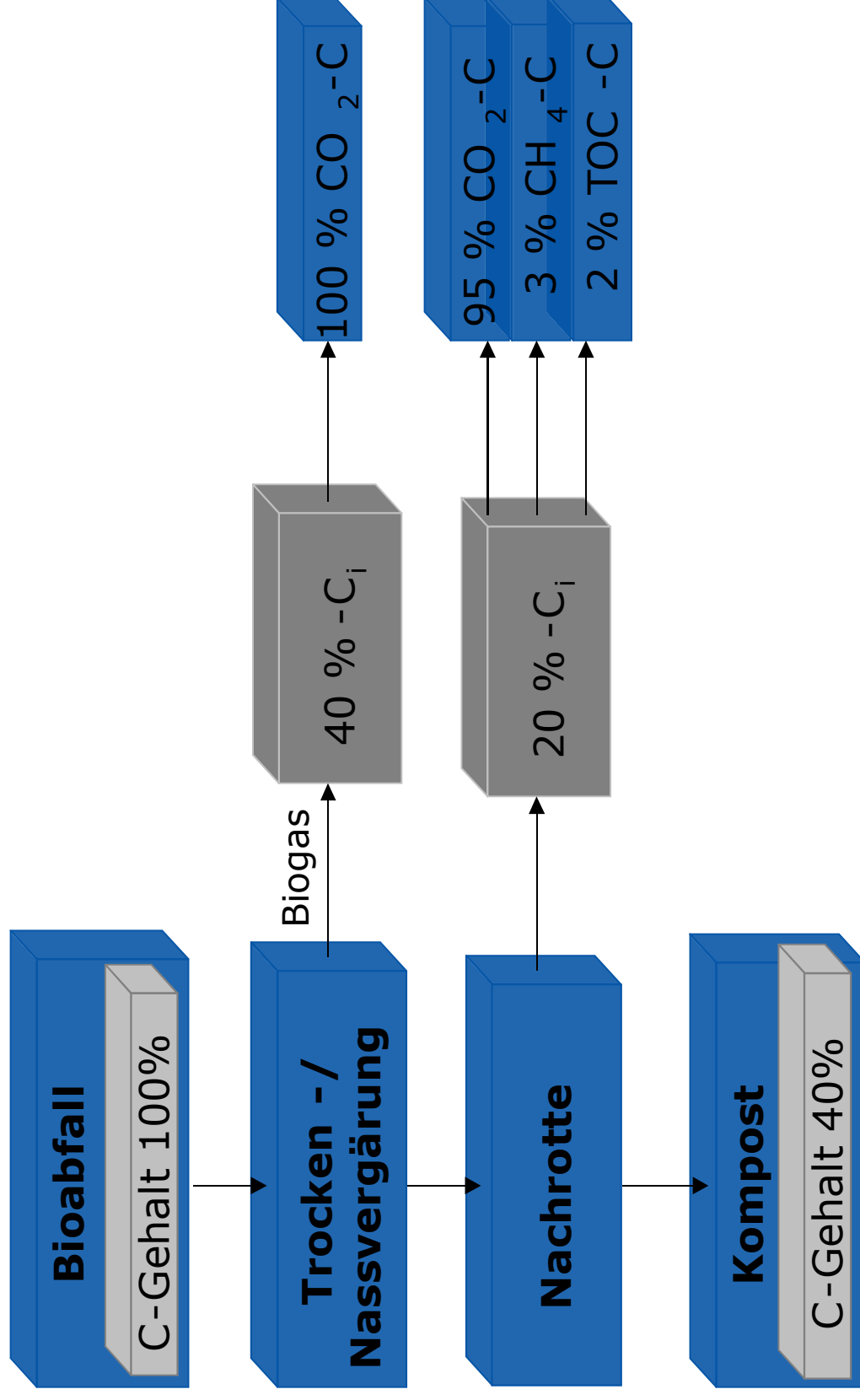
Vergleichsszenario (Vergärung)



