



lebensministerium.at

Kurzgutachten zur Frachtbegrenzung für Emissionen aus der MBA

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

Studie erstellt im Auftrag des Lebensministeriums

INHALTSVERZEICHNIS

	VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN	
1	VERANLASSUNG	1
2	UNTERSUCHUNGSUMFANG	3
3	RAHMENBEDINGUNGEN IN DEUTSCHLAND	4
3.1	Anlagengrößen und Verfahren	4
3.2	Offene Nachrotte	7
3.3	Rottezeit	8
3.4	Abgasreinigung	10
3.5	Emissionsanforderungen	10
4	BETRIEBSERFAHRUNGEN MIT ABLUFTKONZEPTEN NACH 30. BIMSCHV UND ANSÄTZE ZUR WEITERENTWICKLUNG	13
4.1	Hintergrund	13
4.2	Aktuelles Abluftmanagement in MBA-Anlagen und aufgetretene Probleme	19
4.3	Emissionsfreisetzung in der MBA	24
4.3.1	Lachgas	24
4.3.2	Organische Stoffe/TOC	27
4.4	Wärmefreisetzung	29
4.5	Systeme der Abgasreinigung und deren Leistungsgrenzen	31
4.5.1	Betrieb und Energiebedarf RTO	31
4.5.2	Betrieb und Reinigungsleistung Biofilter	33
4.6	Grundzüge des neuen Abluftkonzeptes	34
5	ABGASMENGEN UND EMISSIONSFRACHTEN	40
6	ANFORDERUNGEN ZUR ERFÜLLUNG VON EMISSIONSFRACHTEN	50
6.1	Erläuterung möglicher Frachtenregelungen	50
6.2	Konsequenzen von hohen Methangehalten in der MBA-Abluft auf mögliche Frachtenregelungen	57
6.2.1	Untersuchte Varianten	58
6.3	Ergebnisse	59
7	FAZIT UND EMPFEHLUNGEN	66
8	LITERATUR	70
	ANHANG – Klimabilanz der untersuchten Varianten	

VERZEICHNIS DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN

a	Jahr
Äq.	Äquivalente
ASA	Arbeitsgemeinschaft stoffspezifische Abfallbehandlung e.V.
ASL	Ammoniumsulfatlösung
AT ₄	Atmungsaktivität über 4 Tage
BA	biologische Abfallbehandlung
BF	Biofilter
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
C _{ges}	Gesamt-Kohlenstoff
C/N	Kohlenstoff/Stickstoff (-Verhältnis)
ca.	cirka
CH ₄	Methan
CO ₂	Kohlendioxid
d	Tag
d. h.	das heißt
€	EURO
EMW	Einzelmesswert
etc.	et cetera
FS	Frischsubstanz, feucht
g	Gramm
GB ₂₁	Gasbildungsrate im Gärtest über 21 Tage
GE	Geruchseinheit
GV	Glühverlust
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde
HMW	Halbstundenmittelwert
H ₂ SO ₄	Schwefelsäure
i. d. R.	in der Regel
inkl.	inklusive
insb.	insbesondere
IR	Intensivrotte
IV MBA	Interessenverband MBA
Kap.	Kapitel
kg	Kilogramm

k. V.	keine Vorgabe
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
LWR	Luftwechselrate
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
MA	mechanische Aufbereitung
max.	maximal
Max	Maximum
MBA	mechanisch-biologische Abfallbehandlung
MBA-RL	MBA-Richtlinie
MBS	mechanisch-biologische Stabilisierung
Mg	Megagramm (=Tonne)
mg	Milligramm
Min	Minimum
Mio	Millionen (=10 ⁶)
mm	Millimeter
MPS	mechanisch-physikalische Stabilisierung
MMW	Monatsmittelwert
MVA	Müllverbrennungsanlage
MW	Mittelwert
NH ₃	Ammoniak
NI	Norm-Liter
Nm ³	Norm-Kubikmeter
NMVOC	Nicht-Methan-VOC
N ₂ O	Distickstoffmonoxid = Lachgas
NO _x	Stickoxide
NR	Nachrotte
NV	Nassvergärung
od.	oder
oTS	organische Trockensubstanz
p. a.	per annum
RTO	regenerative thermische Oxidation
s.	siehe
SiO ₂	Siliziumdioxid
spez.	spezifisch
Tab.	Tabelle

TMW	Tagesmittelwert
TNV	thermische Nachverbrennungsanlage
TOC	total organic carbon (gesamter organischer Kohlenstoff)
TS	Trockensubstanz
TV	Trockenvergärung
u. a.	unter anderem
VOC	volatile organic compounds (flüchtiger organischer Kohlenstoff)
z. B.	zum Beispiel
z. T.	zum Teil
zzt.	zur Zeit
Σ	Summe
η	Wirkungsgrad

1 VERANLASSUNG

Das Lebensministerium will die Anforderungen an den Emissionsschutz bei MBA-Anlagen in einer neuen Verordnung regeln.

Bei der Festsetzung der Grenzwerte sollen die Praxiserfahrungen mit den bestehenden Regelungen in Österreich und Deutschland einfließen.

In Deutschland ist mit der 30. BImSchV aus dem Jahr 2001 ein verbindliches Regelwerk vorgegeben, auf der alle aktuell betriebenen MBA-Anlagen genehmigt wurden. Die Emissionsanforderungen an MBA-Anlagen sind in Deutschland in einer **Rechtsverordnung**, der 30. BImSchV aus dem Jahr 2001, verbindlich vorgegeben. Dies betrifft sowohl Neuanlagen wie auch Altanlagen, die seit dem 28.02.2006 die Anforderungen der 30. BImSchV erfüllen müssen.

In Österreich wurden die Emissionsanforderungen an MBA-Anlagen im Rahmen der **Richtlinie** für die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen (nachfolgend MBA-Richtlinie) aus dem Jahr 2002 definiert.

In beiden Regelwerken wurden erstmals Frachtbegrenzungen für Kohlenstoff (Ges-C) und Lachgas (nur 30. BImSchV) vorgegeben, jeweils bezogen auf die in der MBA-Anlage behandelte Abfallmenge.

In Deutschland liegen nunmehr über 5 Jahre Betriebserfahrungen mit MBA-Anlagen vor, die auf der Grundlage der Anforderungen der 30. BImSchV konzipiert, realisiert und betrieben werden. Dabei wurde der überwiegende Anteil der aktuell betriebenen Anlagen neu gebaut, ca. 20 % des Anlagenbestandes wurden als Altanlagen umgerüstet. Dabei haben insbesondere die Frachtenregelungen für TOC und N₂O in Verbindung mit den Konzentrationsvorgaben für den TOC die Konzeption und den Betrieb der MBA-Anlagen und der Abluftreinigung in MBA-Anlagen sehr maßgebend verändert und beeinflusst.

In Österreich ist die Anpassung der MBA-Anlagen an die Vorgaben der MBA-Richtlinie nicht so konsequent umgesetzt worden, sodass mit der Frachtregelung keine vergleichbaren Praxiserfahrungen vorliegen.

Die Erfahrungen in den deutschen MBA-Anlagen mit der Frachtregelung können nicht grundsätzlich als positiv bewertet werden. Der Betrieb der Anlagen ist komplexer und anfälliger gegenüber technischen Störungen insbesondere der neuen Abluftreinigungstechniken geworden.

Die technischen Probleme der RTO im Anwendungsfall MBA sind bis heute nicht zufriedenstellend gelöst. Die ökologischen Vorteile der RTO werden unterschiedlich bewertet und sind Gegenstand der Studie des Umweltbundesamtes Wien (2011).

Durch den Bezug der Frachtenregelung auf die in der MBA-Anlage monatlich angelieferte Abfallmenge ergeben sich Probleme bei jahreszeitlich stark schwankenden Inputmengen sowie bei einem dauerhaften Wegfall von Sperr- und Gewerbeabfällen, die i. d. R. nur in der mechanischen Stufe behandelt werden. In diesem Fall verschiebt sich das Verhältnis vom Abfall, der in die biologischen Stufen geht (Emissionsverursacher) zum Abfallinput in die Gesamtanlage (Bezugsmenge für Frachten).

Vor diesem Hintergrund macht es Sinn, vor Festlegung neuer Grenzwerte die Erfahrungen aus den deutschen MBA-Anlagen auszuwerten und auf ihre Übertragbarkeit auf den Anlagenstand in Österreich zu überprüfen.

2 UNTERSUCHUNGSUMFANG

Im Rahmen dieses Kurzgutachtens werden folgende Punkte untersucht:

- Vergleich der Anforderungen in Österreich und Deutschland
- Betriebserfahrungen mit der 30. BImSchV
- Übertragbarkeit der Frachtenregelung auf Österreich
- Darstellung und Belastung der Abgasteilströme in MBA-Anlagen
- Darstellung möglicher Alternativen zu den bestehenden Frachtenregelungen
- Auswirkungen von Grenzwertvorgaben auf die Abluftkonzeption und Abgasreinigung in MBA-Anlagen
- Auswirkungen einer anaeroben Behandlung auf die Emissionsfrachten und das Abluftkonzept einer MBA-Anlage

Im Rahmen dieses Berichtes werden die Betriebserfahrungen in MBA-Anlagen nach 30. BImSchV, das Emissionsverhalten bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung sowie aktuelle Abluftkonzepte in MBA-Anlagen dargestellt. Darüber hinaus werden Abluftkonzepte vorgestellt, mit denen über erhöhte Luftmengen, die nicht der Frachtenregelung der 30. BImSchV unterliegen, die Lüftungsverhältnisse in den Hallen der MBA-Anlagen verbessert werden sollen.

Aus der Analyse der Emissionssituation in den deutschen MBA-Anlagen werden unter Berücksichtigung der vorhandenen Regelungen zur Emissionsbegrenzung die Möglichkeiten und Erfordernisse zur Einhaltung von Grenzwertvorgaben aufgezeigt. Dabei werden insbesondere für verschiedene MBA-Verfahren die Möglichkeiten, Grenzen und Anforderungen an Belüftungskonzepte und Abgasreinigungsverfahren diskutiert. Über einen Vergleich mit den aus den Betriebsvarianten unmittelbar resultierenden klimawirksamen CO₂-Emissionen wird im Anhang dieser Studie eine Abschätzung zur Klimarelevanz der unterschiedlichen Abgasreinigungssysteme und eine Emissionsbilanz der MBA-Anlagen dargestellt.

3 RAHMENBEDINGUNGEN IN DEUTSCHLAND

3.1 Anlagengrößen und Verfahren

In Deutschland werden zzt. 46 MBA-Anlagen betrieben, die über eine Jahreskapazität von 5,8 Mio Mg/a verfügen. Die durchschnittliche Anlagengröße liegt damit bei ca. **125.000 Mg/a** (Bereich 40.-300.000 Mg/a).

Die aktuelle Durchsatzleistung weicht derzeit in einigen Anlagen z. T. deutlich von der Kapazitätsleistung ab. Von der Gesamtkapazität entfallen 59 % auf 30 MBA-Anlagen, ca. 32 % der Abfälle werden in 13 MBS-Anlagen und 9 % der Abfälle werden in den 3 MPS-Anlagen behandelt (Bild 3-1).

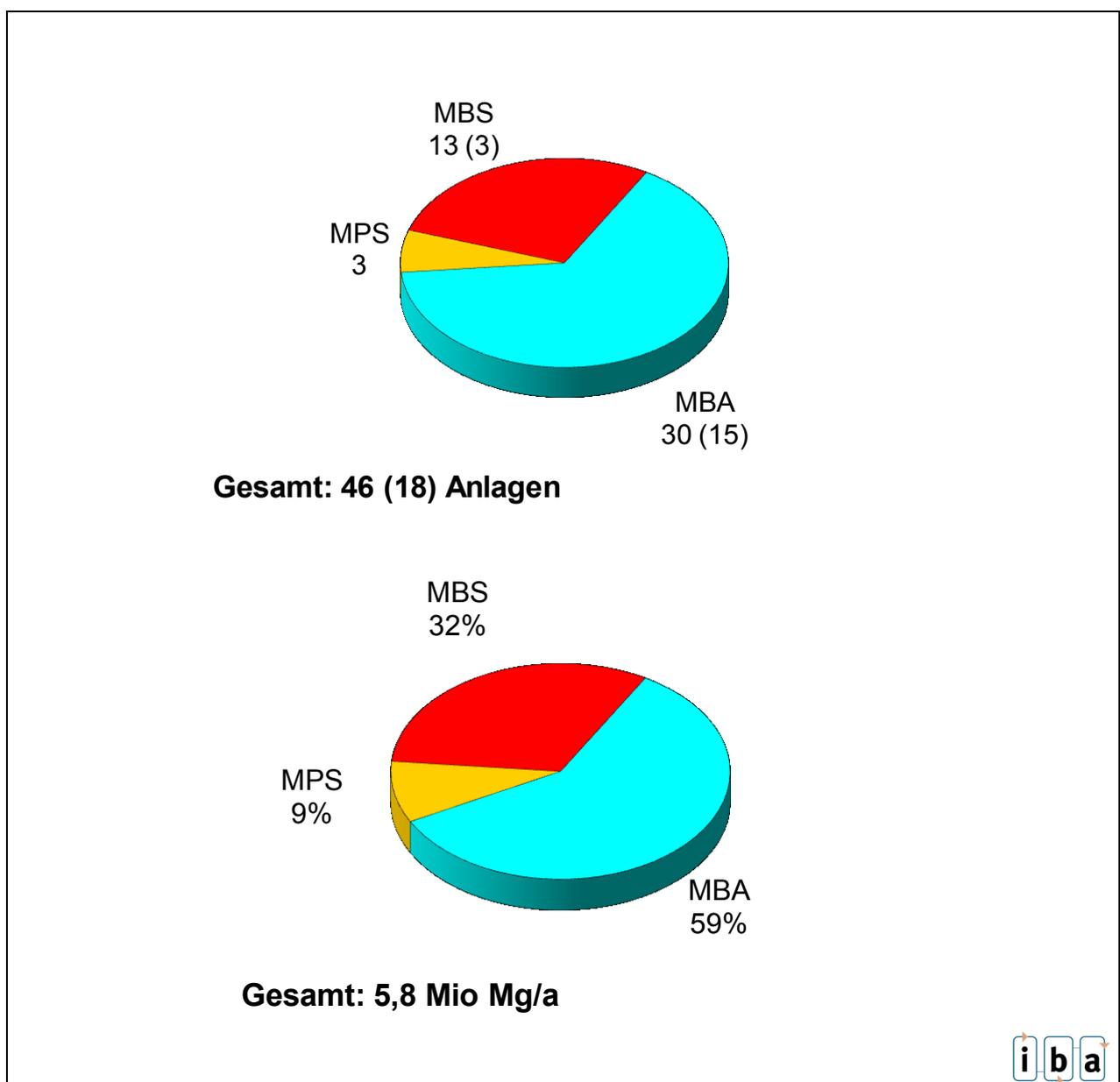


Bild 3-1: Anzahl und Anteil der MBA/MBS/MPS-Anlagen in Deutschland (Anlagen in Klammern: Anzahl Anlagen in Österreich)

Von den 30 MBA-Anlagen erfolgt die biologische Behandlung der Feinfraktion in 18 Anlagen ausschließlich aerob, 12 Anlagen verfügen über eine Vergärung unterschiedlicher Ausführung (trocken/nass, meso-/thermophil, Teil-/Vollstrom) (Bild 3-2).

