



lebensministerium.at

# Kurzgutachten zur Frachtbegrenzung für Emissionen aus der MBA - Anhang

= Klimabilanz der untersuchten Varianten =

Studie erstellt im Auftrag des Lebensministeriums

lebensministerium.at

sterium.at

lebensministerium.at

lebensministerium.at

lebensministerium.at

lebensministerium.at

lebensministerium.at

lebensministerium.at

lebensministerium.at

lebensministerium.at

lebensministerium.at



# NACHHALTIG FÜR NATUR UND MENSCH SUSTAINABLE FOR NATURE AND MANKIND

## Lebensqualität / *Quality of life*

Wir schaffen und sichern die Voraussetzungen für eine hohe Qualität des Lebens in Österreich.

*We create and we safeguard the prerequisites for a high quality of life in Austria.*

## Lebensgrundlagen / *Bases of life*

Wir stehen für vorsorgende Erhaltung und verantwortungsvolle Nutzung der Lebensgrundlagen Boden, Wasser, Luft, Energie und biologische Vielfalt.

*We stand for a preventive preservation and responsible use of the bases of life, soil, water, air, energy, and biodiversity.*

## Lebensraum / *Living environment*

Wir setzen uns für eine umweltgerechte Entwicklung und den Schutz der Lebensräume in Stadt und Land ein.

*We support an environmentally benign development and the protection of living environments in urban and rural areas.*

## Lebensmittel / *Food*

Wir sorgen für die nachhaltige Produktion insbesondere sicherer und hochwertiger Lebensmittel und nachwachsender Rohstoffe.

*We provide for the sustainable production in particular of safe and high-quality foodstuffs and of renewable resources.*

### IMPRESSUM

Medieninhaber und Herausgeber:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft  
1010 Wien, Stubenring 1

Gesamtkoordination:  
Abteilung VI/3

Copyright:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft  
Alle Rechte vorbehalten.





lebensministerium.at

# **Kurzgutachten zur Frachtbegrenzung für Emissionen aus der MBA Anhang**

= Klimabilanz der untersuchten Varianten =

Studie erstellt im Auftrag des Lebensministeriums

## Klimabilanz der untersuchten Varianten

Zur Abschätzung der Klimaeffekte der unterschiedlichen Varianten wurde eine vereinfachte Klimabilanzierung mit den Ansätzen in Tab. A 1 für alle Varianten durchgeführt. Der Bilanzrahmen wurde begrenzt auf die Systeme der Abgasreinigung inkl. des Stromverbrauchs für die Belüftung der Mieten.

Bei der nachfolgenden Betrachtung gehen die Emissionen ( $\text{CH}_4$  und  $\text{N}_2\text{O}$ ) und der Energiebedarf (Strom, Erdgas) als Belastung in die Bewertung ein. Als Gutschrift wird der eingespeiste Strom und die verwertete ASL-Menge aus dem sauren Wäscher berücksichtigt.

Die Emissionsfrachten im Reingas ergeben sich aus den Varianten ( $\text{CH}_4$ ) bzw. wurden variantenunabhängig mit konstantem Wert angesetzt ( $\text{N}_2\text{O}$ ), der aus Betriebsergebnissen der deutschen MBA-Anlagen abgeleitet wurde.

Bei der Variante 1 (MBA mit Vergärung) wurde der mit dem erzeugten Biogas erzeugte Strom nach Abzug Gas- und Strom-Eigenbedarf der MBA und Abzug von 5 % Fackelverluste als Gutschrift berücksichtigt.

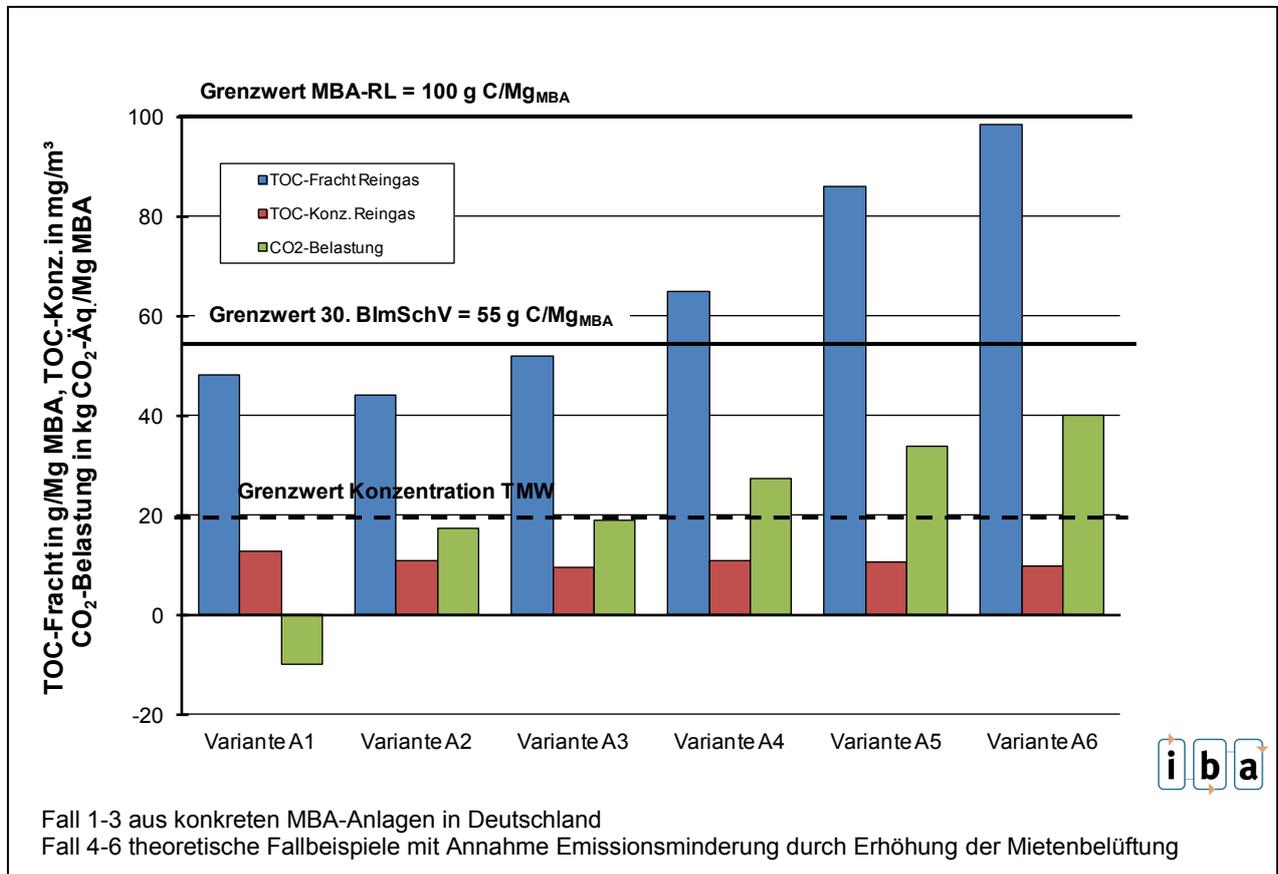
Der erhöhte Strombedarf zur Erzielung von minimierten Abluftmengen durch Umluffführung, Kühlung etc. wurde bei den Tunnelsystemen durch Berücksichtigung eines Umlufffaktors von 3 und eines erhöhten Strombedarfs für die Tunnelbelüftung von  $1,5 \text{ kWh}/1.000 \text{ Nm}^3$  eingestellt. Für den  $\text{CO}_2$ -Emissionsfaktor Strom wurde der Strommix Österreich angesetzt.