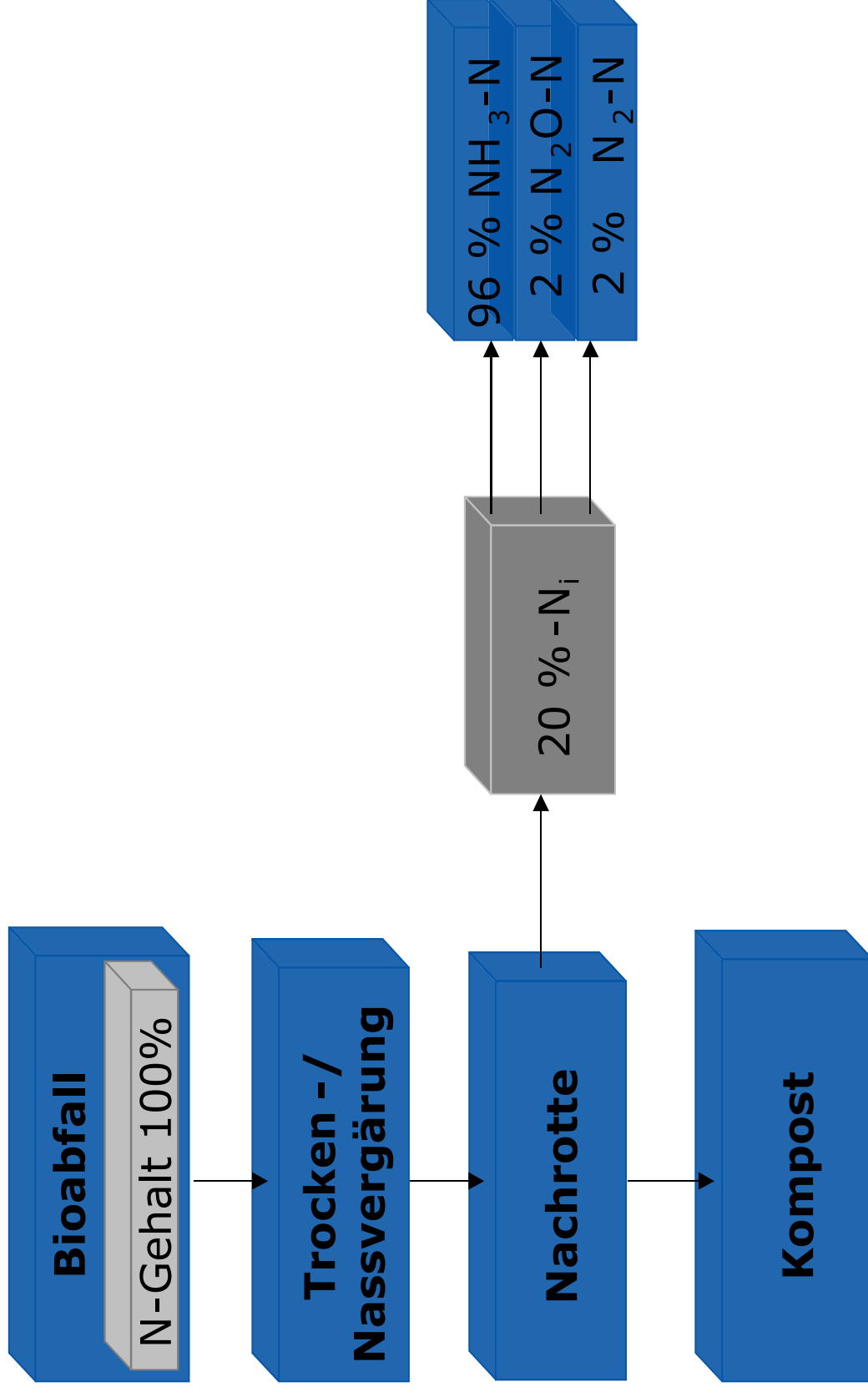
Modul Vergärung



Kohlenstoff Emissionen aus der Vergärung

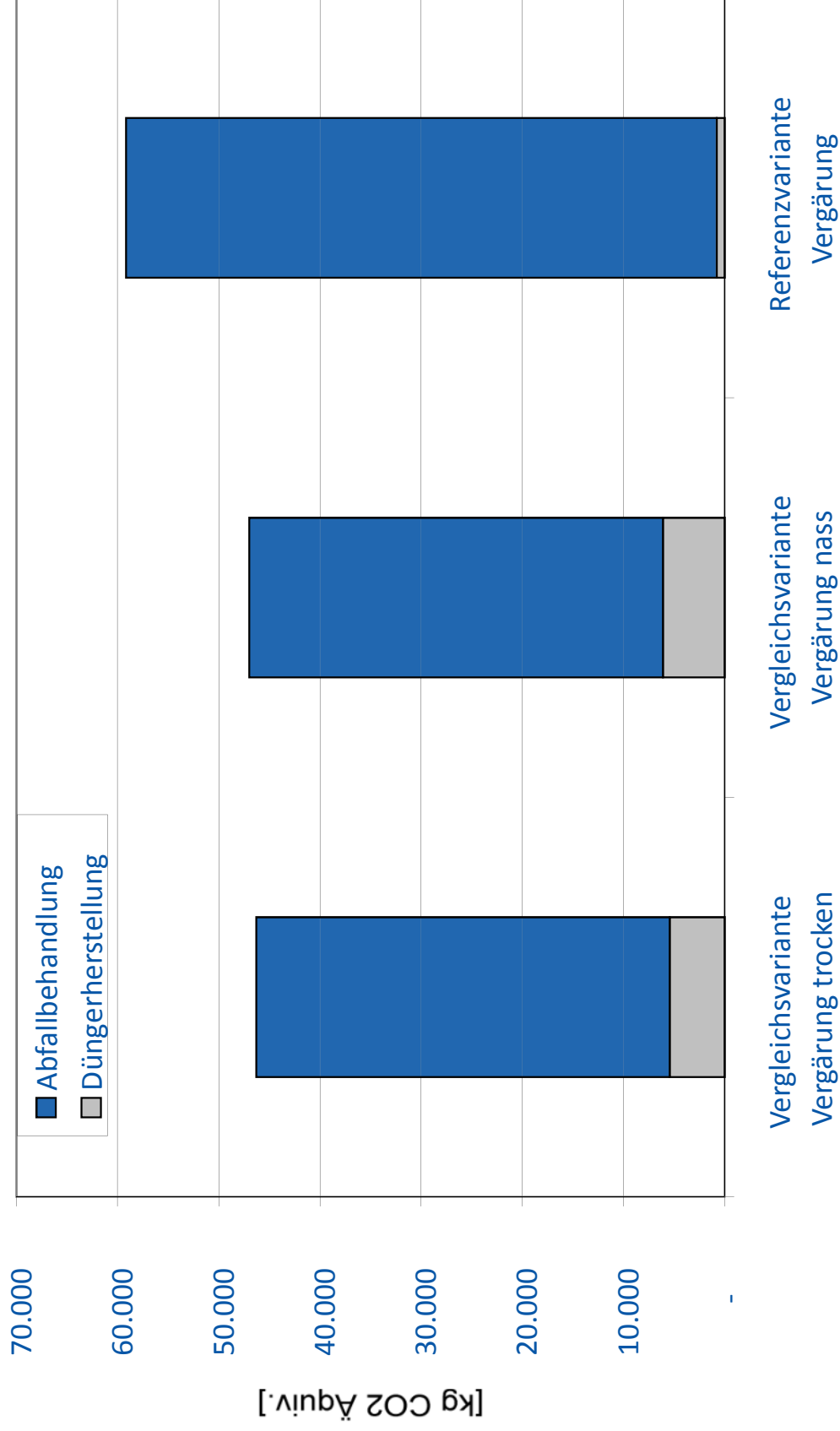


Stickstoff Emissionen aus der Vergärung

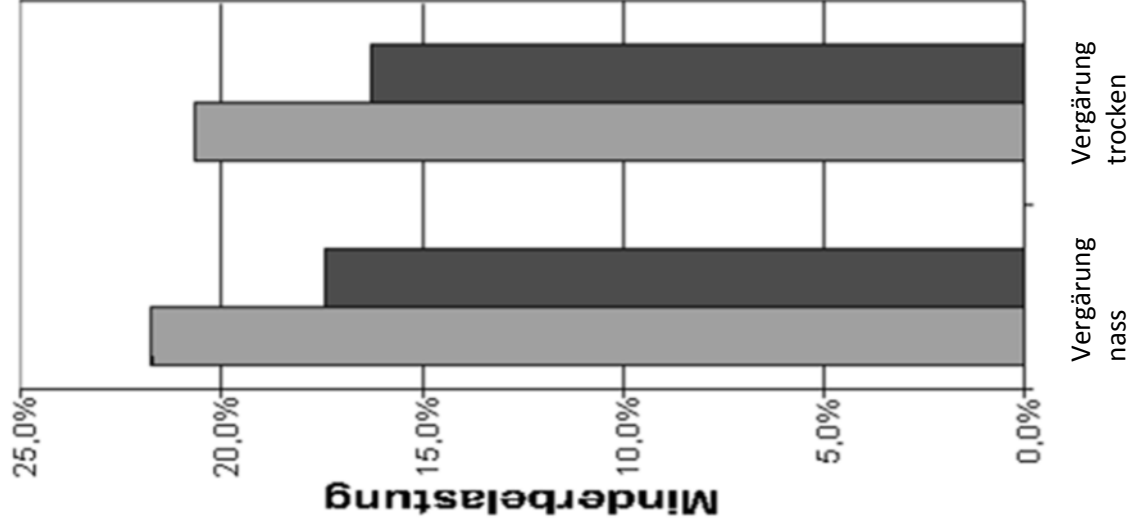


Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft

Bewertung innerhalb der Variante



Minderbelastung unter Berücksichtigung der Ausbringung



■ Werte ohne C-Austrag bei Ausbringung



© www.awb-wetterau.de

■ Werte mit C-Austrag bei Ausbringung