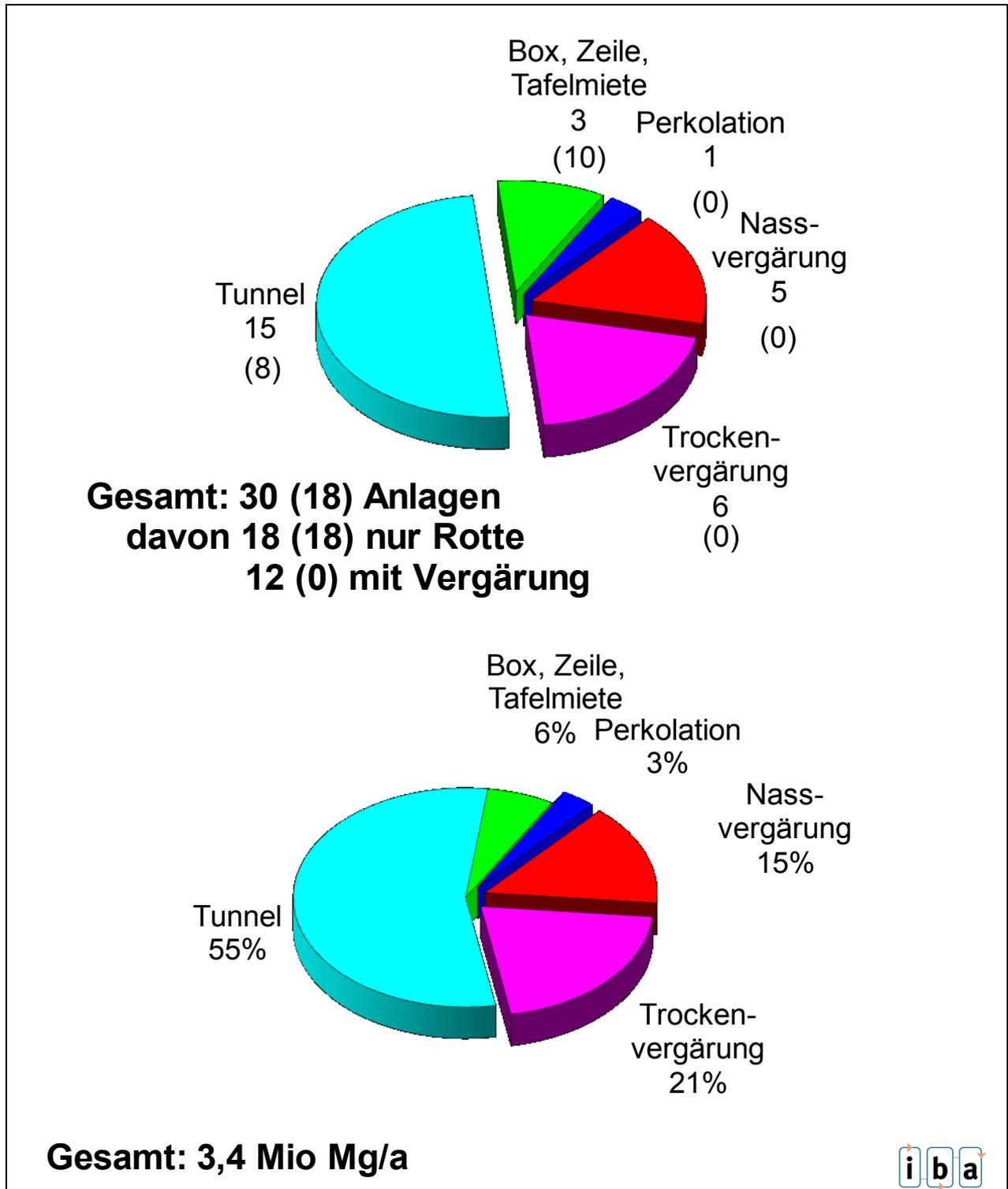


Bild 3-2: Anteil der Rotte- und Vergärungssysteme in den deutschen MBA-Anlagen nach Anzahl und Kapazität (Anlagen in Klammern: Anzahl Anlagen in Österreich)

Bei den aeroben Systemen überwiegt das Tunnelsystem in der Vorrotte. Die betriebenen Tafelmieten gehen - von einer Anlage abgesehen - auf Altanlagen zurück, die schon vor 2001 betrieben wurden.

Ein wesentlicher Unterschied zur Struktur der österreichischen MBA-Anlagen liegt in der sehr viel geringeren Durchsatzkapazität (Bild 3-3).

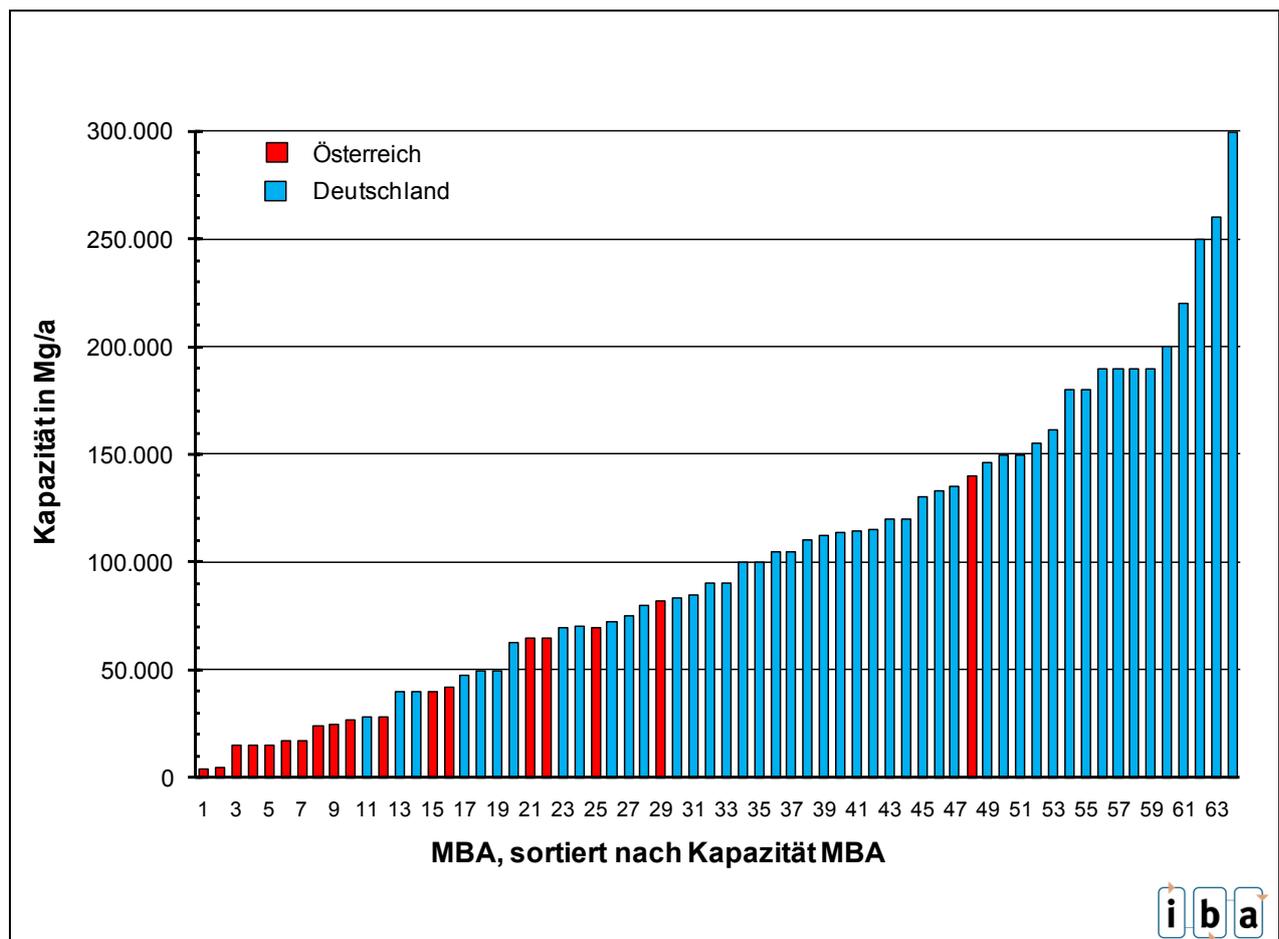


Bild 3-3: Durchsatzkapazität der MBA/MBS/MPS-Anlagen in Deutschland im Vergleich zur realisierten Kapazität der Anlagen in Österreich

Während in den MBS- und MPS-Anlagen nahezu 100 % der Abfälle der Trocknungsstufe zugeführt werden, liegt der Anteil Feinfraktion zur Biologie in den klassischen MBA-Anlagen bei ca. 50 % (Bereich 20-70 %). Eine Anlage wird nur als BA betrieben, die mechanische Aufbereitung erfolgt hier in separaten Vorschaltanlagen. Die Emissionsfrachten werden hier auf den Anlageninput der BA bezogen (100 % zur Biologie).

Nach Auskunft des IV MBA werden in den österreichischen MBA-Anlagen, die eine Deponiefraktion erzeugen, im Mittel ebenfalls ca. 50 % der angelieferten Abfälle der biologischen Stufe zugeführt. In der Anlage Frohnleiten werden analog zur BA Ennigerloh ebenfalls nur vorbehandelt.

delte Abfälle (Feinfraktion aus verschiedenen Vorschaltanlagen) angenommen. Aus Angaben des UBA Wien zur Stoffstromaufteilung und Kapazität der Intensivrottemodule wurde der Anteil zur Biologie abhängig vom Anlagenkonzept zwischen 20 und 100 % abgeschätzt [UBA WIEN, 2006; eigene Abschätzung]. Konkrete Angaben zum Eintrag in die biologischen Stufen der österreichischen MBA-Anlagen liegen nicht vor.

Die biologischen Stufen der MBA-Anlagen in Deutschland verfügen über eine Durchsatzleistung zwischen 15.000 und 125.000 Mg/a, in MBS-Anlagen liegt die Kapazität der Trocknungsstufe zwischen 20.000 und 180.000 Mg/a. Die Größenordnung der BA-Stufen liegt in Österreich zwischen 2.000 und ca. 70.000 Mg/a (Bild 3-4).

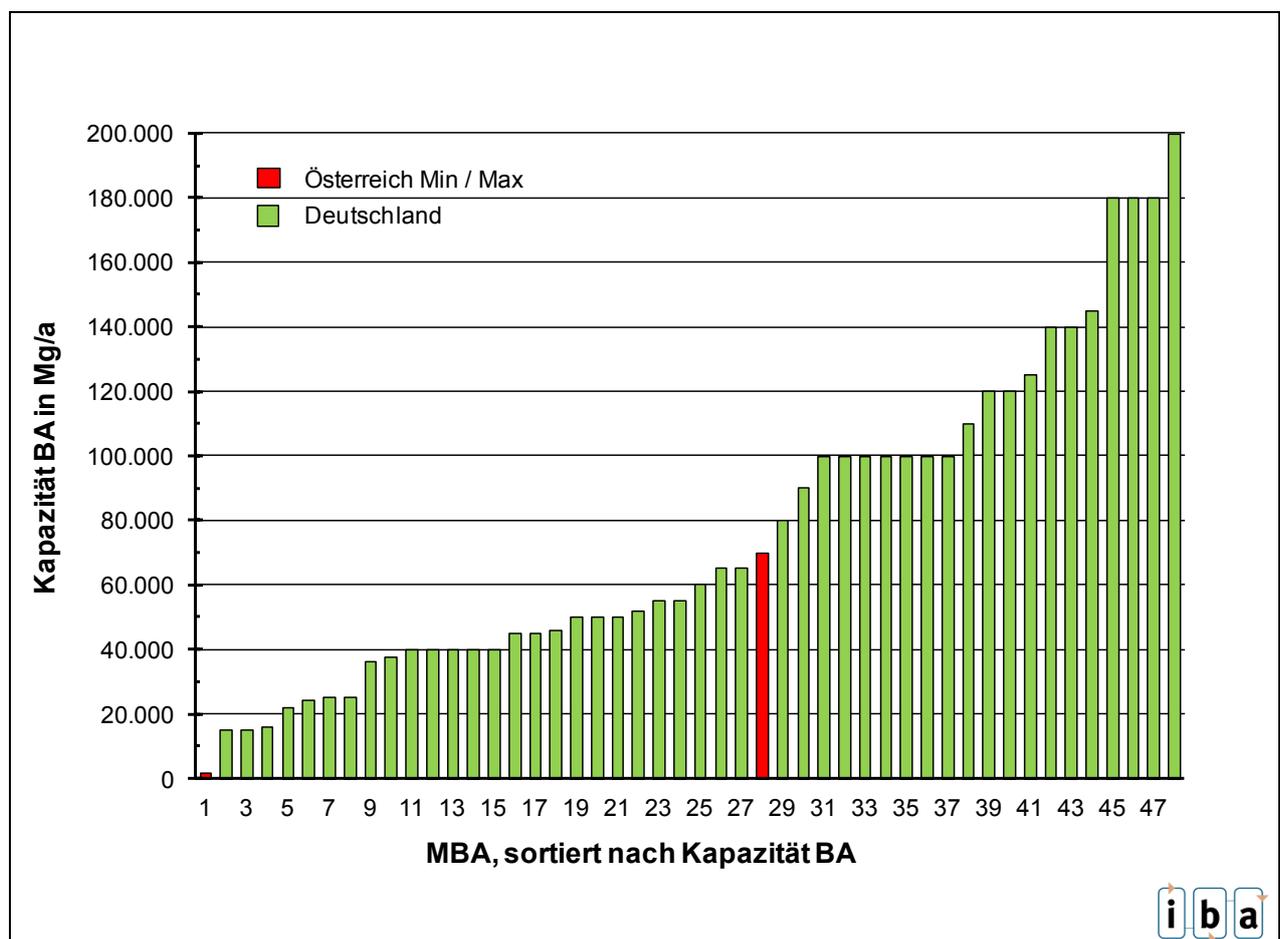


Bild 3-4: Durchsatzkapazität der biologischen Stufe der MBA/MBS/MPS-Anlagen in Deutschland

3.2 Offene Nachrotte

In Deutschland erfolgt die Nachrotte in den 30 MBA-Anlagen überwiegend in gekapselten Systemen. In 2 Anlagen erfolgt keine Nachrotte. In 11 Anlagen erfolgt die Nachrotte in offenen Systemen (i. d. R. überdacht, unbelüftet, Trapezmieten), die mit Mobilgeräten bewirtschaftet werden (Radlader, Mobilumsetzer).

In 2 Anlagen werden die Mieten der offenen Nachrotte über eine Saugbelüftung abgesaugt. Die Abluft wird hier wahlweise der Intensivrotte als Zuluft oder direkt der Abluftreinigung zugeführt (Bild 3-5).

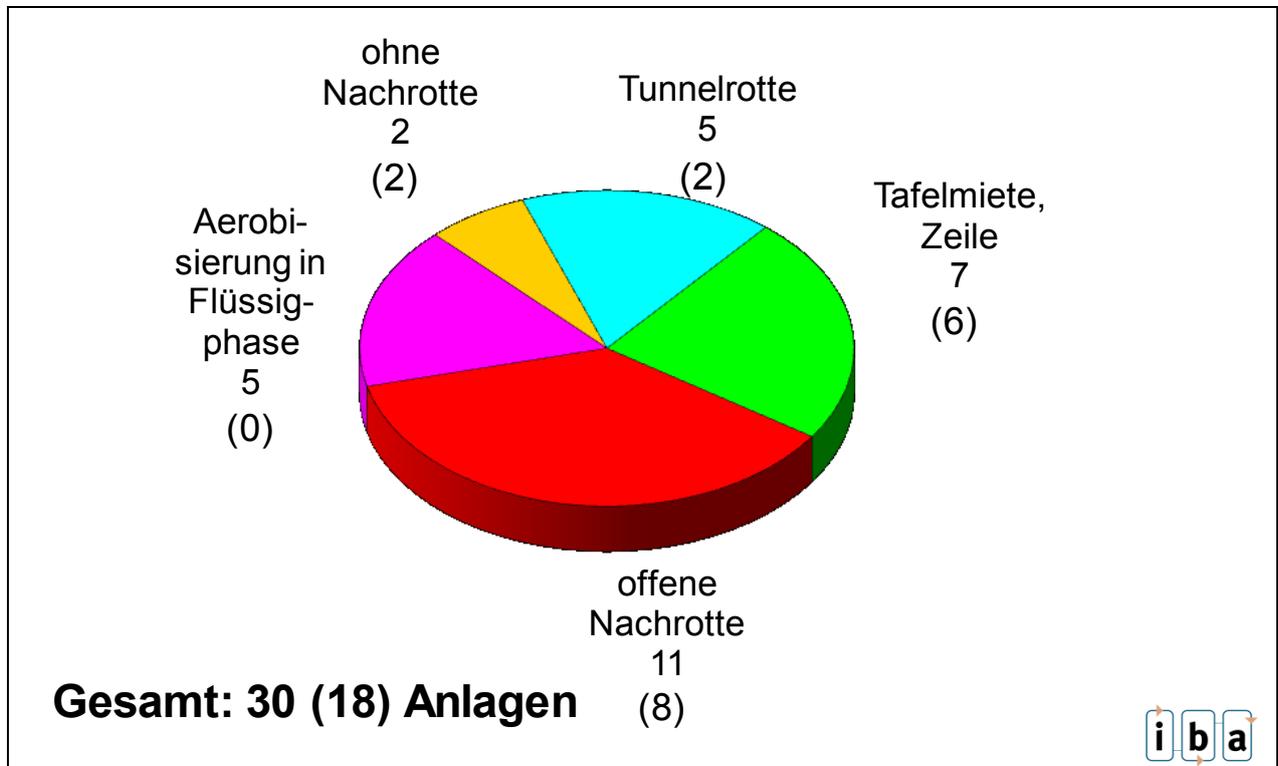


Bild 3-5: Ausführung der Nachrotte in den deutschen MBA-Anlagen
 (Anlagen in Klammern: Anzahl Anlagen in Österreich)

Die diffusen Emissionen der Nachrotte gehen mit Ausnahme der 2 Anlagen nicht in die Frachtbegrenzung ein. Bei den 2 Anlagen mit Saugbelüftung wurde die zulässige C_{ges} -Fracht von 55 g C/Mg_{MBA} (gemäß 30. BImSchV) um ca. 20 % auf 44 g C/Mg_{MBA} reduziert. Nachdem aktuelle Messungen deutlich niedrigere diffuse Emissionen ergeben hatten, wurde in einer Anlage der Frachtwert zwischenzeitlich auf 51 g C/Mg_{MBA} angehoben.