Die Varianten 1-3 basieren auf der Emissionssituation konkreter MBA-Anlagen in Deutschland. Die Varianten 4-6 stellen theoretische Fallbeispiele dar, die auf der Annahme basieren, dass durch eine Erhöhung der Mietenbelüftungsraten die freigesetzte Emissionsfracht, insbesondere durch Reduzierung der Methananteile in der Mietenabluf, deutlich vermindert werden kann.

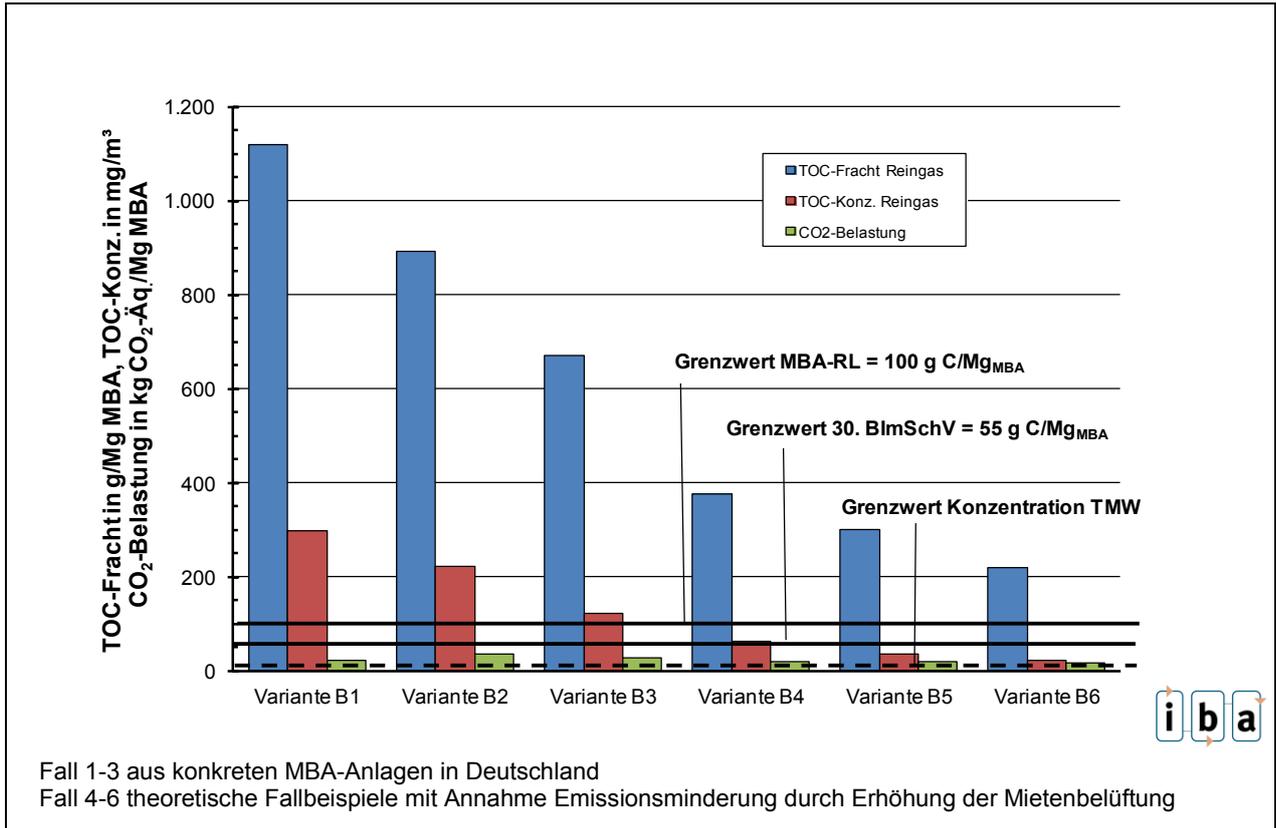
<b>Bezugsgröße für alle Varianten</b>		<b>Mg<sub>MBA</sub></b>
<b>Abluftförderung</b>		
Umlufffaktor Tunnel	-	3
Umluft Tunnel	kWh/1.000 Nm <sup>3</sup>	1,5
Belüftung Hallenrotte	kWh/1.000 Nm <sup>3</sup>	1,0
<b>RTO</b>		
therm. Brennstoffbedarf (inkl. Rohgas)	kWh/1.000 Nm <sup>3</sup>	15
Strombedarf	kWh/1.000 Nm <sup>3</sup>	2,5
Energieinhalt TOC	kWh/kgC	18,5
Rohgaswerte TOC	mg C/Nm <sup>3</sup>	variantenabhängig
Reingaswerte TOC	mg C/Nm <sup>3</sup>	7
<b>Biofilter</b>		
Strombedarf	kWh/1.000 Nm <sup>3</sup>	1,0
Reingaswerte TOC	mgC/m <sup>3</sup>	variantenabhängig
Methanabbau im Biofilter	% CH <sub>4</sub>	0
NMVOG-C-Abbau	%	50-80 rohgasabhängig
Mindest-NMVOG-Gehalt Reingas	mgC/m <sup>3</sup>	ca. 15
<b>NH<sub>3</sub>/N<sub>2</sub>O</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>keine relevante Lachgasbildung in der Rotte durch entspr. Rottsteuerung von Intensiv- u. Nachrotte</li> <li>Vermeidung der Lachgasbildung in der RTO und im Biofilter durch konsequente NH<sub>3</sub>-Abscheidung im sauren Wäscher, ≥ 95 % NH<sub>3</sub>-Abscheidung im sauren Wäscher</li> <li>Lachgas im Reingas in allen Varianten auf gleichem Niveau (variantenunabhängig, N<sub>2</sub>O-Fracht in allen Varianten 30 g/Mg<sub>MBA</sub>, davon 50 % primäre Lachgasbildung)</li> </ul>		
<b>Vergärung</b>		
Anteil Feinfraktion gesamt	%	50
davon zur Vergärung	%	70
TS-Gehalt Feinfraktion	%	55
oTS-Gehalt Feinfraktion	%	50
Biogasertrag	Nm <sup>3</sup> /Mg <sub>Vergärung</sub>	125
Methangehalt	%	55
Biogasnutzung		
<ul style="list-style-type: none"> <li>RTO</li> <li>Fackelverluste, pauschal</li> <li>Wärmebedarf Vergärung</li> <li>BHKW, elektr. Wirkungsgrad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>%</li> <li>%</li> <li>-</li> <li>%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>variantenabhängig</li> <li>5</li> <li>aus Abwärme BHKW</li> <li>38,5</li> </ul>
<b>CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren</b>		
Erdgas	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,257
Strom (Mix Österreich) (Bezug)	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,253
Strom (Einspeisung)	kg CO <sub>2</sub> /kWh	- 0,253
Strom (Mix Deutschland) (Vergleich)	kg CO <sub>2</sub> /kWh	0,598
Methan	kg CO <sub>2</sub> /kg	25
Lachgas	kg CO <sub>2</sub> /kg	298
ASL (Gutschrift)	kg CO <sub>2</sub> /kg N	-5,66
Menge ASL (variantenabhängig)	kg N/Mg <sub>MBA</sub>	0,6-0,7