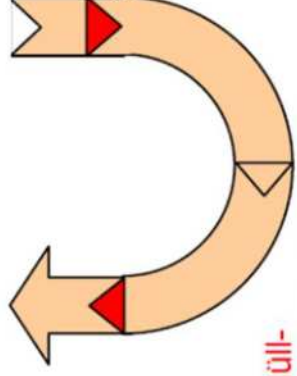
© www.peterbrack.ch

Potential des Komposts

Szenario „Verbrennung“ von organischen Reststoffen und Ersatz der verlorengehenden Nährstoffe

Verlorengegangene Pflanzennährstoffe:

6.900 t/a N,
37.500 t/a P₂O₅,
56.900 t/a K₂O,
2.850 t/a MgO,
216.300 t/a CaO

CO₂-Emissionen :

2,5 Mio. t/a durch Müll-
verbrennung und 0,23 Mio. t/a aus der
Erzeugung von mineralisch/synthetischen
Ersatznährstoffen

Pflanzennährstoffbedarf entspricht 625.000 ha, dies entspricht 5,3% der Ackerbaufläche in D, folglich ist auch der Anteil am Nährstoffbedarf gering

Gesamter möglicher getrennt erfasster Bioabfall wird der Kompostierung zugeführt (220 [kg/E])

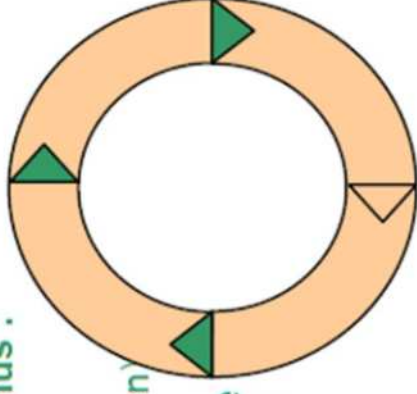
Szenario: „Vollausschöpfung des Kompostierungspotenzials und Landwirtschaftliche Anwendung“

Erzeugter Dauerhumus :

1,23 Mio. t/a
(= 2,26 Mio. t/a CO₂-
Emissionen vermieden)

Verfügbar gemachte Pflanzennährstoffe:

6.900 t/a N,
37.500 t/a P₂O₅,
56.900 t/a K₂O,
2.850 t/a MgO,
216.300 t/a CaO



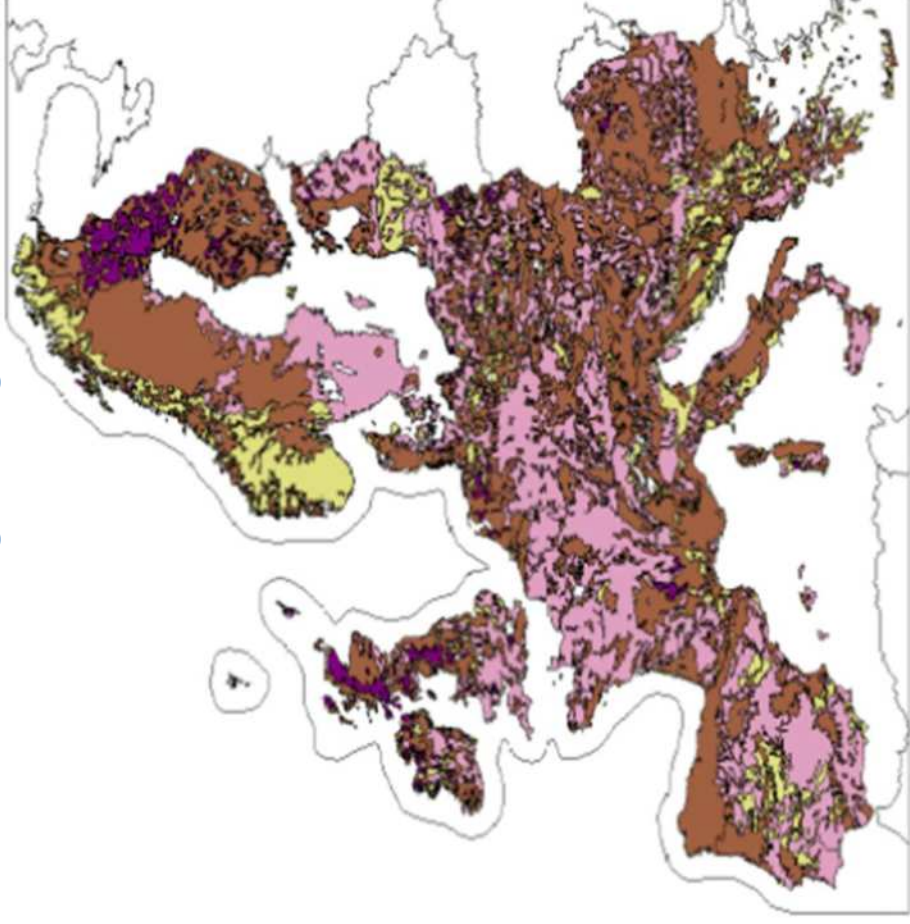
Vermiedene Emissionen: 0,23 Mio. t CO₂/a
(keine Synthese von mineralisch-
synthetischen Düngemitteln)

**CO₂-Emissionen: 0,49 Mio. t/a durch den
Betrieb der Kompostierungsanlagen.**

Humusbildung durch Kompostierung

Die meisten ackerbaulich genutzten Flächen weisen zu geringe Humusgehalte auf;
Konzentration von organisch gebundenem Kohlenstoff: 1,5 %

Abb. 1: Gehalt an organischem Kohlenstoff
in der oberen Bodenschicht (0-25 cm)



Geschätzte Masse an organischem Kohlenstoff:

15 EU-Länder: ca. 40,65 Gt

13 EU-Länder (exkl. Finnland und Schweden):
ca. 26,93 Gt

Welt: ca. 1.500 Gt

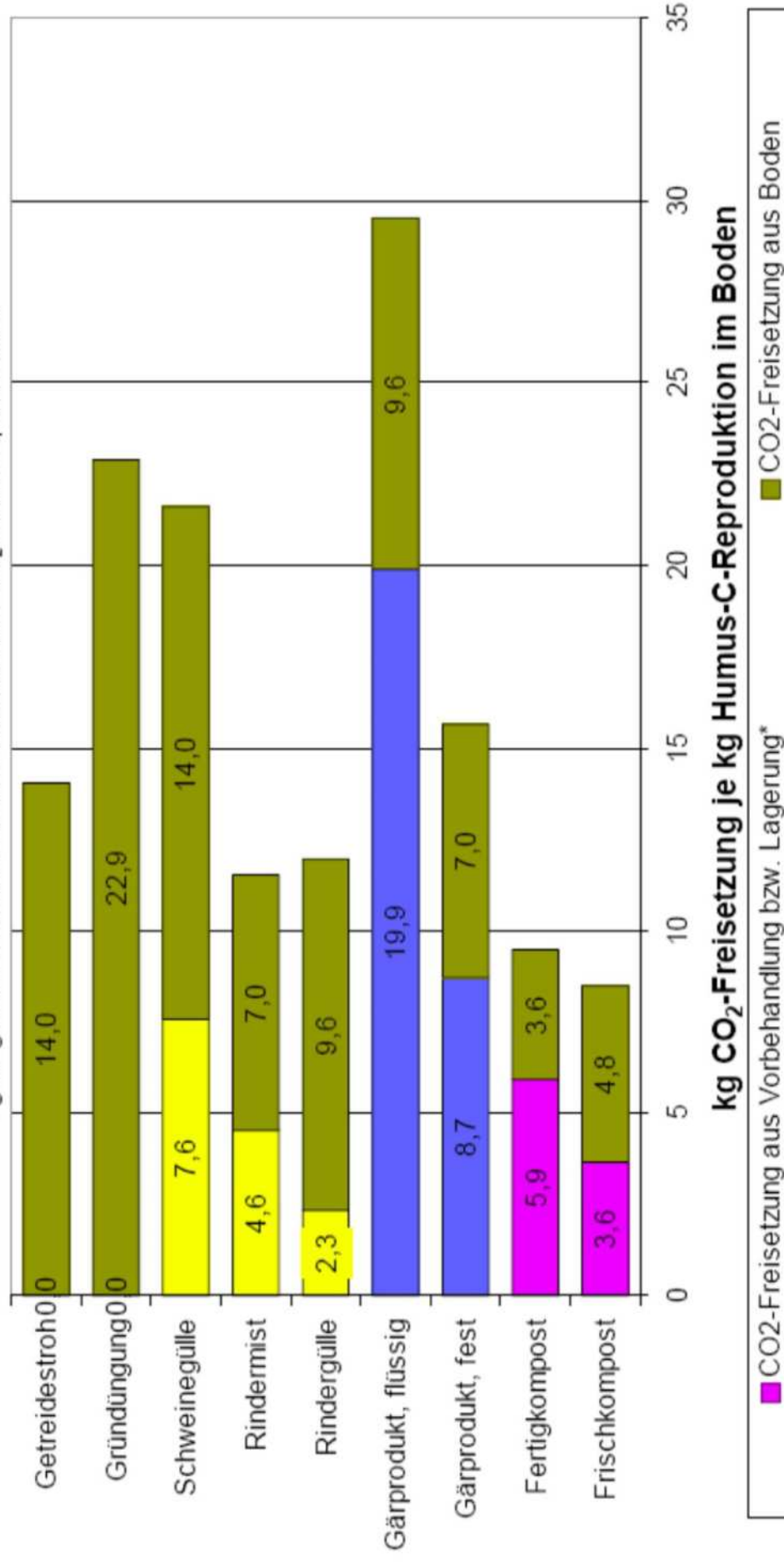
Quelle : European Soil Bureau [15]

Humus = Gesamtheit der toten organischen Substanz;

Hauptbestandteile: Huminsäuren und Fulvosäuren als C-Träger

CO₂ Freisetzung bei der Humusversorgung der Böden

- Freisetzung aus Biogasverbrennung ist blau dargestellt,
- gelb gekennzeichnete Flächen können statt CO₂ auch CH₄ freisetzen



Betrachtung der CO₂e-Emissionen

	Kompostierung	Vergärung	Verbrennung
vermiedene Emissionen (Mio.-t CO₂e)	1,23	1,05	2,89
bedingte Emissionen	1,33	1,98	1,93
N ₂ O + CH ₄ Emissionen aus Kompost	0,84	1,89	-
Betrieb der Anlage	0,49	0,09	1,93
vermiedene Emissionen	2,54	3,02	4,82
Humusbindung von Kohlenstoff	2,26	2,36	0
Produktion von Düngemitteln	0,20	0,20	0
Fossile Energiegutschrift	0	0,46	4,82

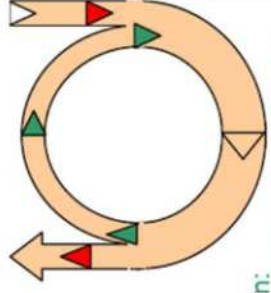
In Anlehnung an Zahlen des EPEA Internationale Umweltforschung GmbH

Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft

45%ige Ausschöpfung des Kompostierungspotentials

Szenario „45%ige Ausschöpfung des hochwertigen Kompostierungspotentials & landwirtschaftliche Anwendung“

Erzeugter Dauerhumus (Inkl. durch Eigenkompostierung: 0,95 Mio. t/a (= 1,74 Mio. t/a vermiedene CO₂-Emissionen))