3.3 Rottezeit

Die Aufenthaltszeit in der Intensivrotte liegt zwischen 3 und 6 Wochen, die Nachrotte zwischen 3 und 11 Wochen. Der Übergang zur offenen Nachrotte erfolgt i. d. R. nach 3-5 Wochen Intensivrotte im Tunnel ($AT_4 < 20$ mg/g TS).

Die Gesamttrottedauer bei rein aeroben Systemen liegt zwischen 6 und 14 Wochen. In mehreren Anlagen werden die Ablagerungswerte schon nach 6 Wochen Intensivrotte im Tunnel erreicht (Bild 3-6).

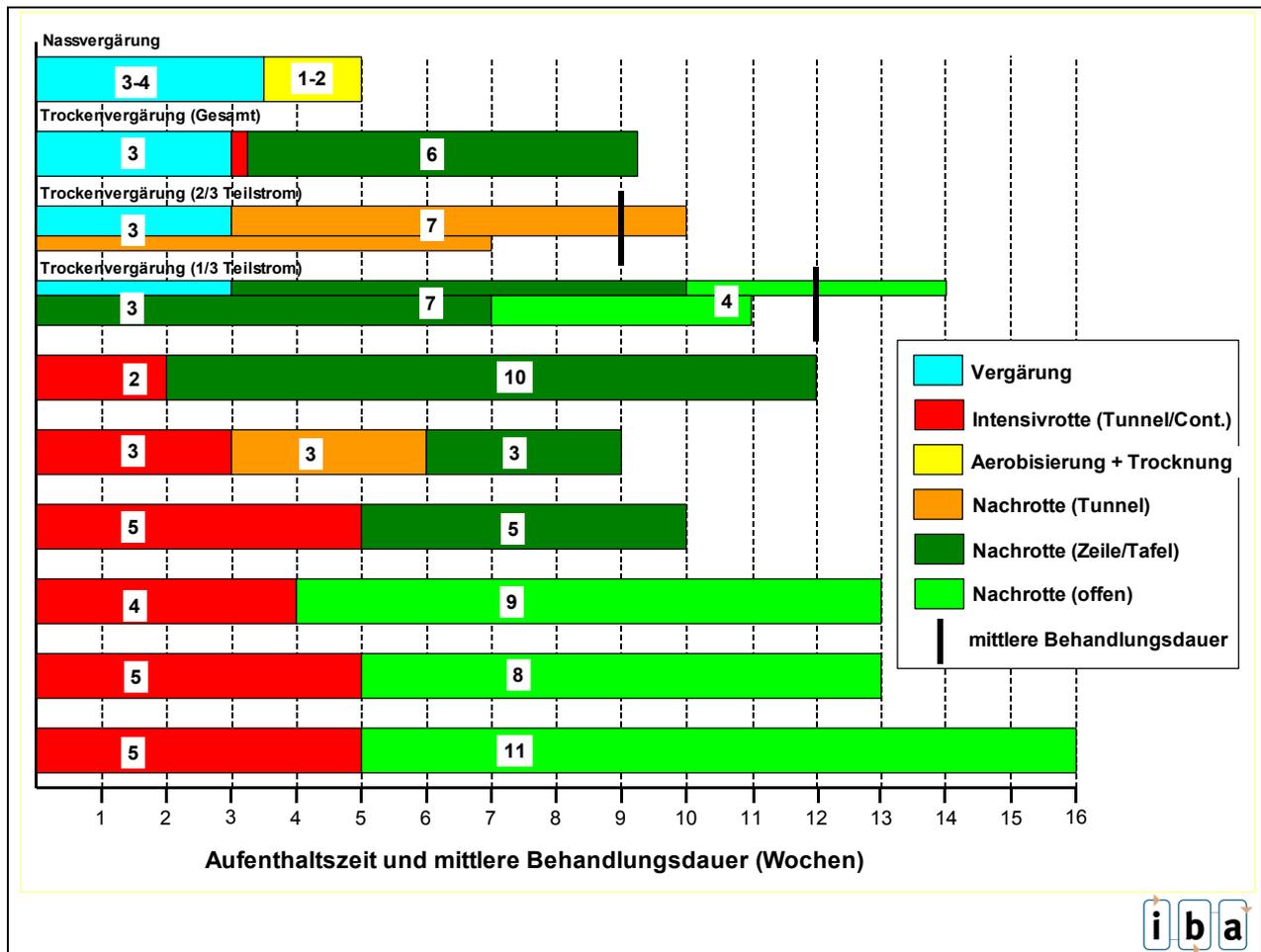


Bild 3-6: Aufenthaltszeiten in den biologischen Stufen der deutschen MBA-Anlagen bei unterschiedlichen Verfahrenskombinationen [KETELSEN, 2006]

In den österreichischen Anlagen wird eine Siebfraktion zwischen < 20 bis < 100 mm in die Rottestufe gefahren, in 2 Fällen wird bei ca. 200 mm abgesiebt.

In 2 Anlagen wird nach der Intensivrotte auf 10 mm abgesiebt und nur das Feinkorn < 10 mm gelangt in die Nachrotte (in beiden Fällen Tunnel, sodass die Belüftbarkeit trotz der Strukturarmut des Feinkorns gegeben sein dürfte).

In Deutschland wird überwiegend auf 40 bis 100 mm abgesiebt, sodass von Ausnahmen abgesehen in beiden Ländern vergleichbare Kornspektren in die MBA gelangen.

Die Nachsiebung des Rottegutes nach der Intensiv- oder Nachrotte auf < 10 bis < 50 mm zur Abtrennung des Deponiegutes wie in der Mehrzahl der österreichischen MBA-Anlagen findet in Deutschland jedoch nicht (mehr) statt.

Die Intensivrotte ist in Österreich entsprechend der MBA-RL i. d. R. auf 4 Wochen ausgelegt (in Deutschland 2-6 Wochen, bei anschließender offener Nachrotte wird ca. 4-5 Wochen in der

Intensivrotteeinheit verblieben). Die Gesamtrottezeit liegt überwiegend zwischen 12 und 16 Wochen nur Allerheiligen weist mit 6-7 Wochen eine vergleichbar kurze Rottezeit auf, wie sie nach 2005 in mehreren dt. MBA-Anlagen realisiert werden konnte.

3.4 Abgasreinigung

Um die Anforderungen der 30. BImSchV erfüllen zu können, verfügen nahezu alle MBA- und MBS-Anlagen über eine RTO. Lediglich in 3 Anlagen wird die Abluft der MBA-Anlagen naheliegenden Kraftwerken oder MVA zugeführt. Die MPS-Anlagen unterliegen zwar nicht der 30. BImSchV, die Prozessabluft aus der Trocknung wird jedoch auch hier über RTO gereinigt.

Die Abluftreinigung in den MBA-Anlagen erfolgt überwiegend über eine Kombination von RTO und Biofilter, in den MBS-Anlagen überwiegend über den alleinigen Einsatz von RTO.

Bei den Kombi-Konzepten wird zwischen 60 und 70 % der Gesamtabluft über die RTO gereinigt. Die RTO sind i. d. R. teilredundant ausgelegt worden (120-150 % der Prozessluftmenge). Da auf Grund von Verblockungen u. a. die tatsächliche Durchsatzleistung und Verfügbarkeit der RTO nicht der Auslegung und den Erfordernissen entsprach, wurde in mehreren Anlagen die RTO-Kapazität durch Zubau einer weiteren Linie (3. oder 4. Linie) aufgestockt auf rechnerisch 160-200 % der zu behandelnden Prozessluftmenge.

Der RTO ist i. d. R. ein saurer Wäscher vorgeschaltet. Vor dem Biofilter wird die Luft über Luftbefeuchter, die jedoch in einigen Anlagen auch sauer gefahren werden, konditioniert.

3.5 Emissionsanforderungen

Die Emissionen sind nach der 30. BImSchV bei den Parametern C_{ges} , N_2O und Staub über kontinuierliche Messeinrichtungen nachzuweisen.

	Einheit	MBA-RL	30. BImSchV	Bemerkung
organische Stoffe C_{ges}				
HMW	mg/m ³	40	40	
TMW	mg/m ³	20	20	
MMW	g/Mg	100	55	Bezug Abfallmenge zur MBA
Stickstoffoxide (als NO₂)				
HMW	mg/m ³	150 ¹⁾	-	
TMW	mg/m ³	100 ¹⁾	-	
Ammoniak				
EMW	mg/m ³	20	-	0,5-3x p.a.
Distickstoffoxid				
MMW	g/Mg	b.B. ²⁾	100	Bezug Abfallmenge zur MBA
Dioxine / Furane (PCDD / PCDF)				
EMW	ng/m ³	0,1 ³⁾	0,1	A: 0,3-2x p.a. D: 1 x p.a. über 3 Tage
Gesamtstaub				
HMW	mg/m ³	-	30	
TMW	mg/m ³	-	10	
EMW	mg/m ³	10		0,5-3x p.a.
Geruch				
EMW	GE/m ³	500	500	A: 0,3-2x p.a. D: 1 x p.a. über 3 Tage

HMW=Halbstundenmittelwert, TMW=Tagesmittelwert,

MMW=Monatsmittelwert, EMW=Einzelmesswert

A=Österreich
D=Deutschland

- 1) Wenn auf Grund der angewandten Abluftreinigungstechnologie die Entstehung von Stickstoffoxiden (NO_x) nicht auszuschließen ist.
- 2) In Abhängigkeit von den geplanten Technologien und den zu behandelnden Abfällen sind insbesondere auch alle treibhausrelevanten Gase (z. B. N₂O) in die Betrachtung der möglichen Emissionen einzubeziehen und gegebenenfalls zu begrenzen. Für IPPC-Anlagen gemäß AWG i.d.g.F. sind die relevanten Emissionen im Verzeichnis der jedenfalls zu berücksichtigenden Schadstoffe (sofern sie für die Festlegung der Emissionsgrenzwerte von Bedeutung sind) gemäß AWG i.d.g.F. (vgl. auch Anhang III der Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) zu begrenzen.
- 3) Wenn auf Grund der angewandten Abluftreinigungstechnologie die Entstehung von polychlorierten Dibenzop-dioxinen (PCDD) und/oder polychlorierten Dibenzofuranen (PCDF) nicht auszuschließen ist.

Tab. 3-1: Vergleich der Emissionsanforderungen zwischen MBA-Richtlinie und 30. BImSchV

Die Unterschiede in den Emissionsanforderungen an MBA-Anlagen zwischen der MBA-Richtlinie und der 30. BImSchV liegen i. W. in der unterschiedlichen Höhe des C-Frachtwertes, der Begrenzung der Stickstoffemissionen über Stickoxide und Ammoniak statt über Lachgas sowie der Messhäufigkeit des Staubgehaltes.

Da die Staubgehalte im Abgas nach Wäscher, Biofilter und RTO in den deutschen Anlagen in der Praxis dauerhaft deutlich unter den Grenzwerten liegen, erscheint hier der Verzicht auf eine kontinuierliche Messung gemäß MBA-Richtlinie der sachgerechtere Weg zu sein. Für Abluft aus der mechanischen Aufbereitung, die nur über Staubfilter gereinigt und separat abgeleitet wird, ist die Einhaltung der geforderten Staubwerte nachzuweisen.

Geruch und Dioxine werden in beiden Regelwerken über Einzelmessungen überwacht, deren Häufigkeit in Österreich von der Anlagengröße abhängt, während in der 30. BImSchV eine jährliche Messung über 3 Tage gefordert ist.

Da die Messwerte um den Faktor 10-100 unter dem Grenzwert liegen, wird in Deutschland derzeit für die **Dioxin/Furan-Messung** eine Aussetzung der Messung oder eine Verlängerung der Zeiten zwischen den Messzeiträumen angestrebt und von Anlagenbetreibern beantragt.

In der MBA-Richtlinie ist eine Begrenzung für Dioxine und Furane nur vorgesehen, sofern die Entstehung von PCDD und PCDF auf Grund der angewandten Abgasreinigungstechnologie nicht auszuschließen ist.

4 BETRIEBSERFAHRUNGEN MIT ABLUFTKONZEPTEN NACH 30. BIMSCHV UND ANSÄTZE ZUR WEITERENTWICKLUNG

4.1 Hintergrund

Das Abluftmanagementsystem einer MBA-Anlage nach 30. BImSchV besteht aus einem differenzierten System von getrennt erfassten Abluftteilströmen (z. B. Hallenabluft, Punktquellenabluft, Prozessabluft), die abhängig von ihrer Belastung i. d. R. unterschiedlichen Reinigungssystemen zugeführt werden, wie z. B.

- Staubfilter
- Biofilter mit vorgeschaltetem Luftbefeuchter oder saurem Wäscher
- RTO mit vorgeschaltetem saurem Wäscher



Luftwäscher mit Biofilter in Containerbauweise



Saurer Wäscher mit RTO und Kamin



Staubfilter

Bild 4-1: Systeme der Abgasreinigung in MBA-Anlagen nach 30. BImSchV (Beispiele)

Mit der Absaugung der Abluft aus den Hallen und biologischen Prozessstufen sollen zum Einen die bei der Behandlung freigesetzten Emissionen gefasst, abgeleitet und gereinigt werden, zum Anderen sollen durch entsprechende Luftwechselraten die klimatischen Bedingungen in den Hallen unter arbeitsschutzrechtlichen Gesichtspunkten eingehalten werden.

Die 30. BImSchV begrenzt wie in allen Regelwerken üblich die Konzentrationen der Parameter, hier für Staub und TOC. Zusätzlich und in dieser Form einmalig im Rahmen des deutschen BImSchG wird jedoch auch die zulässige Fracht an organischen Stoffen und Lachgas begrenzt, bestimmt als Massenverhältnis aus der pro Monat emittierten Masse zur monatlich in der MBA-Anlage angelieferten Abfallmenge (= Einsatzstoffmenge nach 30. BImSchV) (Tab. 4-1).

Parameter	Einheit	Messzeitraum/Art der Messung			
		TMW	HMW	MMW	EMW
Staub	mg/Nm ³	10	30	-	-
organische Stoffe	mg/Nm ³	20	40	-	-
organische Stoffe	g/Mg _{MBA}	-	-	55	-
Lachgas	g/Mg _{MBA}	-	-	100	-
Geruch	GE/m ³	-	-	-	500
Dioxine/Furane	ng/Nm ³	-	-	-	0,1

Tab. 4-1: Emissionsgrenzwerte der 30. BImSchV (2001)

Diese Begrenzung der Emissionsfrachten hat maßgeblich einen Zwang zur Abluftminimierung und intensiven Mehrfachnutzung von Abluftteilströmen in den MBA-Anlagen verursacht. Gegenüber Kompostwerken und dem Betrieb von MBA-Anlagen vor 30. BImSchV liegen die spezifischen Abgasmengen in MBA-Anlagen heute um den Faktor 3-5 niedriger.

Kompostwerke	10.-15.000	m ³ /Mg
MBA-Anlagen vor 30. BImSchV	8.-12.000	m ³ /Mg
MBA-Anlagen nach 30. BImSchV	2.-5.000	m ³ /Mg

Allein der zur Reduzierung der Abluftmengen erforderliche zusätzliche elektrische Energiebedarf für Umluftführung, Mehrfachnutzung, Kühlung etc. prägt nach einer Untersuchung des IFEU-Institutes die Ökobilanz der Abluftreinigung einer MBA-Anlage maßgeblich (Bild 4-2).

In den untersuchten Varianten führte der mit der Abluftmengenreduktion (von 11.000 auf 5.500 m³/Mg_{MBA}) verbundene zusätzliche Stromverbrauch in der BA dazu, dass die CO₂-Belastung bei den RTO- und TNV-Varianten (Variante 3-5) insgesamt ungünstiger ausfiel, als bei den Varianten mit höheren Luftmengen (Variante 1 nur Biofilter, Variante 2 RTO+ Biofilter). Die Variante 2, bei der hohe Abluftmengen, ein geringer Stromverbrauch und eine Reinigung der höher belasteten Abluftströme (60 % der gesamten Abluft) in der RTO unterstellt wurden, führte durch den hohen Gasverbrauch für die RTO gegenüber V 1 zu einer etwas höheren Klimabelastung. Die günstigsten Ergebnisse lieferten in diesem Fall die Varianten mit Vergärung und Verwendung des Biogases für die RTO, da die Verbrennung von Biogas klimaneutral erfolgt.