**Tab. A 1: Annahmen und Ansätze zur Bilanzierung der untersuchten Varianten**

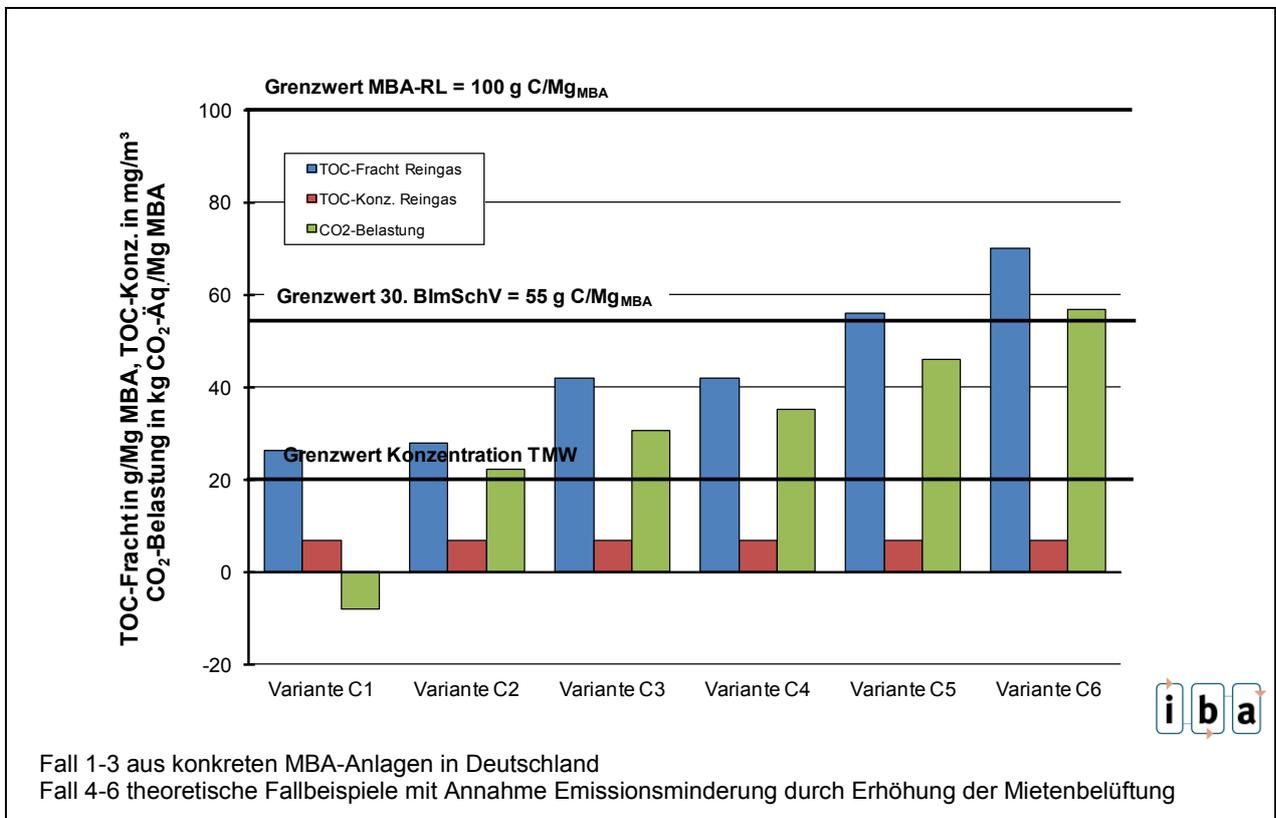
Die bei den Varianten mit den unterschiedlichen Verfahren der Abgasreinigung erzielbaren Reingaswerte und des dafür benötigten Energieaufwands bei unterschiedlicher Rohgasbelastung und wurden der daraus resultierenden CO<sub>2</sub>-Belastung gegenübergestellt (Bild A 1 bis Bild A 3).



**Bild A 1: Reingaswerte bei Abgasreinigung über Biofilter und RTO und daraus resultierende CO<sub>2</sub>-Belastung (Variante A1-A6)**



**Bild A 2: Reingaswerte bei Abgasreinigung über Biofilter und daraus resultierende CO<sub>2</sub>-Belastung (Variante B1-B6)**



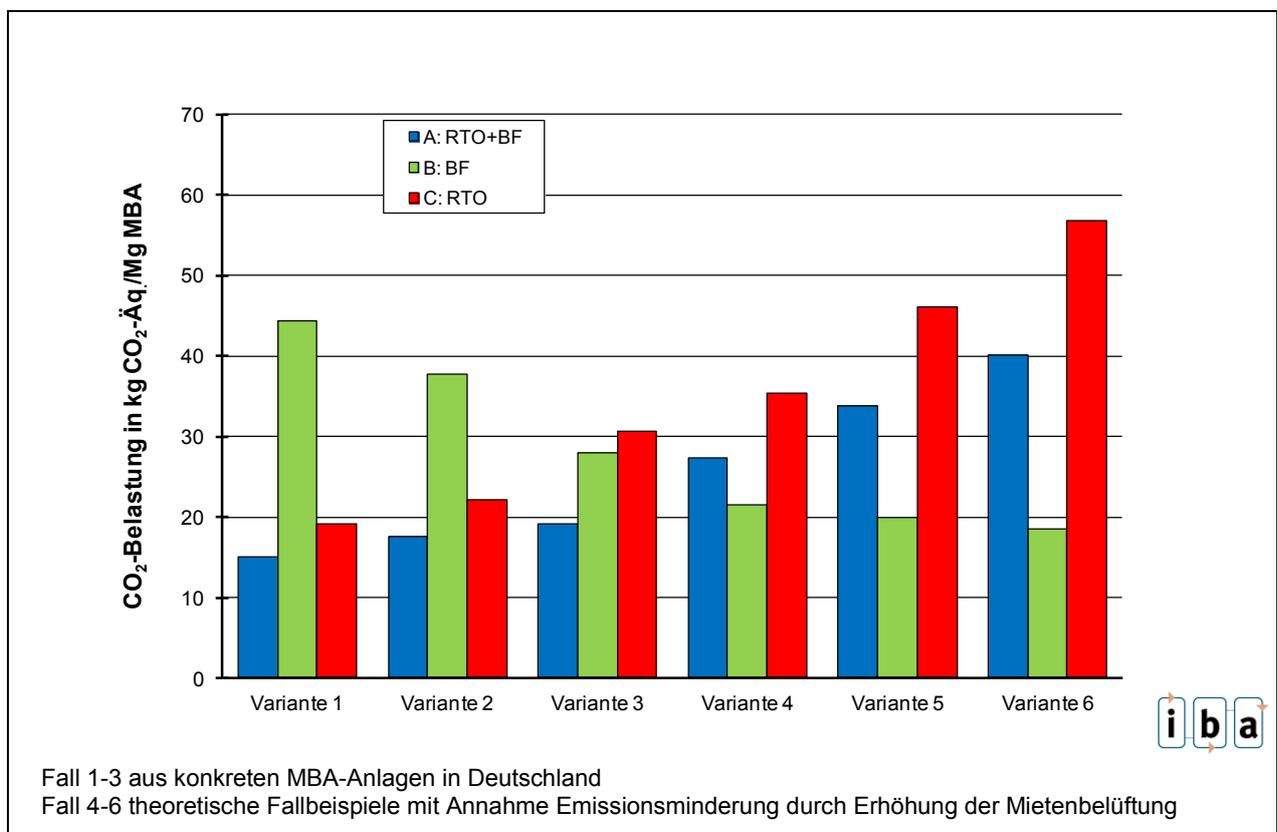
**Bild A 3: Reingaswerte bei Abgasreinigung über RTO und daraus resultierende CO<sub>2</sub>-Belastung (Variante C1-C6)**