Verfügbar gemachte Pflanzennährstoffe:

3.100 t/a N,
16.750 t/a P₂O₅,
25.400 t/a K₂O,
1.270 t/a MgO,
96.700 t/a CaO

Vermiedene Emissionen:
0,1 Mio. t CO₂/a. (Keine Düngemittelsynthese)

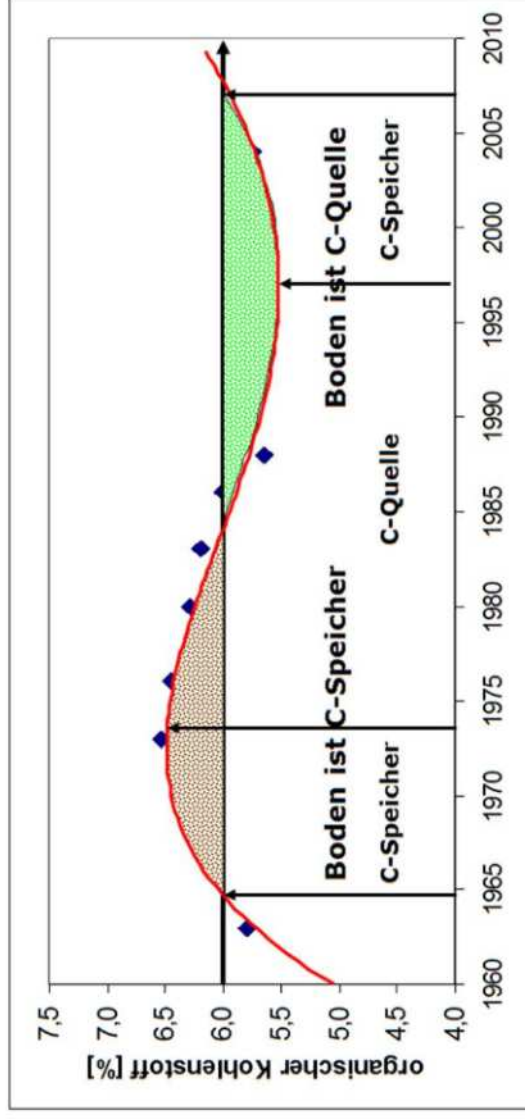
Verlorengegangene/suboptimal genutzte Pflanzennährstoffe:

3.800 t/a N,
20.750 t/a P₂O₅,
31.500 t/a K₂O,
1.580 t/a MgO,
119.600 t/a CaO

CO₂-Emissionen:

0,53 Mio. t/a durch Verbrennung des Bioabfalls
0,13 Mio. t/a durch Produktion von mineralisch-synthetischen Düngern zum Ersatz von verloren gegangenen Nährstoffen
0,22 Mio. t/a durch den Betrieb von Kompostierungsanlagen.