In Bild 4-2 wurde die gegenüber dem Bericht 2007 korrigierte Fassung der Grafik aufgenommen. Die Korrektur bezieht sich auf die Berücksichtigung der Emissionen aus der Verbrennung von Erdgas (in Bild 4-2 im Block RTO/TNV enthalten). Unter „Gas“ wurden nur die Emissionen aus der Vorkette der Bereitstellung des Erdgases eingestellt.

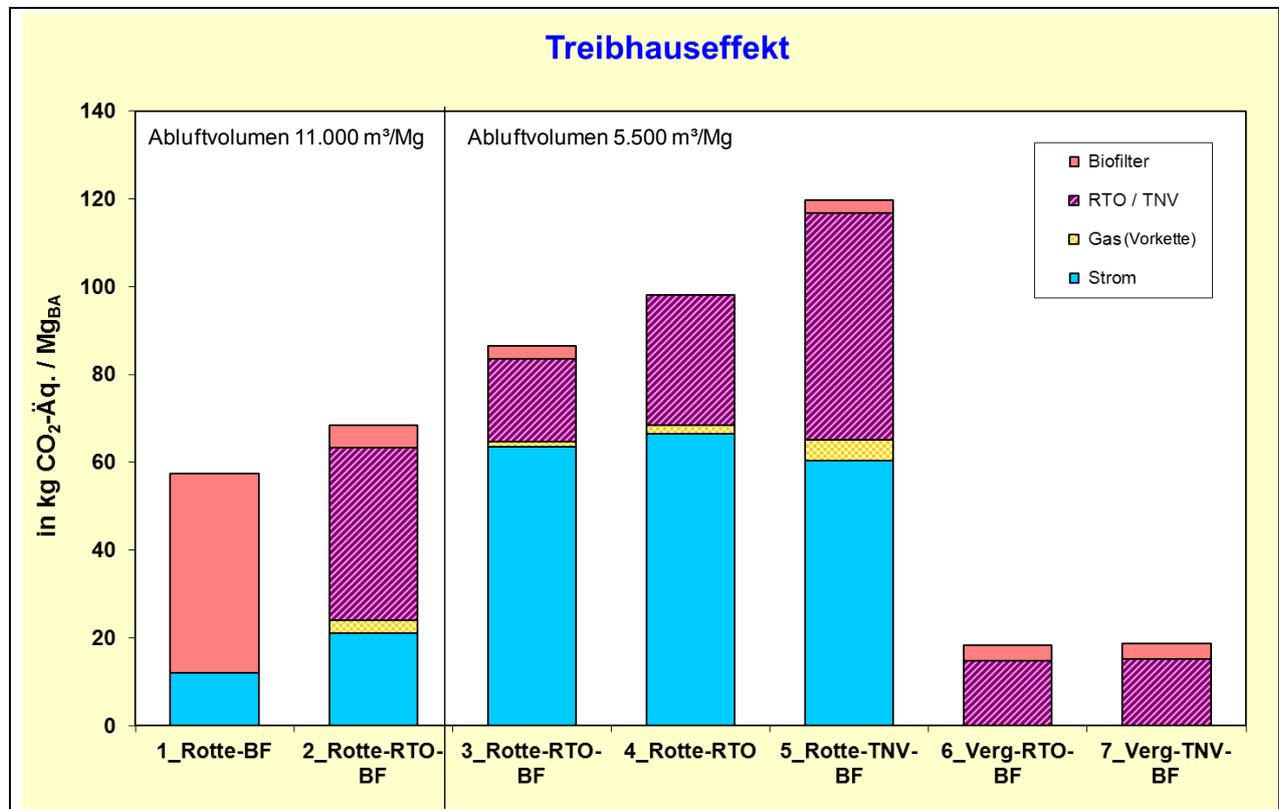


Bild 4-2: Ökobilanzielle Bewertung unterschiedlicher Abgasreinigungsverfahren in MBA-Anlagen; Beispiel: Treibhauseffekt (Bilanzrahmen: Abgasreinigung inkl. biologischer Behandlungsstufe, Bezugsgröße Mg_{BA}) [IFEU, 2007; KNAPPE, 2011, korrigierte Darstellung]

Der Untersuchung des IFEU liegen allerdings die Emissionsfaktoren für den deutschen Strommix (598 g CO₂-Äq./kWh Strom) zu Grunde, der gegenüber dem österreichischem Strommix (253 g CO₂-Äq./kWh Strom) zu deutlich höheren CO₂-Belastungen führt (Faktor 2,4). D. h. bei Anwendung des österreichischen Strommix würde die CO₂-Belastung aus Strom um den Faktor 2,4 niedriger ausfallen. Mit anderen Worten: Der höhere Stromverbrauch der Rotte und der RTO beeinflusst bei Ansatz des österreichischen Strommixes nicht so stark das CO₂-Ergebnis. Im vorliegenden Beispiel würde die Kombination aus RTO und Biofilter gemäß Variante 3 unter Klimagesichtspunkten geringfügig günstiger ausfallen als die Varianten 1 und 2 (Bild 4-3).

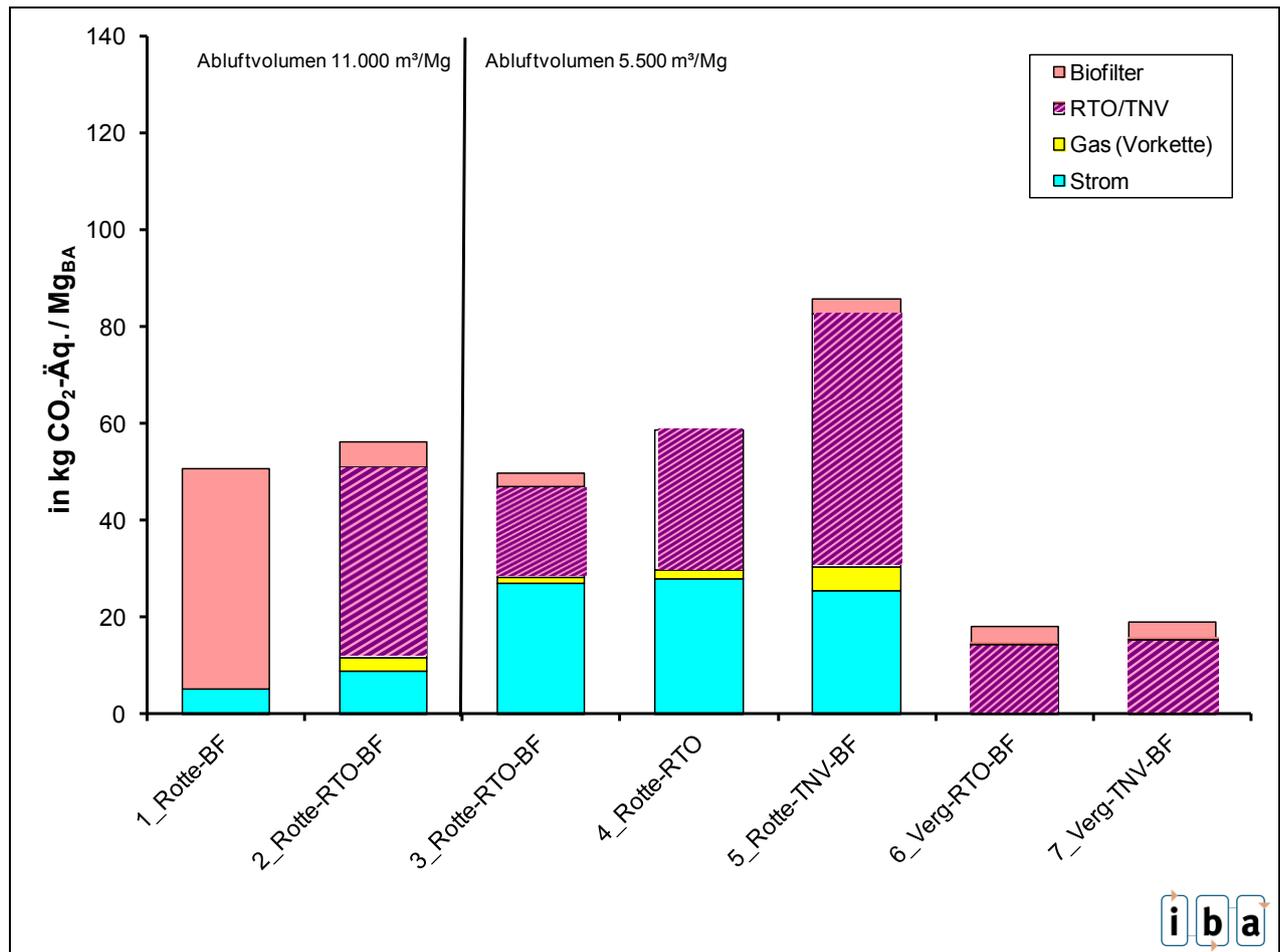


Bild 4-3: Bilanzergebnis Varianten aus Bild 4-2 bei Ansatz österreichischer Strommix

Mit den nach 2005 in MBA-Anlagen installierten Abluftmanagement- und Abgasreinigungssystemen können die Emissionswerte der 30. BImSchV grundsätzlich und sicher eingehalten werden. Die Höhe des Lachgaswertes hängt dabei maßgeblich vom Betrieb bzw. der Einstellung des sauren Wäschers ab (Beispiel s. Bild 4-4, Tab. 4-2 und nachfolgende Kapitel).

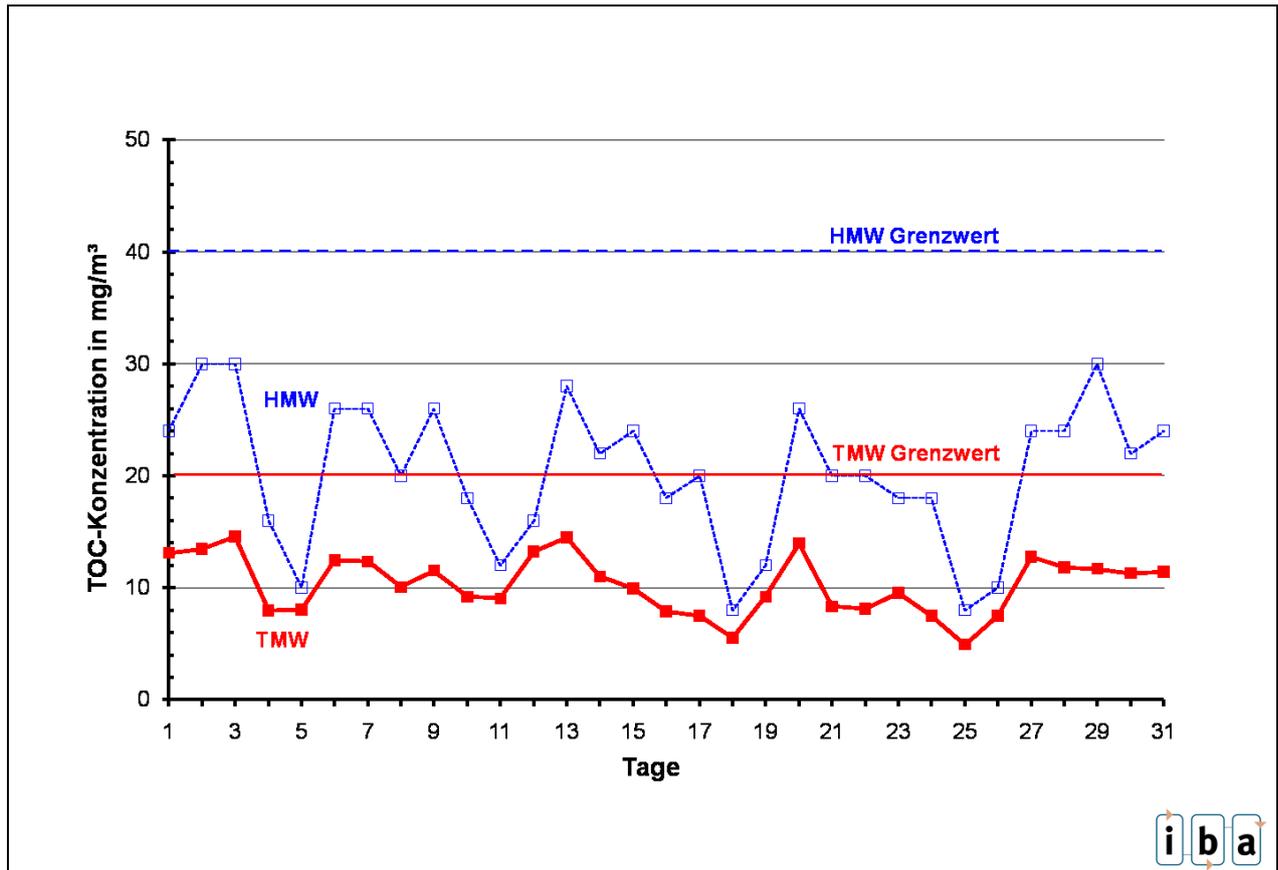


Bild 4-4: Exemplarischer Verlauf der TMW- und HMW-Werte für den Parameter TOC in einer MBA-Anlage mit Abgasreinigung über RTO und Biofilter

Parameter	Einheit	Grenzwert	Betriebswerte			Bezug
			Intensivrotte + offene Nachrotte	Intensivrotte + gekapselte Nachrotte	Vergärung + gekapselte Nachrotte	
Organische Stoffe als C_{ges}	mg/m ³	40	8 bis 30	-	-	Halbstundenmittelwerte (Tagesmaxima)
	mg/m ³	20	10,4	9,5	2-20	Tagesmittelwerte (Mittel)
	g/Mg	55	29,3	48,7	26,3	Monatsmittelwert als Massenverhältnis
Gesamtstaub	mg/m ³	30	< 1,5	-	-	Halbstundenmittelwerte (Tagesmaxima)
	mg/m ³	10	1,7	1,7	0,01-2,0	Tagesmittelwerte (Mittel)
Distickstoffoxid N_2O	g/Mg	100	19,9	12,2	16,2	Monatsmittelwert als Massenverhältnis
Dioxine / Furane	ng/m ³	0,1	< 0,002	< 0,002	< 0,0001	Einzelmessungen
Geruch	GE/m ³	500	400	< 480	199	Einzelmessungen

Tab. 4-2: Emissionswerte im Reingas von MBA-Anlagen mit unterschiedlicher biologischer Behandlung (Beispielwerte aus Praxisanlagen mit Abluftreinigung über RTO und Biofilter)

Um die emissionsbezogenen Anforderungen der 30. BImSchV einhalten zu können, muss der überwiegende Anteil der erfassten Abgase in MBA-Anlagen einer sauren Wäsche und einer thermischen Abgasreinigung in einer RTO zugeführt werden (s. Tab. 4-3).

Staub 10 mg/m ³	→ durch Luftbefeuchter und Wäscher kein Problem
C _{ges} 20 mg/m ³	→ Biofilter allein nicht ausreichend (für Gesamtabluft) → Verbrennung von hochbelasteten Abluftteilströmen erforderlich
C _{ges} 55 g/Mg _{MBA}	→ Minimierung der Abluftmengen → Mehrfachnutzung von Abluft → Umluffführung und Umluftkühlung in der Rotte → Anlagenkapselung und Punktquellenabsaugung → Aufkonzentrierung der Luftinhaltsstoffe TOC, NH ₃ → Wasserüberschuss → schlechtere Hallenluftqualität → labilerer Rotteprozess
N ₂ O 100 g/Mg _{MBA}	→ Entstickung über saure Wäsche vor RTO/Biofilter erforderlich → Verhinderung von N ₂ O-Bildung in der Rotte/Nachrotte

Tab. 4-3: Konsequenzen aus der 30. BImSchV für Planung und Auslegung einer MBA-Anlage

Durch den Zwang zur Abluftminimierung hat die 30. BImSchV nicht nur Konzeption und Betrieb von MBA-Anlagen bestimmt, sondern auch die Luftbedingungen und Temperaturen in MBA-Anlagen nachhaltig beeinflusst. Als Folge davon sind in den Hallen der MBA-Anlagen die Temperatur- und Feuchtegehalte angestiegen. Die möglichen geringen Luftwechselraten reichen nicht, um die feuchte Wärme aus den Hallen abzuführen. Dies hat zu verstärkter Kondensation und Korrosion an Bauwerken und Maschinen geführt.

Mit dem nachfolgend beschriebenen Konzept sollen die aus der Abluftminimierung resultierenden Folgeprobleme gelöst werden, ohne die Anforderungen der 30. BImSchV grundsätzlich in Frage zu stellen und ohne die Leistungsgrenzen und energetischen Erfordernisse der installierten Abgasreinigungssysteme (Wäscher, RTO, Biofilter) zu vernachlässigen.

Die Beschreibung der aufgetretenen Probleme und das Aufzeigen von Lösungsansätzen für MBA-Anlagen nach 30. BImSchV soll im Rahmen dieser Studie verdeutlichen, welche Fehlentwicklungen bei der Festsetzung von Emissionsanforderungen vermieden werden sollten.