Die Gegenüberstellung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Vergleich der Varianten zeigt folgende Erkenntnisse (Bild A 4 und Bild A 5):

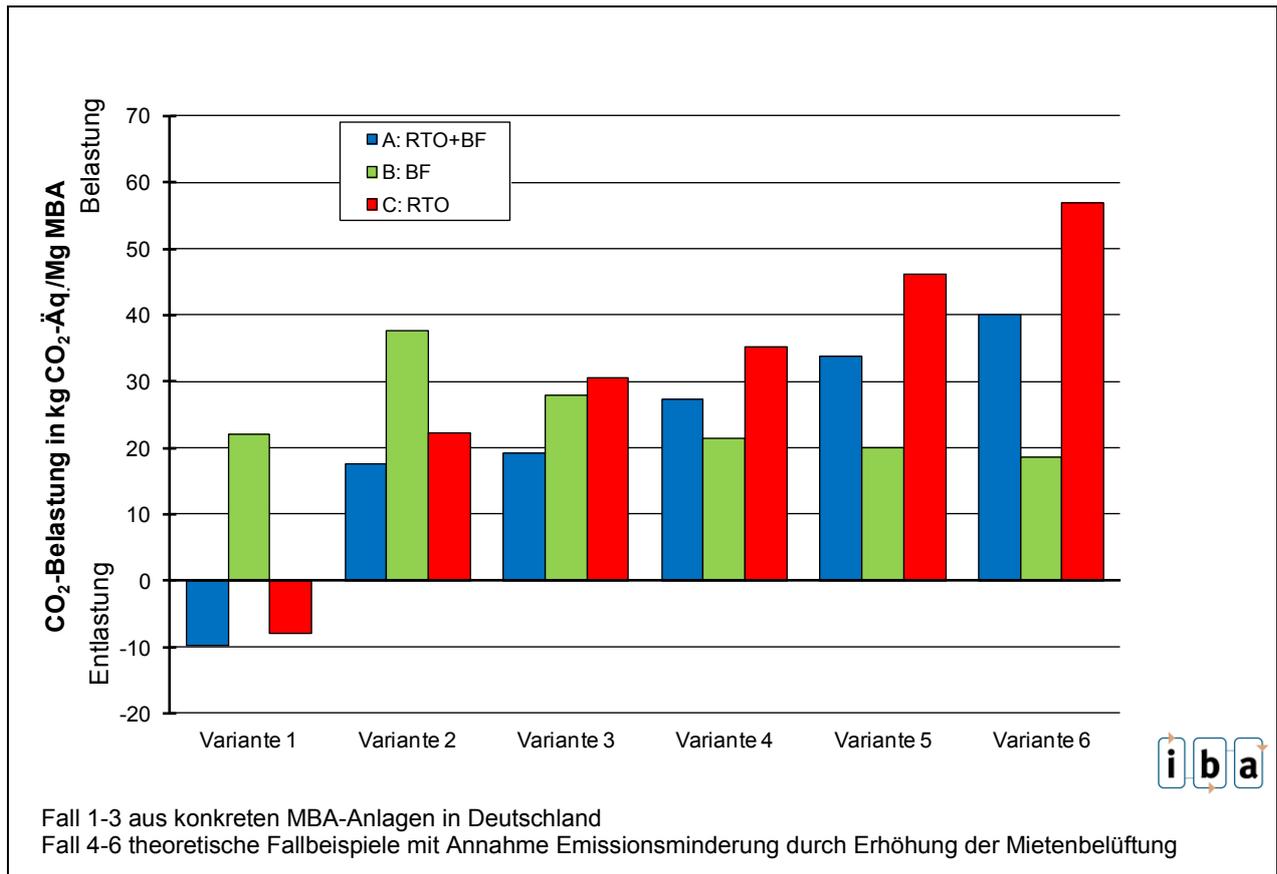
- Bei Behandlung von Abluft mit RTO weisen Kombi-Konzepte mit RTO+Biofilter grundsätzlich Vorteile gegenüber der alleinigen RTO-Lösung auf.
- Der Biofilter führt nur in den Varianten 1 und 2 zu einer höheren CO<sub>2</sub>-Belastung, in Variante 3 weist er Vorteile gegenüber der reinen RTO-Lösung auf, obwohl beim Biofilter mit 700 g C/Mg<sub>MBA</sub> deutlich mehr emittiert wird als bei der Abgasbehandlung mit RTO (40 g C/Mg<sub>MBA</sub>).
- Ab der Variante 4 weist die Biofilterlösung unter CO<sub>2</sub>-Gesichtspunkten trotz weiterhin höheren TOC-Emissionen Vorteile gegenüber beiden RTO-Lösungen auf.

D. h.: Erst wenn es gelingt, die Rohgasemissionen der MBA auf ein Niveau von 600 g C/Mg<sub>MBA</sub> (ca. 50 % der aktuellen deutschen Werte) zu senken, weist die Biofiltervariante unter CO<sub>2</sub>-Gesichtspunkten Vorteile gegenüber den RTO-Lösungen auf (Variante 4).

Bei geringeren C-Emissionen führt trotz Überschreitung der TOC-Frachten um den Faktor 2-4 die Biofilterlösung zu geringeren CO<sub>2</sub>-Belastungen gegenüber den Abluftvarianten mit RTO (Variante 5+6).