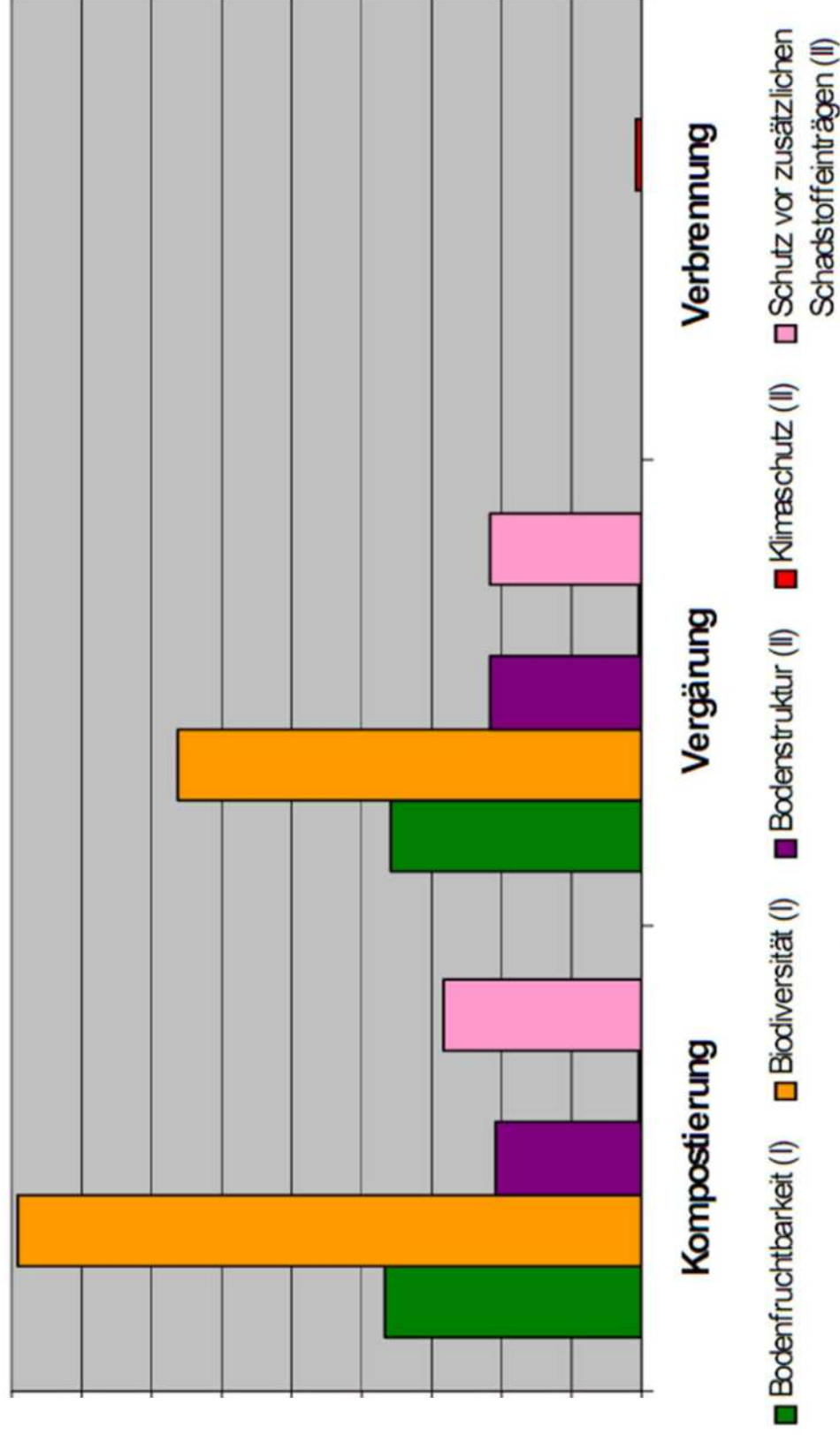
← 45 % des gesamten Bioabfalls werden zu Kompost, dies entspricht einer getrennt erfassten Menge von 8 Mio-t



nach M. Körschens, J. Rogasik (2007)

- Kompost hat die geringsten CO₂e Emissionen zur Erzeugung von Dauerhumus
- Potentielle Senke für Kohlenstoff (dauerhafte Einbindung)

Ökologische Effektivität der Bioabfallbehandlung



Zusammenfassung

- Gutschrift Einsparung fossiler Energieträger für Wärme- und elektrische Energie bei der Verbrennung
- Dauerhafte Kohlenstoffsinke im Kompost
- Erhöhung der Bodenerträge (Speicherung Kohlenstoff in Pflanzen) durch Humus nicht eingerechnet
- Düngemittleinsparung möglich
- Forschungspotential in der Minimierung der CH₄ und N₂O Emissionen aus Kompostierung
- Insgesamt ökologischer Vorteil der stofflichen Bioabfallverwertung

Ausblick

- Einfügen neuer Module wie der Perkolatation
- Weitergehende Optimierungen notwendig und zu implementieren
- Betrachtung der Nassausbringung aus thermophilen Anlagen \leftrightarrow Kompostierung bei mesophilen Anlagen
- Anpassung an neue gesetzliche Rahmenbedingungen möglich
- „Dünger“ ist ein Produkt, somit ab 2012 Bilanzierung nach DIN EN ISO 14067 möglich

UNIVERSITÄT

DUISBURG
ESSEN

I N G E N I E U R S C H A F T E N



Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dipl.-Ing. Sebastian Schmuck, M. Sc. · Prof. Dr.-Ing. Renatus Widmann
Siedlungswasser- und Abfallwirtschaft

Universitätsstr. 15 SiWaWi.Abfall@uni-due.de
45141 Essen www.uni-due.de/SiWaWi