4.2 Aktuelles Abluftmanagement in MBA-Anlagen und aufgetretene Probleme

Der grundsätzliche Aufbau der Abluftmanagementsysteme in MBA-Anlagen vor und nach Inkrafttreten der 30. BImSchV ist beispielhaft in Bild 4-5 bis Bild 4-7 dargestellt. Darin wird insbesondere auch die Zunahme der Komplexität der Abluftkonzepte nach 30. BImSchV verdeutlicht.

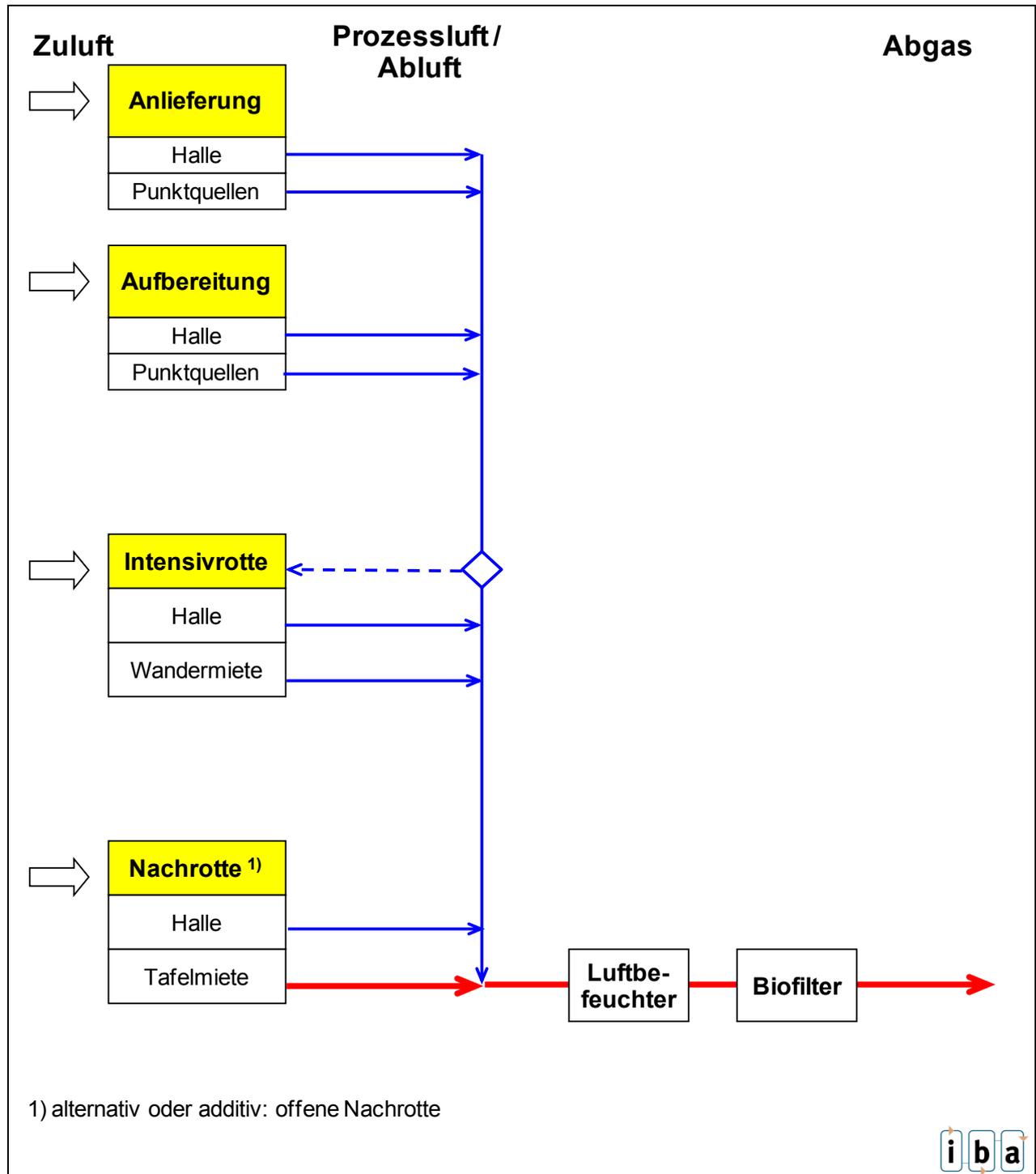


Bild 4-5: Grundzüge des Luft-/Abgasmanagements einer MBA-Anlage mit 2-stufiger Nachrotte ohne Vergärung vor 30. BImSchV

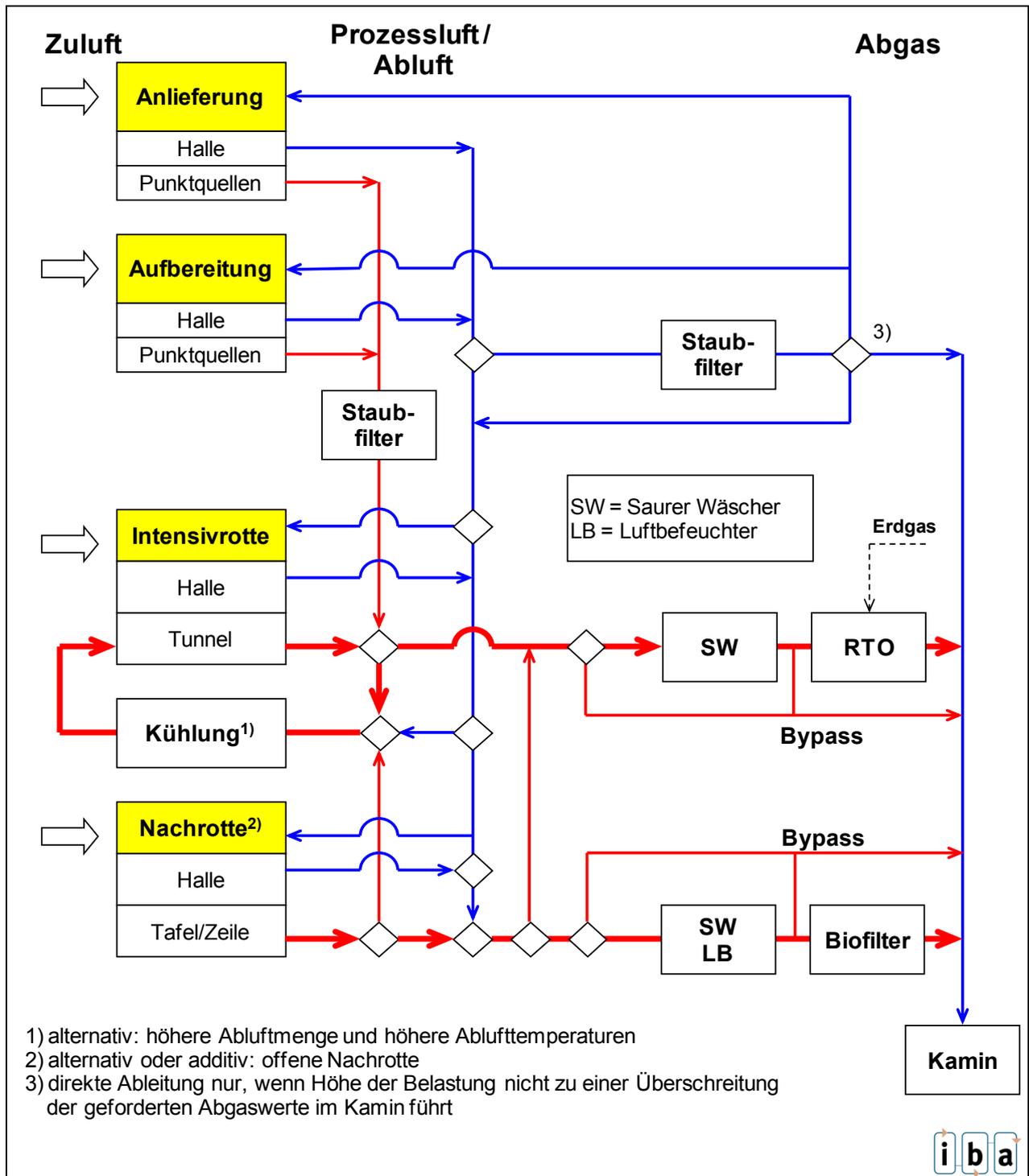


Bild 4-6: Grundzüge des Luft-/Abgasmanagements einer MBA-Anlage mit 2-stufiger Nachrotte ohne Vergärung nach 30. BImSchV

Ein direkter Abschlag von Abluftmengen aus der MA in den Kamin ist in Menge und Belastung nur zulässig, wenn die Einhaltung der geforderten Reingaswerte im Kamin dadurch nicht gefährdet ist (Fußnote 3 in Bild 4-6 und Fußnote 4 in Bild 4-7).

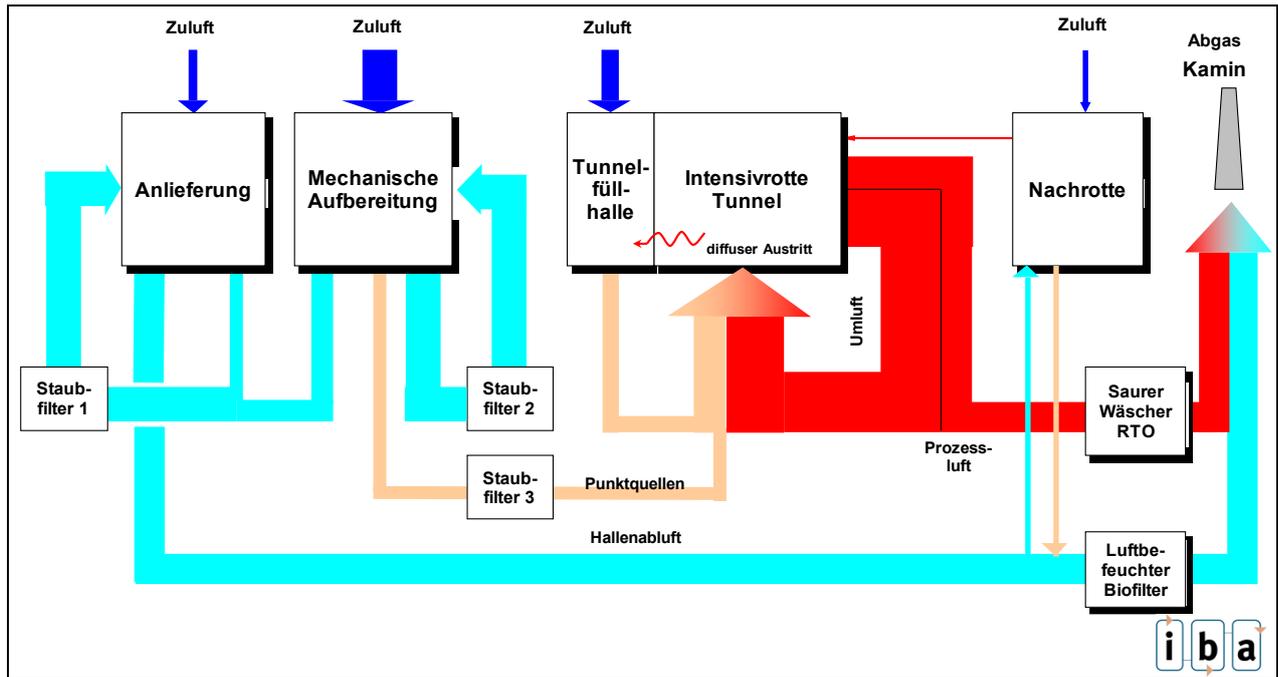


Bild 4-8: Abluftströme in MBA-Anlagen nach 30. BImSchV mit Mehrfachnutzung und reduzierten Hallenluftwechselln (qualitativ/quantitative Darstellung)

Das Abluftsystem einer MBA-Anlage nach 30. BImSchV basiert auf

- Kapselung und Absaugung von Punktquellen
- Mehrfachnutzung von Hallenabluft nach Zwischenreinigung über Staubfilter
- Nutzung von Abluft aus Punktquellenabsaugung und Hallenabluft als Zuluft zur Rotte
- Mehrfachnutzung der Prozessluft durch intensive Umluftnutzung mit Kühlung der Umluft (Option)
- angepasste Luftmengenregulierung an den Betrieb mit Absenkung der Hallenentlüftung während der Nacht und am Wochenende (Tag-/Nachtbetrieb)
- belastungsabhängige Reinigung der erfassten Abgase über Staubfilter, Wäscher, RTO und Biofilter

Die Größenordnung der Abluftströme und deren Verlauf ist am Beispiel eines konkreten Anlagenkonzeptes in Bild 4-8 dargestellt.

Um die aus den Mindesthallenluftwechsellraten resultierenden absoluten Luftmengen zu begrenzen, wurden schon beim Bau der neuen MBA-Anlagen die Hallenabmessungen weitestgehend minimiert. Die Einhaltung der geforderten Luftwechsellraten wurde durch Umluft- und Kreislauflührung mit Zwischenfilterung (Staubabscheidung) und kaskadenförmiger Mehrfachnutzung erreicht.

Die Reduzierung der Abluftmengen erfolgte mit dem Ziel, die erforderlichen kosten- und energieintensiven Behandlungskapazitäten in RTO begrenzt zu halten.

Durch die Minimierung der Luftmengen und deren Mehrfachnutzung hat sich jedoch die Belastung (Konzentration) der erfassten Abgasteilströme erhöht. Dieser Effekt wirkt sich positiv auf den Zusatzenergiebedarf für die RTO aus, jedoch erhöht sich damit auf der anderen Seite das Korrosionspotenzial der Abluftteilströme.

Mit steigenden (brennbaren) Inhaltsstoffen in der Abluft sinkt der für den Betrieb der RTO erforderliche Bedarf an externer Energie (Erdgas, Biogas, Deponiegas). Die VOC-Inhaltsstoffe im Abgas reichen i. d. R. jedoch nicht für einen autothermen Betrieb der RTO (s. Kap. 5).

Die in den RTO aufgetretenen Probleme mit Verblockung der Wärmetauschersteine auf Grund von SiO_2 -Ablagerungen und mit der Korrosion in den RTO, die z. T. auf ungeeignete Materialwahl und Ausführung zurückgeführt werden können, gehen zu Lasten der Verfügbarkeit der RTO.

Obwohl viele RTO zwischenzeitlich saniert und die mangelnde Verfügbarkeit teilweise durch den Zubau weiterer RTO-Linien aufgefangen wurden, steht die Entwicklung einer an die speziellen Erfordernisse einer Abluft aus MBA-Anlagen (Siloxangehalte, hohe Feuchte) angepassten RTO-Anlagentechnik weiterhin aus. Bis dahin können die Probleme der technischen Verfügbarkeit der RTO auf Grund der vernetzten Strukturen des Abluftmanagementsystems der MBA-Anlagen unmittelbar das Behandlungsergebnis der Rotte (Ablagerungskriterien) und die Luftverhältnisse in den Hallen beeinflussen (Arbeits- und Korrosionsschutz). Dies führt dazu, dass temporär nicht die geplante und erforderliche Prozessabluftmenge aus der Rotte abgeführt werden kann und in der Folge von den Tunnelventilatoren aus den Hallen nur noch in reduziertem Umfang Abluft als Zuluft zur Rotte abgesaugt wird.

Die ohnehin schon auf geringem Niveau befindlichen Luftwechselraten müssen in diesen Phasen weiter reduziert werden. In der Rotte selbst steigen dann die Temperaturen an, da die erforderliche Luftmenge zum Austrag der biologisch erzeugten Wärme nicht abgeführt werden kann. Der Wärmestau schlägt sich durch erhöhte Wärmeabstrahlung in die Tunnelvorhalle durch (s. Kap 4.4). Auf die Folgeprobleme von höheren Temperaturen, höherer Feuchte hinsichtlich Korrosion an Bauteil und Maschinenteknik durch Kondensation von Feuchte wird nachfolgend eingegangen. Der Abtransport von Wärme und Feuchte aus den Hallen ist prinzipiell nur durch eine Erhöhung der Luftwechselraten möglich. Dieser Möglichkeit werden jedoch durch die Frachtenregelung der 30. BImSchV sehr enge Grenzen gesetzt.

Ob der zusätzliche Freiraum, den die MBA-RL durch den höheren Frachtwert von $100 \text{ g C/Mg}_{\text{MBA}}$ gibt, ausreichend ist, um die aufgetretenen Probleme zu vermeiden, soll im Rahmen dieser Studie aufgezeigt werden.

4.3 Emissionsfreisetzung in der MBA

Die Bildung und Freisetzung von emissionsrelevanten Stoffen wie Lachgas und TOC ist in vielen Untersuchungen hinreichend analysiert und bestimmt worden. Nachfolgend werden die für das Abluftmanagement und Einhaltung von Emissionsgrenzwerten relevanten Zusammenhänge für Lachgas, C_{ges} und Wärme erläutert.