**Bild A 4: CO<sub>2</sub>-Bilanz ohne Berücksichtigung Gutschrift Biogasnutzung  
 Vergleich über alle Varianten A1 bis C6**



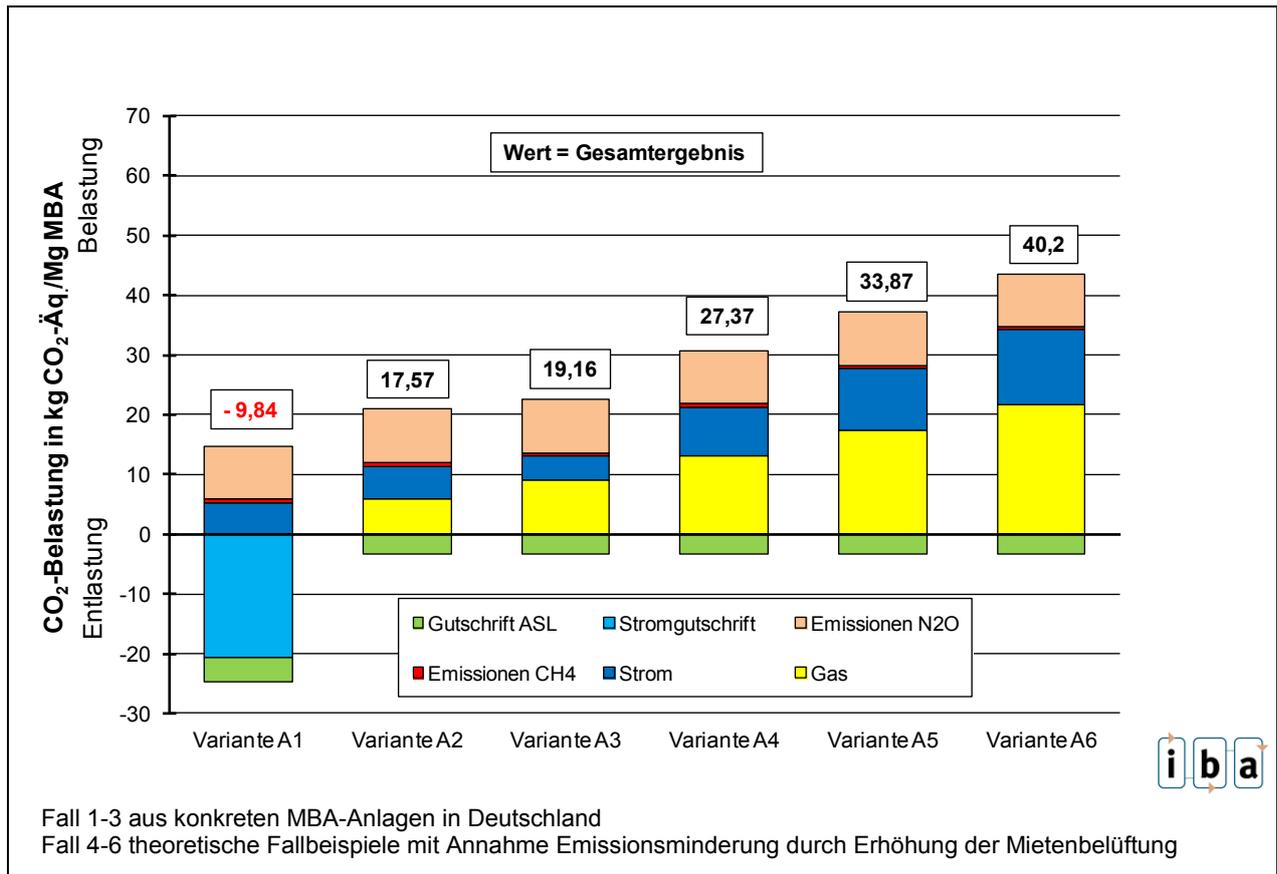
**Bild A 5: CO<sub>2</sub>-Bilanz mit Berücksichtigung Gutschrift Biogasnutzung  
 Vergleich über alle Varianten A1 bis C6**

Bei Berücksichtigung der Gutschriften für die Stromeinspeisung aus der Biogasnutzung wird der Klimaentlastungseffekt der Vergärungsstufe deutlich (Variante 1 in Bild A 5).

Das heißt: Die Vergärung der Feinfraktion führt bei den Varianten mit RTO zu einer Netto-Klimaentlastung. Bei Abluftreinigung über Biofilter verbleibt gegenüber der Rotte (Variante 2) ein relativer Klimavorteil, insgesamt verbleibt als Saldo jedoch eine Klimabelastung, die auf die CH<sub>4</sub>-Emissionen im Reingas nach Biofilter zurückzuführen ist.

Bei Berücksichtigung der Auswirkungen auf die gesamte MBA weist die Integration einer Vergärungsstufe in einer MBA-Anlage einen Klimavorteil gegenüber den Rotte-MBA-Anlagen in einer Größenordnung von 70-100 kg CO<sub>2</sub>-Äq./Mg<sub>MBA</sub> auf [KETELSEN ET AL., 2010].

Die Klimabilanz des Gesamtverfahrens MBA inkl. energetische Verwertung der hwr. Fraktion und Ablagerung der biologisch behandelten Feinfraktion wird maßgeblich beeinflusst von der Stoffstromaufteilung in der MBA, der Art der biologischen Behandlung (Rotte, Vergärung) sowie der Energieeffizienz der energetischen Verwertungsanlage (Kraftwerk, Zementwerk, MVA). Die bisher von iba untersuchten MBA-Anlagen der ASA weisen eine Netto-Klimagutschrift zwischen 60 und 480 kg CO<sub>2</sub>-Äq./Mg<sub>MBA</sub> auf [KETELSEN, 2011].