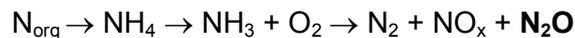
4.3.1 Lachgas

Lachgas/Distickstoffoxid N_2O entsteht in der MBA auf zwei Wegen:

a) sekundäre Bildung von N_2O in der RTO oder im Biofilter

Im Rahmen des biologischen Abbaus organischer Masse entsteht Ammonium, das z. T. durch die Mietenbelüftung über die Abluft in Form von Ammoniak NH_3 ausgetragen wird.

Gelangt das NH_3 in die RTO oder in die Biofilter wird es dort oxidiert. Ein geringer Anteil wird dabei zu N_2O oxidiert.



Um den Eintrag von NH_3 in RTO und Biofilter zu vermeiden, wird das NH_3 vorweg in einem sauren Wäscher bei niedrigen pH-Werten ausgewaschen und in eine Ammoniumsulfatlösung ASL überführt.



b) primäre Bildung von N_2O in der Rotte

Zu Beginn der Intensivrotte (nur kurzzeitig) und in der Nachrotte bei abklingenden Mieten Temperaturen ($< 45^\circ C$) findet eine biologische Oxidation und Reduktion der Stickstoffverbindungen in der Miete statt (Nitrifikation, Denitrifikation)

Bei diesen Vorgängen wird als Nebenprodukt N_2O gebildet, das mit der Prozessluft aus der Rotte abgeführt wird. Primär gebildetes N_2O wird weder im Biofilter noch in der RTO zurückgehalten, sondern tritt in gleicher Konzentration im Reingas auf.

Die primäre Bildung von N_2O vorwiegend in der Nachrotte kann nicht gänzlich verhindert werden. Durch entsprechende Prozessführung kann jedoch die Nitrifikation und die Denitrifikation von Stickstoffverbindungen, in dessen Folge Lachgas gebildet wird, behindert werden.

Hierzu gehören u. a.

- frühes Ausstrippen von NH_3 in der Intensivrottephase, um damit das C/N-Verhältnis zu erweitern,
- Verhinderung der Nitrifikation durch Aufrechterhalten hoher Temperaturen in den Mieten ($> 45^\circ C$),
- rechtzeitiges Austragen von Nachrottemieten aus der MBA-Anlage bzw. aus aktiv belüfteten Mietenfeldern.

Mit dem letzten Punkt soll vermieden werden, dass Mieten, die keine starke Aktivität mehr aufweisen, auf Temperaturen abkühlen, bei denen Nitri- und Denitrifikationsvorgänge wieder starten.

Lachgasbildung

Ammoniak im Rohgas wird sowohl im Biofilter wie auch in der RTO oxidiert zu NO_x und N_2O . Nach Untersuchungen von CUHLS [2001] wurde in einem Biofilter 22 % des zugeführten $\text{NH}_3\text{-N}$ im Rohgas zu N_2O umgewandelt.

In der RTO werden sowohl NH_3 wie auch zugeführte organische N-Verbindungen oxidiert. Nach Ausfall der Säuredosierung zum sauren Wäscher stiegen nach Messungen von WALLMANN [2007, 2009] die Lachgaswerte kurzzeitig deutlich an (Bild 4-9).

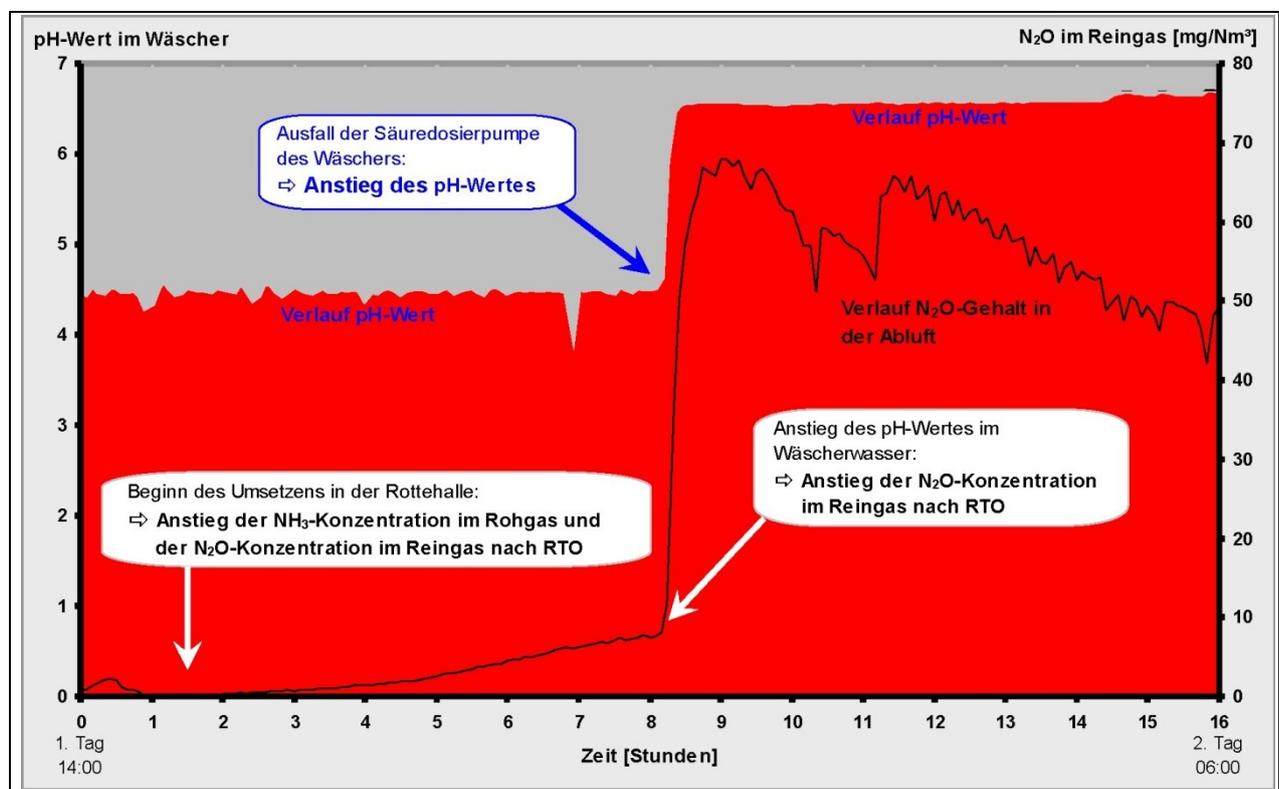


Bild 4-9: Anstieg der Lachgaswerte in der RTO nach Ausfall des Wäschers [WALLMANN, 2007]

Aus dem Unterschied der Werte vor und nach Ausfall der sauren Wäscher lassen sich Lachgasbildungsraten in der RTO berechnen, die sich im genannten Beispiel zu 30-40 % des zugeführten $\text{NH}_3\text{-N}$ ergeben. In anderen Messungen lag die Bildungsrate lediglich zwischen 6 und 17 % (Tab. 4-4).

Messung	Rohgas		Reingas		Lachgasbildung aus NH ₃ -N bzw. N _{ges}
	NH ₃ -N bzw. N _{ges}	N ₂ O-N	NH ₃ -N	N ₂ O-N	
	mg/Nm ³				%
1	100-140	< 1	k. A.	40	30-40
2	76	< 2	47	8	17
3	215-290	5	< 12	22	6-8

Messung 1 und 2 nur kurzzeitig bei Ausfall der Wäscherfunktion
in Messung 3 Angaben und Bildungsraten bezogen auf ges.-N

Tab. 4-4: Lachgasbildung in der RTO
[WALLMANN, 2007, 2009; GEWITRA, 2010, eigene Auswertung]

Bei funktionierender Säuredosierung und pH < 5 im Waschwasser scheidet der saure Wäscher über 95 % des zugeführten NH₃ ab und überführt es in die Wäscherlösung (Ammoniumsulfat ASL).

Aus den vorliegenden Ergebnissen können folgende Schlussfolgerungen für die Parameter Lachgas und Ammoniak gezogen werden:

- Die primäre Lachgasbildung in der Rotte (vorrangig Nachrotte) ist durch entsprechende Rottesteuerung zu vermeiden (Ausstrippen von NH₃ in der Intensivrotte und Temperatur > 45 °C in der Nachrotte).
- Die sekundäre Bildung von N₂O in Biofilter und RTO kann bei Stickstoffgehalten im Rohgas nicht ausgeschlossen werden, sondern tritt systembedingt in unterschiedlichem und stark schwankendem Umfang auf. Die sekundäre Lachgasbildung in Biofilter und RTO kann jedoch durch eine saure Wäsche auf unkritische Werte vermindert werden.
- Die große Bandbreite der festgestellten Bildungsraten verdeutlicht, dass die sekundäre N₂O-Bildung in Biofilter und RTO von mehreren Faktoren abhängt und dass die Wirkungszusammenhänge noch nicht vollständig aufgeklärt sind. Daher kommen den beschriebenen Vorsorgemaßnahmen große Bedeutung zu.
- Die Abscheidung von NH₃ im sauren Wäscher ist sehr effektiv (≥ 95 %).
- Die Einhaltung des Grenzwertes für Lachgas kann durch entsprechende Rotteführung und durch eine effektive saure Wäsche der Rohgase sicher eingehalten werden.
- Bei Trocknungsanlagen, deren Abluft höhere NH₃- oder N_{org}-Gehalte aufweisen kann und die bei der Abluftreinigung in einer RTO oxidiert werden, kann es zu einer Überschreitung des NO_x-Grenzwertes der MBA-Richtlinie kommen. In diesen Fällen müssten die Stickstoffe im Rohgas vor Eintritt in die RTO reduziert werden.

Nach den iba vorliegenden Jahresbilanzen liegen die durchschnittlichen Lachgasfrachten im Jahresmittel bei ca. 30 g/Mg_{MBA}. Die Werte schwanken zwischen den Anlagen und zwischen aufeinanderfolgenden Jahren in der gleichen Anlage zwischen 15 und 50 g/Mg_{MBA}. In einzelnen Monaten können auch Werte bis zu 100 g/Mg_{MBA} auftreten. Eine direkte Abhängigkeit zwischen Behandlungsverfahren (Vergärung oder Rotte) und Höhe der Lachgasfracht konnte nicht festgestellt werden. Die Höhe der Lachgaswerte wird also vorrangig durch den Betrieb beeinflusst.

Die Bildung von Lachgas wird durch die nachfolgend beschriebene Erhöhung von Luftmengen nicht beeinflusst.

4.3.2 Organische Stoffe/TOC

Im Verlauf des biologischen Abbaus organischer Masse werden organische Stoffe (Summenparameter TOC) in die Abluft emittiert. Die Freisetzung erfolgt überwiegend zu Beginn der Intensivrotte. Bei bestimmungsgemäßer Prozessführung wird durch die Abluft aus der Nachrotte und über die Luftabsaugung aus den Hallen die insgesamt freigesetzte Fracht nur unwesentlich erhöht (Bild 4-10).

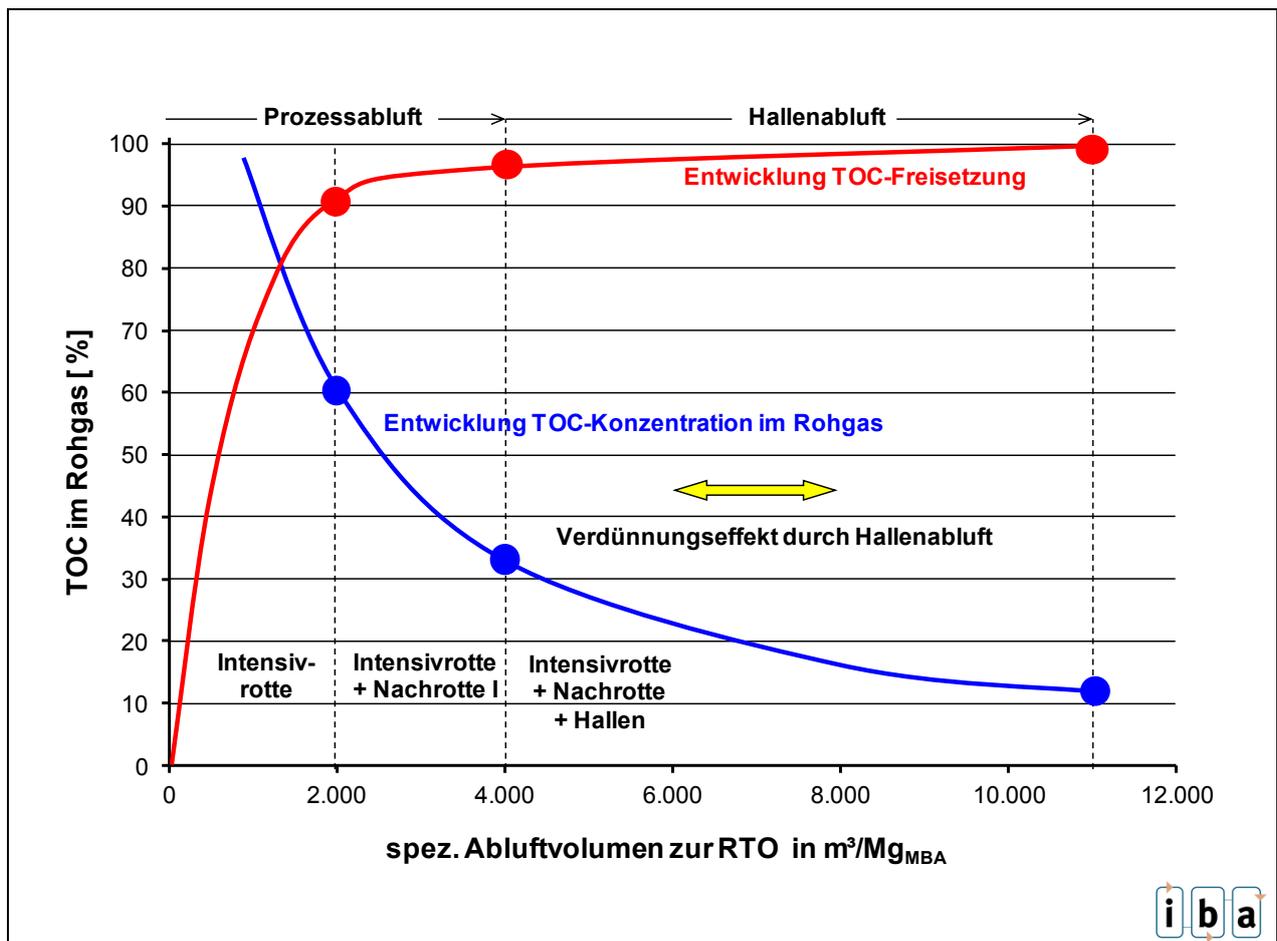


Bild 4-10: Zusammenhang zwischen TOC-Freisetzung im Verlauf der Rotte und TOC-Gehalte in der Rohabluft in Abhängigkeit der Abluftmenge und -herkunft

Die absolute Menge ist abhängig von den Inhaltsstoffen der behandelten Abfälle sowie von der Höhe der emittierten Methangehalte in der Rotteabluft. Entsprechend führt die gemeinsame Behandlung von Prozessluft aus Intensivrotte mit Abluft aus der Nachrotte und den Hallen zu einer signifikanten Abnahme der Inhaltsstoffe in der zu behandelnden Abluft (Rohgas). Die TOC-Verbindungen können also durch getrennte Fassung der Prozessabluft aus der ersten Phase der Intensivrotte und gezielte Prozessführung mit hohen Umluftraten und Mehrfachnut-

zung der Abluft in einem begrenzten Abgasteilstrom angereichert und aus dem Prozess abgeleitet werden.