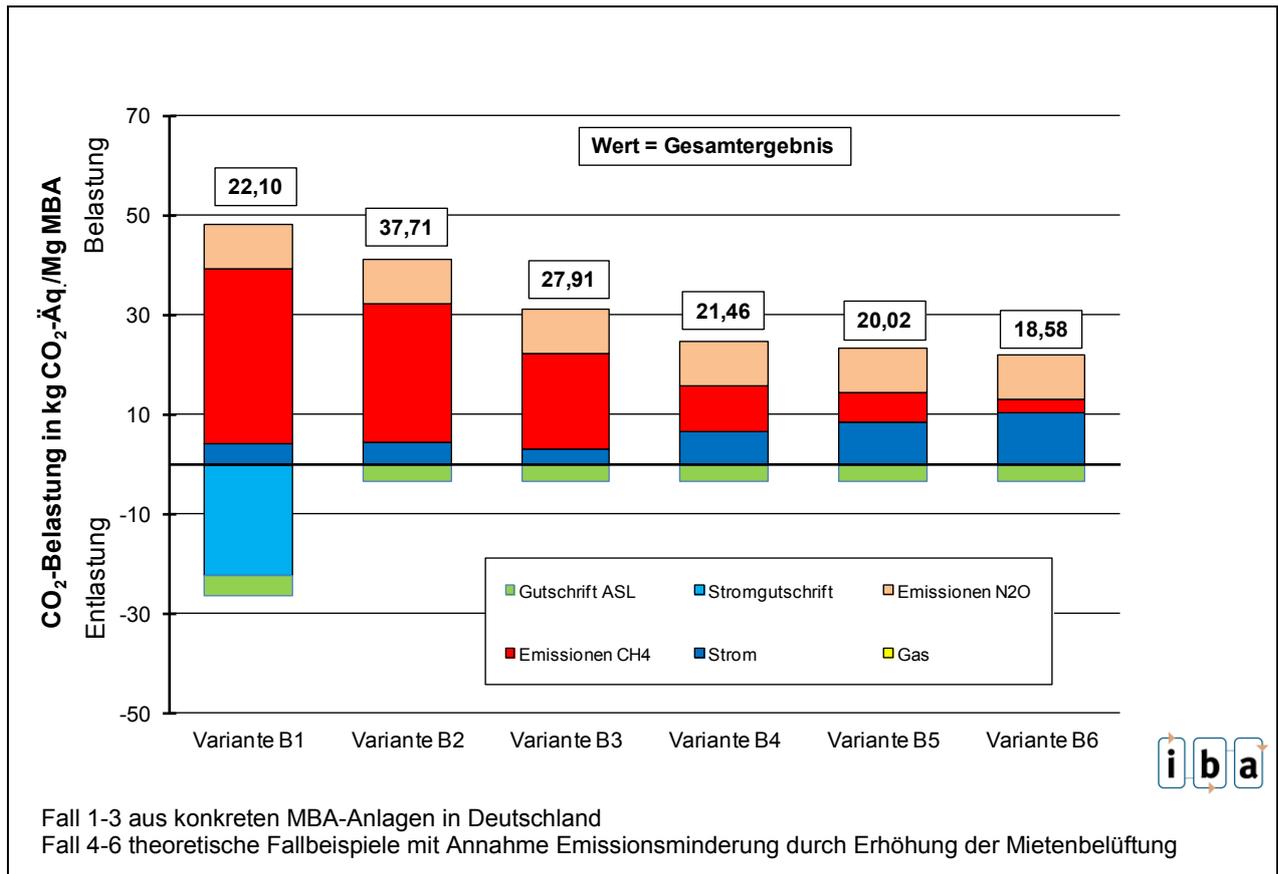


**Bild A 6: Beiträge zur CO<sub>2</sub>-Bilanz bei der Abgasreinigung über RTO + Biofilter (Variante A1-A6) (Variante A1 inkl. Gutschrift Biogasnutzung)**

Bei der Abluftbehandlung über RTO und Biofilter wird das CO<sub>2</sub>-Ergebnis maßgeblich bestimmt durch die Belastung der Energieträger Erdgas und Strom. Der Beitrag der CH<sub>4</sub>-Emissionen ist unbedeutend. Der Beitrag der N<sub>2</sub>O-Emissionen an der CO<sub>2</sub>-Bilanz wurde entsprechend der getroffenen Annahmen in Tab. A 1 für alle Varianten gleichgesetzt. Der ausgewiesene CO<sub>2</sub>-Beitrag bezieht sich auf eine Emissionsfracht von 30 g N<sub>2</sub>O/Mg<sub>MBA</sub>. Davon abweichende Lachgasfrachten können das Ergebnis der Gesamtbilanz maßgeblich beeinflussen. Die Ausschöpfung des zulässigen N<sub>2</sub>O-Grenzwertes führt z. B. zu einer CO<sub>2</sub>-Belastung von ca. 30 kg CO<sub>2</sub>-Äq./Mg<sub>MBA</sub> (Bild A 6).

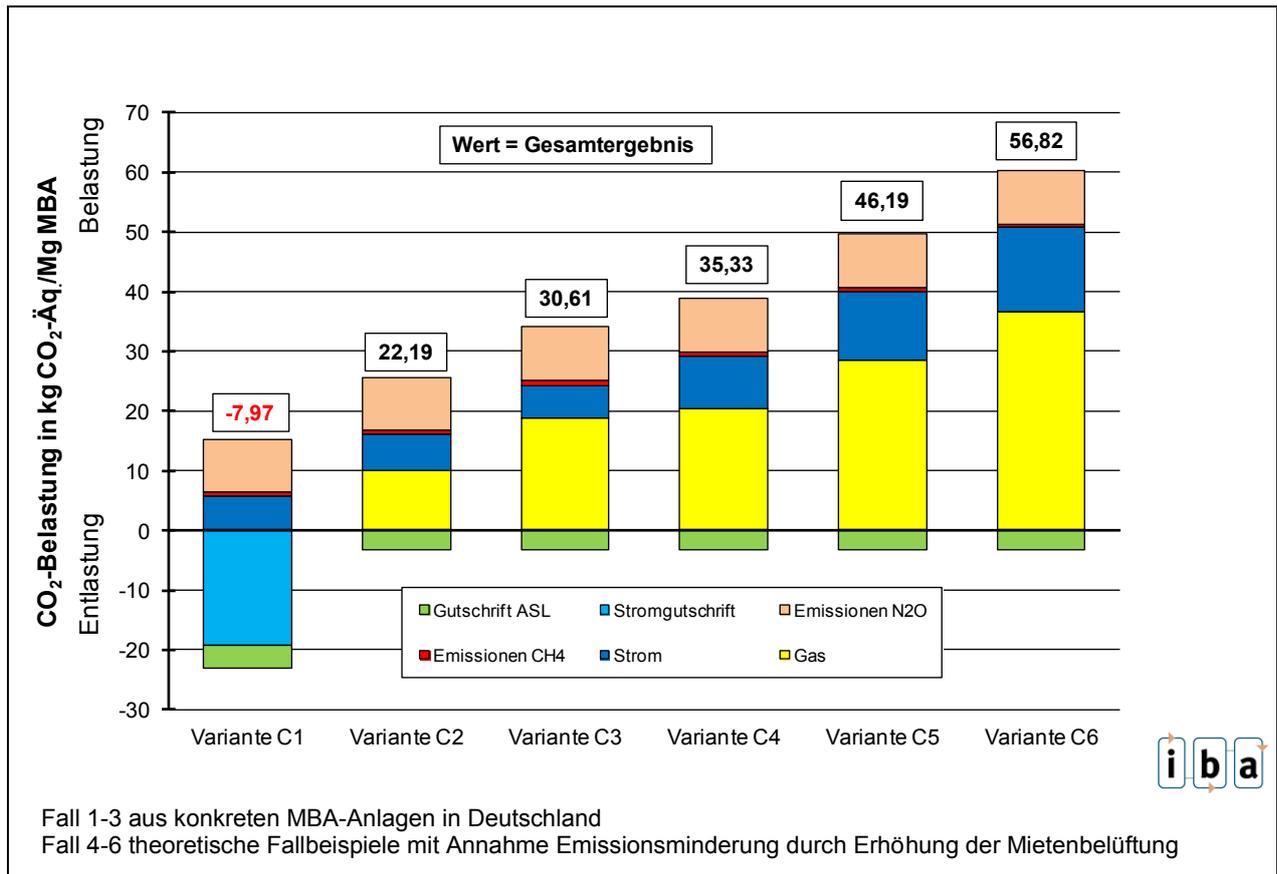
Der in den Bildern A 6 bis A 8 ausgewiesene Wert stellt das Bilanzergebnis nach Saldierung der Be- und Entlastung dar.

Auf Grund unterschiedlicher Bezugsgrößen (MBA, BA), unterschiedlichen Bilanzräumen (Abluftsystem MBA, Betrieb und Abgasbehandlung BA) sowie Unterschiede in den Bilanzparametern (z. B. Energiebedarf RTO etc.) sind die Ergebnisse dieser Studie nicht direkt vergleichbar mit den Ergebnissen der IFEU-Studie [IFEU, 2007] (s. Bild 4-2).



**Bild A 7: Beiträge zur CO<sub>2</sub>-Bilanz bei der Abgasreinigung über Biofilter (Variante B1-B6) (Variante B1 inkl. Gutschrift Biogasnutzung)**

Bei der Abluftbehandlung über Biofilter bestimmen erwartungsgemäß die CH<sub>4</sub>-Emissionen das Bilanzergebnis. Der geringere Stromverbrauch des Biofilters führt zu entsprechend niedrigerer CO<sub>2</sub>-Belastung gegenüber den RTO-Lösungen (Bild A 7).



**Bild A 8: Beiträge zur CO<sub>2</sub>-Bilanz bei der Abgasreinigung über RTO (Variante C1-C6) (Variante C1 inkl. Gutschrift Biogasnutzung)**

Bei den RTO-Lösungen prägt mit steigenden Abluftmengen der Gasverbrauch zunehmend das Klimaergebnis. Hohe spezifische Abluftmengen mit entsprechend geringem TOC-Gehalt (=geringerer Energieinhalt) führen zwangsläufig zu den höheren Zusatzenergieverbräuchen für die RTO (Bild A 8).

Bei den Varianten wurden für Strom die Emissionsfaktoren des österreichischen Strommix angesetzt, der auf Grund des hohen Anteils regenerativer Energien um den Faktor 2,4 unter dem bundesdeutschen Wert liegt (vgl. Tab. A 1). Bei Ansatz der CO<sub>2</sub>-Faktoren für Strom nach dt. Strommix erhöht sich die CO<sub>2</sub>-Belastung der Varianten insgesamt (die Anteile aus Strombezug und Stromgutschrift würden sich um den Faktor 2,4 erhöhen). Die Unterschiede zwischen den Varianten, insbesondere bei höheren Stromverbräuchen werden ausgeprägter, die grundsätzlichen Zusammenhänge bleiben jedoch bestehen.

In den vorangegangenen Ausführungen wurden die Grenzen der Einhaltung der Frachtenregelung für TOC bei Einsatz nicht-thermischer Abluftreinigungsverfahren aufgezeigt.

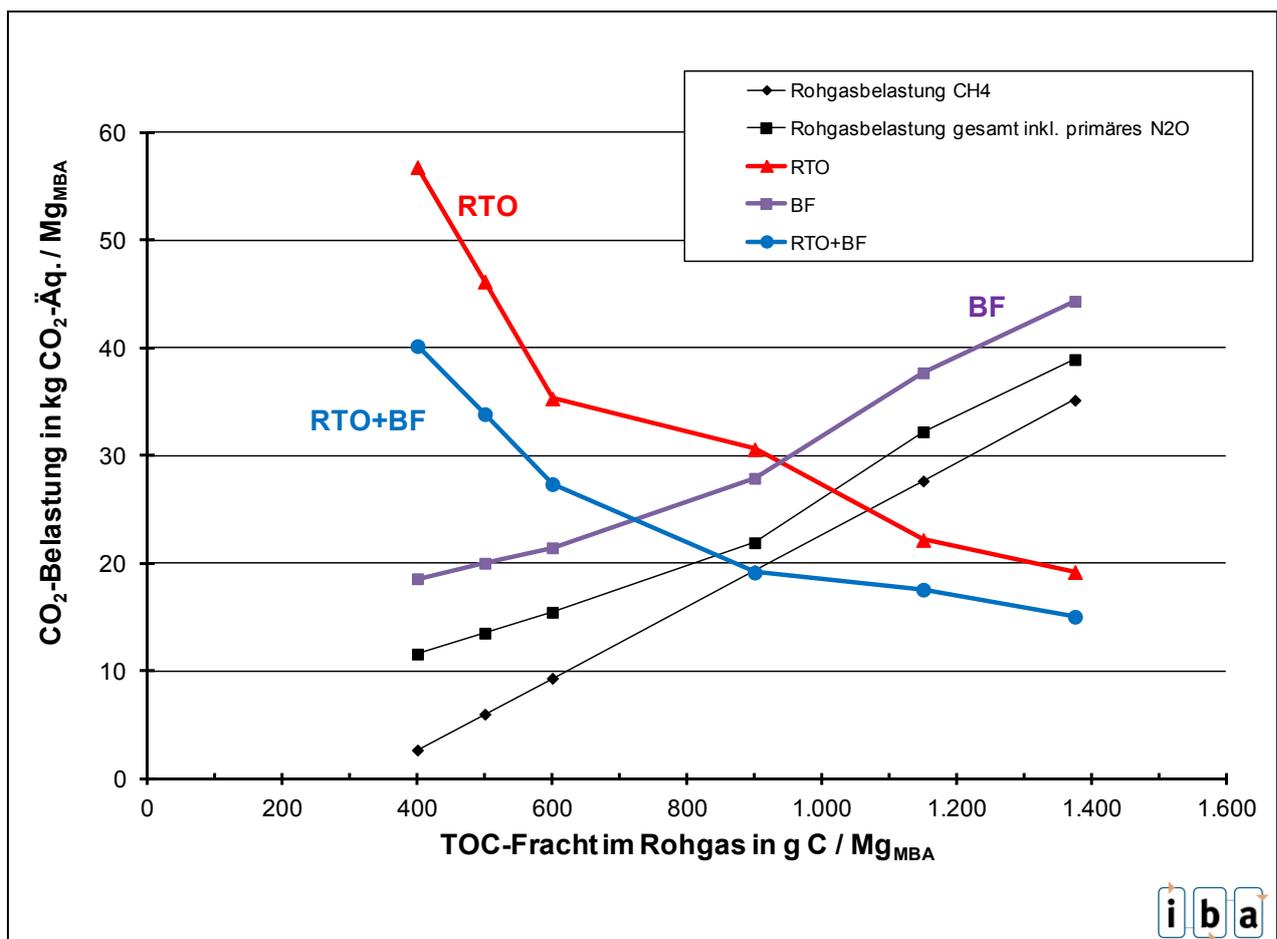
Selbst bei erheblicher Minderung der CH<sub>4</sub>-Bildung in der Rotte können die Fracht- und Konzentrationswerte der MBA-RL nicht sicher eingehalten werden. Auf der anderen Seite ist mit Über-

gang auf eine thermische Abgasreinigung ein erhöhter Energiebedarf (Strom und Gas) verbunden, der den erreichten besseren Emissionswerten entgegensteht.