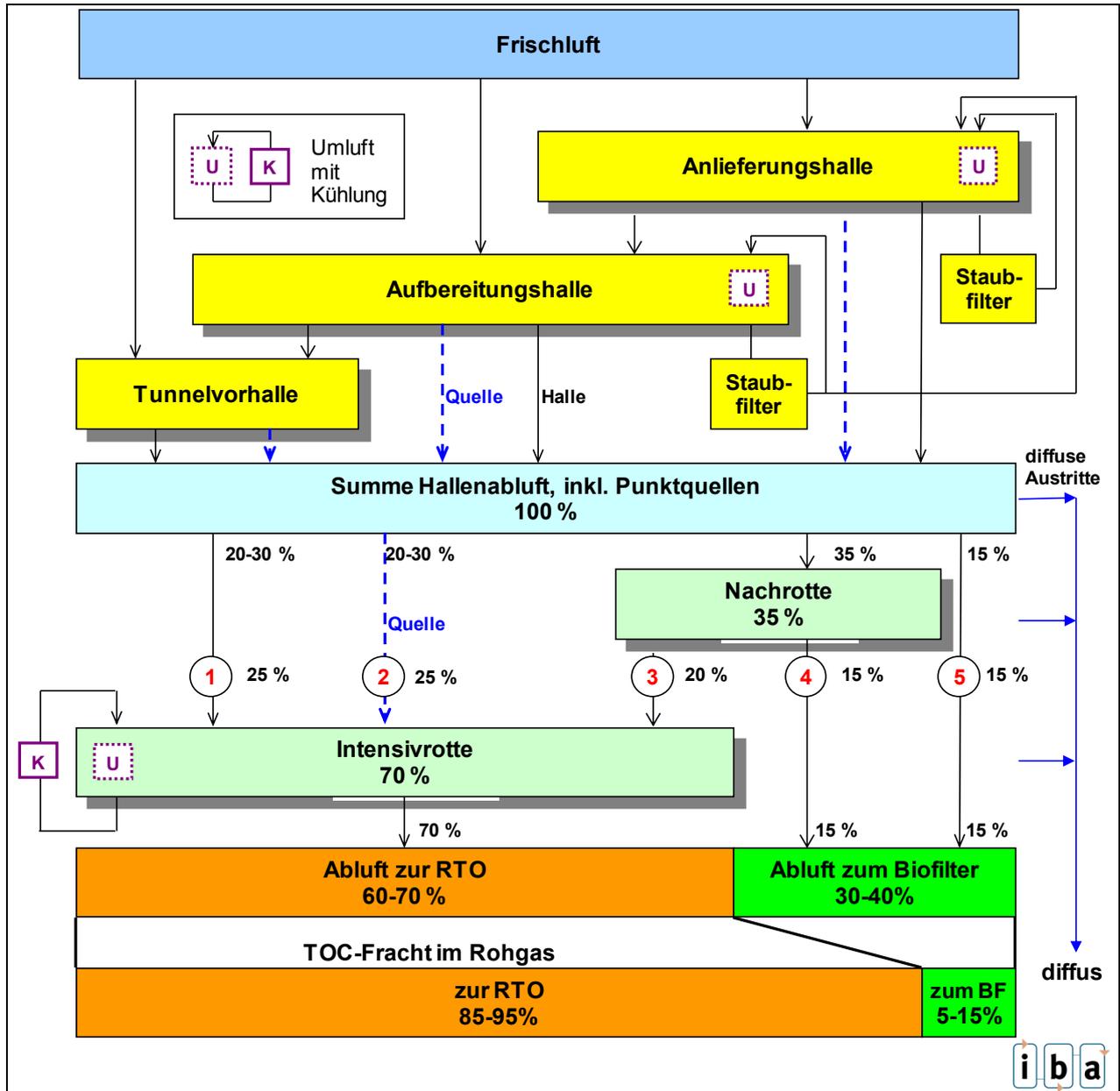


Bild 4-11: Herkunft, Aufteilung und Verbleib der Abluftströme und der TOC-Emissionen in der MBA mit Abluftmehrfachnutzung (Beispiel)

Durch das in Kap. 4.2 beschriebene Abluftkonzept werden durch die Mehrfachnutzungsstrategien im Abluftstrom zur RTO (70 % der Gesamtabluftmenge) über 90 % der TOC-Fracht erfasst. Die Abluft zum Biofilter enthält im Mittel weniger als 10 % der Emissionsfracht. Je geringer die möglichen Luftwechselraten in den Hallen, desto eher können aus den Hallen diffuse Emissionen austreten (Bild 4-11).

Fazit organische Stoffe/TOC

Die Freisetzung des TOC erfolgt überwiegend zu Beginn der Intensivrotte und kann mit dem Abgas aus der Intensivrotte in einem begrenzten Abgasstrom erfasst werden. Dadurch können relativ hohe C-Konzentrationen im Rohgas zur RTO erzielt werden, die zu einer Senkung des Zusatzenergiebedarfs in der RTO führen. Eine Erhöhung der Belüftungsmenge in der Intensivrotte oder eine Vermischung mit anderen Abgasteilströmen führt lediglich zu einer Verdünnung mit Reduzierung der Konzentrationswerte. In der Folge steigt der Zusatzenergiebedarf in der RTO drastisch an (s. Kap 4.5). Dieser Effekt wird noch verstärkt, sofern es gelingt, durch eine bessere Belüftung der Mieten zusätzlich die Bildung von Methan und damit die TOC-Fracht aus der Rotte insgesamt deutlich zu senken (siehe hierzu unsere Ausführungen unter Kap. 5).

4.4 Wärmefreisetzung

Beim aeroben Abbau organischer Masse wird in erheblichem Umfang Wärme freigesetzt, die zur Materialerwärmung führt. Um die Temperatur in der Miete auf 50-55°C halten zu können, muss die Wärme über die Wasserverdunstung und Ableitung von wasserdampfhaltiger Luft aus dem Rottesystem abgeführt werden.

Ein Teil der freigesetzten Wärme wird für die Erwärmung des Rottegutes und des Bewässerungswassers benötigt. Ein weiterer Teil führt über Abstrahlungsverluste der Bauhülle und Abstrahlverluste aus dem Rottematerial beim Um- und Austragen zu einer Erwärmung der Luft in den Hallen.

Um die Erwärmung von Material und Bauwerk in verträglichen Grenzen zu halten, muss ausreichend trockene Luft als Trägermedium zur Aufnahme und Ableitung der feuchten Luft zur Verfügung stehen. Im Rahmen der Umsetzung der 30. BImSchV mussten jedoch gerade die Abluftmengen drastisch reduziert werden. Eine Möglichkeit zur Reduzierung der Abgasmenge ist die verstärkte Umluftführung bei der Mietenbelüftung. Um die Umluft jedoch als Kühlmedium nutzen zu können, muss diese vor Rückführung in den Prozess unter Einsatz von elektrischer Energie gekühlt und entfeuchtet werden.

In anderen Konzepten wurde gezielt das Temperaturniveau in der Rotte angehoben, um mit der heißeren Prozessabluft mehr Wasser bei geringeren Luftmengen aus dem System austragen zu können. Die mögliche Erhöhung der Mietentemperaturen wird jedoch durch die mikrobiellen Anforderungen auf maximal 55-60°C begrenzt.

Insbesondere in gekapselten Systemen wie z. B. Tunnel erhöhen sich mit Erhöhung der Mietentemperaturen die Abstrahlverluste über das Bauwerk in angrenzende Arbeitsbereiche. In der Tunnelvorhalle führt dies neben einem Anstieg der Lufttemperatur auch zu einem Anstieg der

absoluten Luftfeuchte, da die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft mit steigender Temperatur überproportional ansteigt. Die hohen Temperaturen verbunden mit hoher Luftfeuchtigkeit führen zu einer Belastung der Arbeitsplatzatmosphäre. Zusätzlich kommt es durch die hohe Feuchte zu einer stärkeren Kondensation am Bauwerk sowie an Stahlbau und Maschinen.

Durch die geringen verfügbaren Luftwechselraten kann die Feuchte aus der Tunnelvorhalle nicht mehr zeitnah und nicht in erforderlichem Umfang abgeführt werden. Die Bauteile bleiben dauerhaft von einem Feuchtefilm überzogen. In der Folge kommt es zu verstärktem korrosiven Angriff [FRICKE ET AL., 2008]. Die Situation wird noch dadurch verschärft, dass durch die Mehrfachnutzung von Luftströmen diese Luft eine höhere Feuchte aufweist als die Außenluft und demzufolge bei nachfolgender Nutzung nicht mehr soviel Feuchte aus dem betreffenden Prozess zusätzlich aufnehmen kann.

Bei einer Intensivrotte von 100.000 Mg/a in einem Tunnelsystem werden pro Jahr ca. 68 Mio kWh an Wärmeenergie freigesetzt (Ansatz 5.500 kWh/Mg oTS-Abbau). Die Summe der Abstrahlverluste liegt abhängig von Jahreszeit und Bauausführung zwischen 10 und 25 %. Davon werden zwischen 3 und 9 %-Punkte als Wärmeabstrahlung von Bauwerk und Materialumtrag in die Tunnelvorhalle eingetragen.

Bezogen auf den dargestellten Fall werden im Mittel 6 % der erzeugten Wärmeenergie in die Tunnelvorhalle abgeführt. Das entspricht einem Wärmeeintrag von ca. 2.000 kWh/m² im Jahr, der um den Faktor 10 über den Heizenergiebedarf von Industriehallen bzw. Einfamilienhäusern älteren Standards liegt.

Um die wasserdampfhaltige Wärme aus der Halle abzuführen und Kondensation in der Halle zu vermeiden, stehen grundsätzlich 2 Wege zur Verfügung:

- a) Abführung der Wärme mit erhöhten Frischluftmengen,
- b) Anhebung des Temperaturniveaus in der Halle, sodass der Taupunkt an allen kritischen äußeren Stellen der Bauhülle nicht unterschritten wird.

Variante b) führt zu unangemessen hohen Temperaturen in der Halle und kollidiert daher mit arbeitsschutzrechtlichen Anforderungen.

Variante a) führt zu einem deutlichen Anstieg der erforderlichen Luftmengen. Da diese Luftmengen nur dem Wärme- und Feuchtetransport aus Hallenbereichen dienen und nicht aus Rotteprozessen kommen, werden sie nicht durch Prozessabluft belastet und führen im Gegenzug nicht zu einer Verdünnung der Prozessabluft aus dem Rotteprozess.

Eine Behandlung dieser zusätzlichen Luft in einer RTO würde nur durch entsprechend hohe Zugabe von Erd- oder Biogas möglich (siehe Kap. 4.5.1).

Eine Behandlung dieser Abluft in einem Biofilter würde auf Grund der Eigenemissionen des Biofilters durch den Abbau des Biofiltermaterials selbst zu einer Überschreitung des C_{ges} -Frachtwertes führen (Tab. 4-5, s. a. Kap. 4.5.2).

Abluft	Reinigung	Abluftmenge Nm ³ /Mg _{MBA}	Reingaskonzentration mg/Nm ³	Reingasfracht g/Mg _{MBA}
Prozessabluf IR	RTO	2.800	7	19,6
Prozessabluf NR ¹⁾	Biofilter I	1.200	20	24,0
Zwischensumme		4.000	10,9	43,6
zusätzl. Hallenabluf	Biofilter II	4.000	15	60
Gesamt	-	8.000	13	103,6

1) inkl. überschüssige Hallenabluf, sofern biologischer Prozess geringere Luftmengen erfordert

Tab. 4-5: C_{ges} -Frachtwert bei Einbeziehung zusätzlicher Hallenluft in die Frachtenregelung (Beispiel)

Im vorliegenden Beispiel wird mit den reduzierten Abluftmengen der Frachtwert der 30. BImSchV eingehalten.

Wird die Luftwechselrate in den Hallen durch die Absaugung zusätzlicher Luft von 1 auf 2 erhöht und wird diese Luft (Annahme: Rohgasbelastung < 20-25 mg C/m³) über Biofilter gereinigt, würde sich der Frachtwert auf 103,6 g/Mg_{MBA} erhöhen. Damit wäre der zulässige Frachtwert der 30. BImSchV deutlich überschritten und selbst der Richtwert der MBA-Richtlinie könnte nicht sicher eingehalten werden (weitergehende Ausführungen zu dieser Problematik finden sich in Kap. 6).

Bei Umsetzung der Variante a) ist daher eine getrennte Erfassung eines möglichst emissionsfreien Luftstroms erforderlich, der als Wärmeträger direkt abgeleitet werden kann. Dafür ist es erforderlich, den Eintritt von prozessbedingten Emissionen in diesen Luftstrom zu verhindern. Dies erfordert je nach Anlagenkonzept und baulicher Realisierung eine weitergehende Kapselung von Punktquellen und deren gezielte und verstärkte Absaugung. Alternativ kann die Absaugung zusätzlicher Hallenluft insbesondere der Tunnelfüllhallen auf Zeiten ohne Anlagenbetrieb, d. h. ohne Eintrag und Umtrag, begrenzt werden.

4.5 Systeme der Abgasreinigung und deren Leistungsgrenzen

4.5.1 Betrieb und Energiebedarf RTO

Mit einer RTO können im Reingas TOC-Werte von ca. 5-7 mg/m³ erreicht werden. Die aktuellen Betriebswerte liegen zwischen 3 und 10 mg/m³, i. d. R. weitgehend unabhängig von der Rohgaskonzentration.

Für den Betrieb einer RTO müssen je nach System und Auslegung zwischen **15 und 20 kWh/1.000 Nm³ Abgas** an Energie dem Brennerraum zugeführt werden. Der Strombedarf einer RTO liegt bei ca. 2,5 kWh/1.000 Nm³ Abgas. Bei starker Verblockung der Wärmetauschersteine können die Verbrauchswerte stark ansteigen.

Sofern nur die Prozessabluft über die RTO gereinigt wird, trägt dies auf Grund ihrer TOC-Belastung je nach Verfahrens- und Abluftkonzept der MBA-Anlage sowie je nach Energieeffizienz der RTO zwischen 20 und 60 % zum Energiebedarf der RTO bei. Dementsprechend müssen ca. 40-80 % des Energiebedarfs als Zusatzenergie über Erd- oder Biogas zugeführt werden (Bild 4-12).

Bei den aktuellen Luftverhältnissen in den österreichischen MBA-Anlagen dürfte der Zusatzenergiebedarf bei > 90 % liegen. Eine eigene Abschätzung mit dem im Zustandsbericht des UBA angegebenen Betriebsdaten der MBA Wiener Neustadt bestätigen diese Annahme [UBA, 2006].

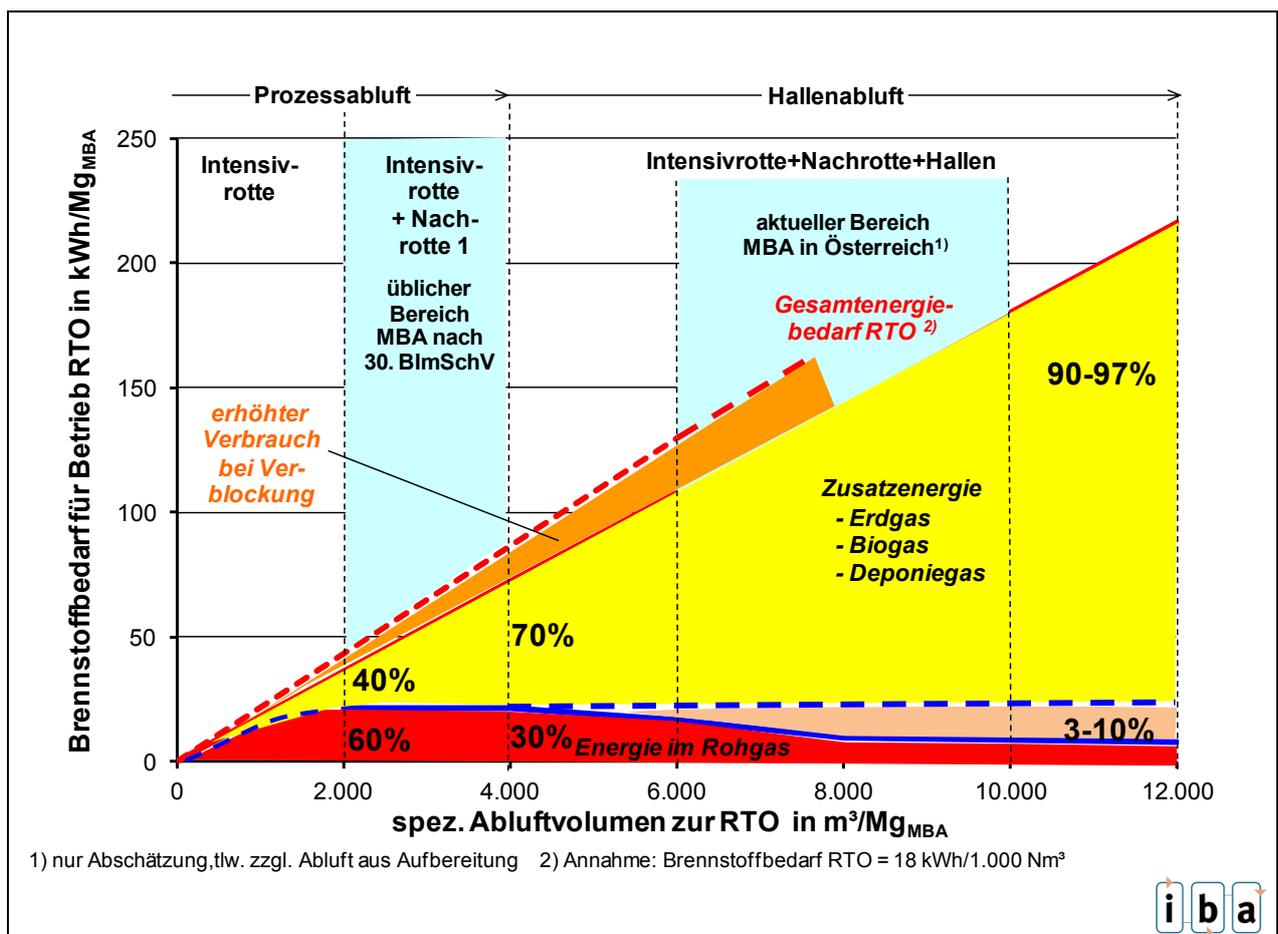


Bild 4-12: Brennstoffbedarf in Abhängigkeit der spezifischen Abluftmenge zur RTO

Um den Zusatzenergieverbrauch der RTO begrenzt zu halten, wird die MBA-Abluftmenge insgesamt reduziert und die RTO in den meisten Fällen auf die Behandlung der höher belasteten Abgasteilströme (Punktquellen aus MA, Intensivrotte) beschränkt. Die übrige Abluft aus den Hallen und der Nachrotte wird bei diesen Konzepten über Staubfilter und/oder Biofilter gereinigt. Entsprechend der in Kap.4.3.2 beschriebenen Wirkungszusammenhänge wird über 90 % der TOC-Fracht im Verlauf der Intensivrotte freigesetzt. Eine Erhöhung der Belüftungsraten in der Intensivrotte führt nicht zu einer Erhöhung der emittierten TOC-Fracht, sondern nur zu einer Verdünnung der Konzentrationswerte. Derselbe Effekt tritt ein, wenn gering belastete Abluft aus der Nachrotte und Hallenabluft (die nicht als Prozessluft in der Rotte benötigt wird) gemeinsam mit der Prozessabluft erfasst wird, um sie einer RTO zuzuführen.