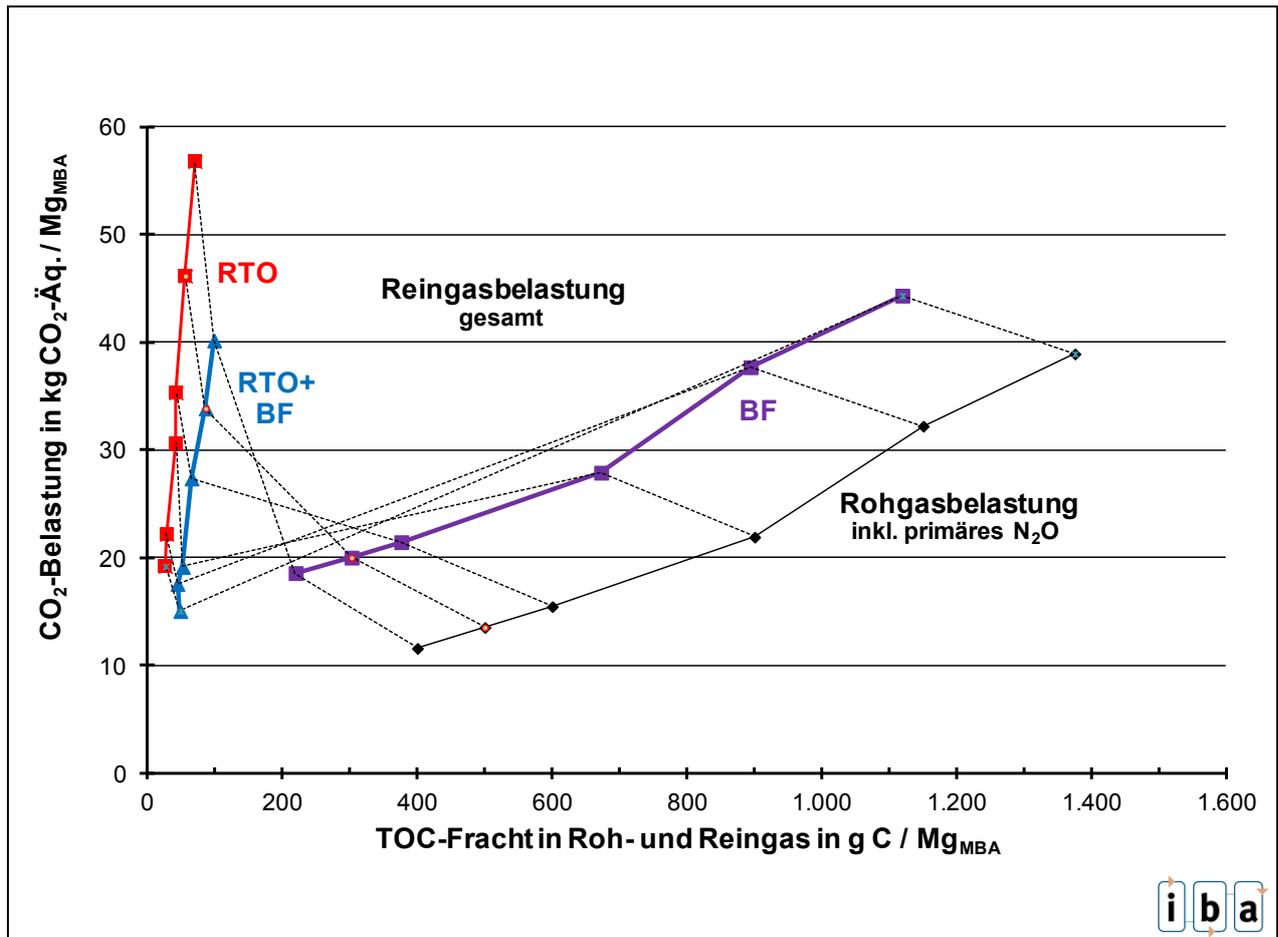
Die Frage, die sich hier stellt, ist: Können Anforderungen an den Emissionsstandard mit dem Aufwand und den Folgen, die zum Erreichen des Emissionsstandards notwendig sind, im Sinne einer ganzheitlichen ökobilanziellen Bewertung gegeneinander verrechnet werden?

In Bild A 9 und Bild A 10 ist der Zusammenhang zwischen der Höhe der Rohgasfracht und die mit den Abgasreinigungsverfahren erzielbare Reingasfracht (Bild A 9) und die mit der Abgasreinigung verbundene CO<sub>2</sub>-Belastung dargestellt.

In Bild A 9 wurde die CO<sub>2</sub>-Belastung auf die TOC-Fracht im Rohgas, in Bild A 10 dagegen auf die erzielte Fracht im Reingas bezogen. Die gestrichelten Linien in Bild A 10 verbinden die Rohgasbelastung mit den Reingasbelastungen der zugehörigen Abluftreinigungsvariante (BF/RTO+BF/RTO).



**Bild A 9: Entwicklung CO<sub>2</sub>-Belastung in Abhängigkeit der Rohgasbelastung und Abgasreinigungsverfahren**



**Bild A 10: Zusammenhang zwischen Roh- und Reingasbelastung und zugehöriger CO<sub>2</sub>-Belastung für unterschiedliche Abgasreinigungsverfahren**

In Bild A 10 wird deutlich, dass der größte Klimaentlastungseffekt mit der prozessinternen Vermeidung von Methan einhergeht.

Bei einer Rohgasfracht von weniger als ca. 900 g C/Mg<sub>MBA</sub> führt bei den untersuchten Varianten die alleinige Abluftreinigung über RTO gegenüber der Abluftreinigung über Biofilter zu einer höheren CO<sub>2</sub>-Belastung (Schnittpunkt der Kurven BF und RTO in Bild A 9). Bei der Abluftreinigung über die Kombination RTO und BF reduziert sich der Umschlagspunkt auf ca. 700 g C/Mg<sub>MBA</sub> (Schnittstelle Kurve BF und RTO+BF in Bild A 9).

Das heißt: Bei TOC-Frachten im Rohgas von < 900 bzw. < 600 g C/Mg<sub>MBA</sub> führt die Abluftreinigung über RTO oder RTO+BF trotz deutlich niedrigerer TOC-Werte im Reingas zu keiner besseren Klimabilanz gegenüber einer Abluftbehandlung über Biofilter.

Maßnahmen in der Rotte zur Methanminderung durch mehr Prozessluft laufen Vorgaben zur thermischen Abgasreinigung entgegen, da höhere Luftmengen mit geringeren C-/Energiegehalten zu höheren Energieverbräuchen für den Betrieb der RTO führen.

In Fällen, in denen die Emissionen in einem geringeren Abluftstrom zur RTO konzentriert werden können, als in den Varianten 4 bis 6 angenommen, können sich geringere Werte für die Umschlagspunkte ergeben.

Die dargestellten Zusammenhänge zwischen erzieltm Reinigungseffekt und damit verbundener CO<sub>2</sub>-Belastung legen es nahe, beide Faktoren bei der Festsetzung von Emissionsstandards zu berücksichtigen.

An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Varianten 1-3 auf den Praxiswerten von deutschen MBA basieren. Der Nachweis, dass die geringeren Frachten, die bei den Varianten 4-6 angenommen wurden, tatsächlich durch höhere Luftmengen oder eine andere Rottesteuerung erreicht werden können, steht noch aus.