Sofern mit steigender Belüftung der Intensivrotte die Methanfreisetzung aus der Intensivrotte abnimmt, würde damit auch der Energiegehalt der zu reinigenden Abluft abnehmen, womit im Gegenzug der Zusatzenergiebedarf für die RTO noch weiter ansteigen würde.

Im dargestellten Beispiel würden dann nur noch 3-10 % des Energiebedarfs über das Rohgas, 90-97 % müsste dagegen über Erdgas oder andere Energieträger zugeführt werden. Durch die Überlagerung mit dem Anstieg der zu behandelnden Luftmenge würde der Gesamterdgasverbrauch um das 3- bis 14-fache steigen. Unter energetischen und Klimaschutz-Gesichtspunkten schließt sich eine Behandlung von relativ unbelasteten Abgasteilströmen oder gar unbelasteter zusätzlicher Hallenluft über RTO aus. Zumal nicht ausgeschlossen werden kann, dass bei steigendem Erdgasanteil der gemessene TOC im Reingas zu großen Teilen aus dem zudosierten Erdgas stammt (z. B. bei Erdgaszudosierung in den Rohgasstrom, bei Klappenundichtigkeiten und Brennerfehleinstellungen etc.).

4.5.2 Betrieb und Reinigungsleistung Biofilter

Der Biofilter weist gegenüber Gerüchen und NMVOC-Inhaltsstoffen im Rohgas eine sehr gute Reinigungsleistung auf. Sofern methanhaltige Abluft dem Biofilter ferngehalten wird, werden die aus dem MBA-Prozess resultierenden Inhaltsstoffe im Biofilter sehr gut abgebaut. Auf Grund der im Biofilter ablaufenden internen Abbauvorgänge (Abbau organisches Filtermaterial) können systembedingt jedoch bestimmte Mindest-TOC-Gehalte im Reingas nach Biofilter nicht unterschritten werden. Die verbleibende Grundlast im Reingas liegt zwischen 10 und 20 mgC/m³ (sofern die Rohgasbelastung unterhalb der zulässigen Belastung des Biofilters von ca. 100-150 mgC/m³ liegt).

Selbst niedrige Rohgasgehalte würden demnach nach Reinigung im Biofilter die gleiche TOC-Belastung aufweisen, wobei unterstellt werden kann, dass sich im Reingas andere Inhaltsstoffe im Summenparameter TOC wiederfinden als im Rohgas. Im Einzelfall kann sogar der TOC im

Reingas höher ausfallen als im Rohgas. Wenn die Eigenbelastung des Biofilters in die Frachtbegrenzung der Verordnung einbezogen werden muss, schließt sich eine Reinigung von un- oder gering belasteter zusätzlicher Abluft über Biofilter wegen der beschriebenen Eigenbelastung des Biofilters unter den Bedingungen der 30. BImSchV aus.

System	zulässige C_{ges} -Fracht g/Mg _{MBA}	C_{ges} im Reingas mg C/m ³	maximal mögliche Luftmenge m ³ /Mg _{MBA}
nur RTO	55 ¹⁾	5	11.000
nur RTO	55 ¹⁾	10	5.500
RTO + Biofilter	55 ¹⁾	15	3.650
RTO + Biofilter	55 ¹⁾	20 ¹⁾	2.750
RTO + Biofilter	100 ²⁾	20 ²⁾	5.000
RTO + Biofilter	100 ²⁾	12,5	8.000
nur Biofilter	100 ²⁾	>> 20	<< 5.000

1) Vorgabe 30. BImSchV

2) Vorgabe MBA-Richtlinie Österreich

Tab. 4-6: Maximal mögliche Abluftmengen in MBA-Anlagen bei unterschiedlichen Reinigungskonzepten und zulässigen C_{ges} -Werten im Reingas

Somit ergeben sich aus der Reinigungsleistung bzw. den erreichbaren Reingaswerten der verfügbaren Abgasreinigungssysteme die maximal möglichen Luftmengen für den Betrieb einer MBA-Anlage (Tab. 4-6). Der höhere Frachtwert in der MBA-Richtlinie gibt hier zwar mehr Möglichkeiten zur Behandlung von Hallenabluft über Biofilter innerhalb der Frachtenregelung, dies jedoch nur, sofern die stärker belasteten Abluftströme über eine RTO gereinigt werden (vgl. Tab. 4-5 und Tab. 6-1).

Sofern relevante Methananteile in der MBA-Abluft auftreten, führt aber selbst der höhere Frachtwert der MBA-Richtlinie nicht zu einer wesentlichen Entlastung für MBA-Anlagen, in denen die Abluft nur über Biofilter gereinigt wird (siehe hierzu Kap. 5 und 6).

4.6 Grundzüge des neuen Abluftkonzeptes

Mit dem nachfolgend beschriebenen Abluftkonzept sollen die aus den rechtlichen Anforderungen der 30. BImSchV und der MBA-Richtlinie sowie die aus den technischen Zusammenhängen erwachsenen Zwänge und die daraus resultierenden negativen Auswirkungen auf das Klima und die Korrosion in den Hallen der MBA-Anlagen aufgefangen werden.

Ziel des neuen Konzeptes ist, zusätzliche unbelastete Luftmengen in den Hallen zu fassen und getrennt abzuleiten, um in höherem Maße als bisher mögliche Wärme und Feuchte aus den Hallen der MBA-Anlagen abführen zu können.

Dieses Konzept ist ausgerichtet auf eine MBA-Anlage, die nach 30. BImSchV konzipiert und genehmigt worden ist. D. h. es ist ausgerichtet auf Anlagen, in denen die Abluftmenge auf Grund der 30. BImSchV schon minimiert worden ist und in denen die Abluft oder ein wesentlicher Anteil schon über RTO gereinigt wird.

Für die österreichischen MBA-Anlagen werden damit die Konsequenzen im Bereich des Abluftmanagementsystems und der Abluftreinigung in MBA-Anlagen aufgezeigt, die bei Umsetzung der Anforderungen der MBA-RL oder gleichartiger Frachtvorgaben erforderlich werden.

Dafür sind je nach Anlagenkonzept in unterschiedlichem Umfang verschiedene organisatorische und technische Maßnahmen erforderlich.

Beim neuen Konzept werden die vernetzten Strukturen des Abluftmanagements wieder zurückgefahren und durch ein System von Mehrfachnutzung innerhalb der einzelnen Prozessstufen ersetzt. Damit sollen die Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Prozessstufen und die daraus resultierenden Anfälligkeiten minimiert werden (Bild 4-13 und Bild 4-14).

Die darin aufgezeigte Trennung von Prozessabluft und Hallenabluft entspricht schon heute dem genehmigten Betriebszustand in mehreren MBA-Anlagen in Österreich.

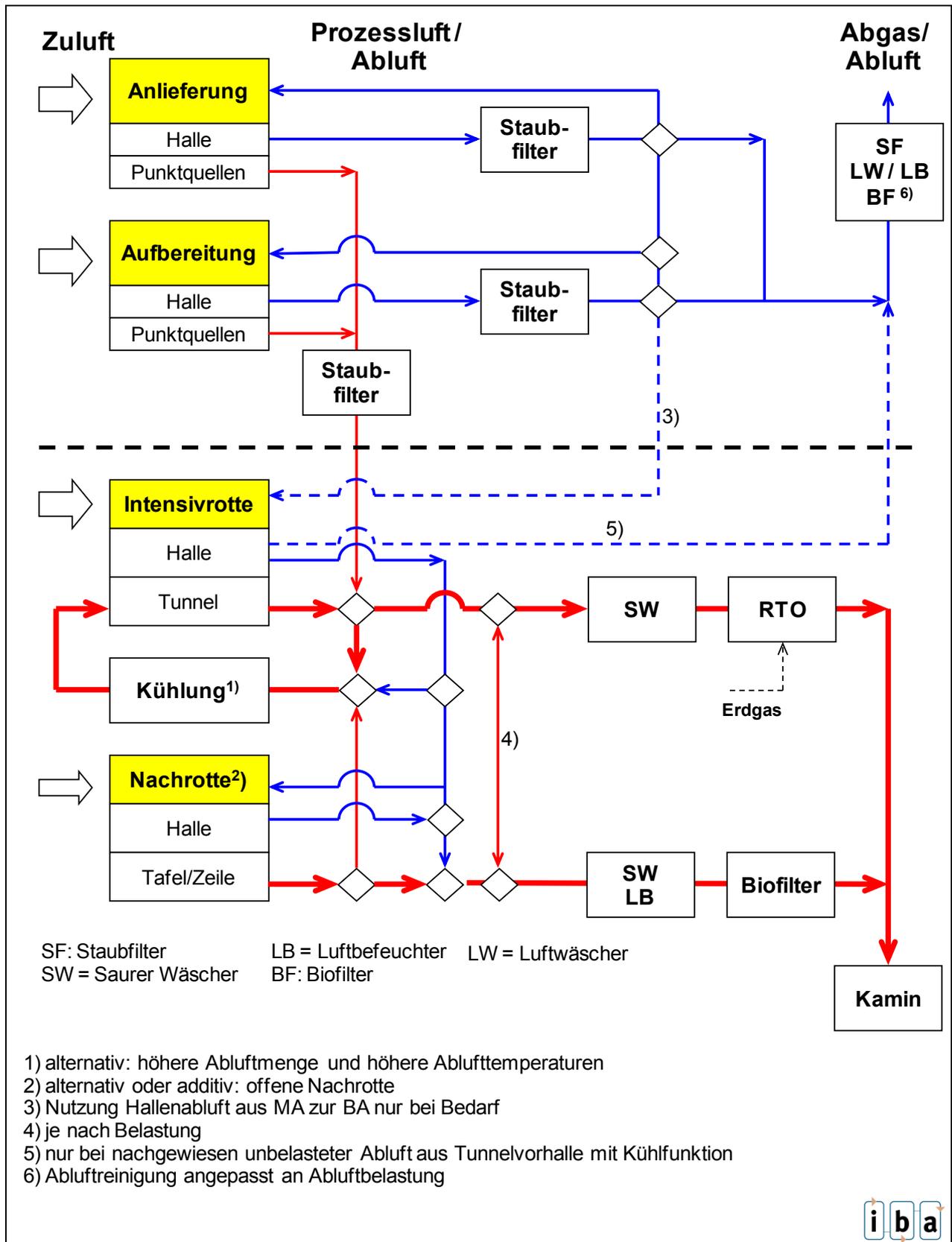


Bild 4-13: Abluftmanagement MBA mit Trennung nach Prozessabluft und Hallenabluft

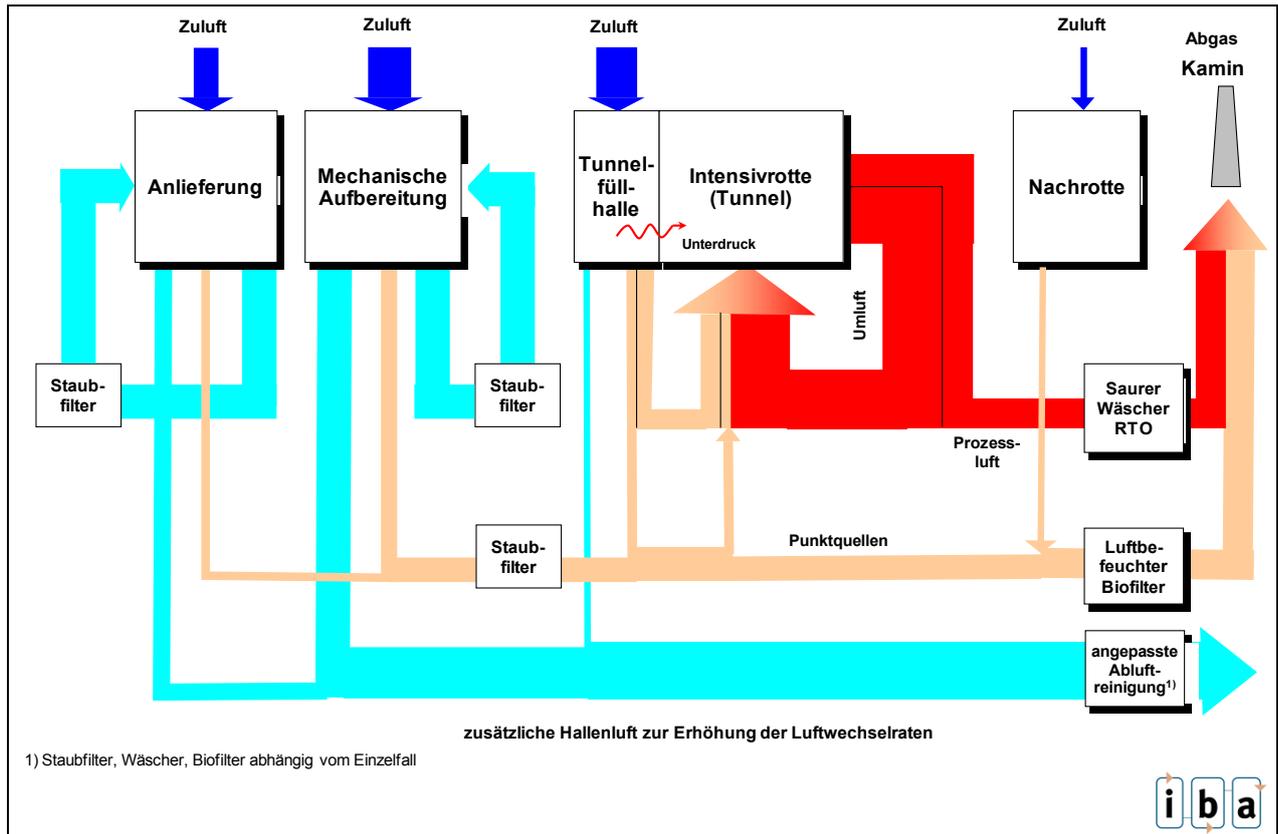


Bild 4-14: Abluftströme in der MBA nach erweitertem Konzept mit reduzierter Mehrfachnutzung und erhöhten Hallenluftwechseln zur Verminderung der Korrosion und Verbesserung des Hallenklimas

Das Konzept basiert auf einer konsequenten Getrennthaltung von 3 unterschiedlichen Luftströmen, die abhängig von ihrer Belastung angepassten Abgasreinigungssystemen bzw. einer separaten Abluftreinigung zugeführt werden.

Das Konzept setzt aber auch voraus, dass unbelastetere Abluftteilströme (z. B. Hallenabluft) separat erfasst und behandelt werden und dabei nicht der Frachtenregelung unterliegen. Für diese Abluft reicht i. d. R. eine Reinigung über Staubfilter aus. Bei Bedarf kann je nach Abluftbelastung und Standortrahmenbedingungen eine Behandlung über Wäscher oder Biofilter erforderlich sein. Eine Reinigung über RTO ist für diese Hallenabluft auf jeden Fall nicht erforderlich und nicht sinnvoll.

Eine Ableitung von Abluftmengen aus dem Bereich der Tunnelvorhallen dient allein der Wärme- und Feuchteabfuhr und ist auf Teilluftströme begrenzt, die nachweislich nur eine geringe Belastung aufweisen. Je nach Anlagenauslegung kann die Ableitung auf bestimmte Betriebsphasen (kein Materialumsatz in der Halle, geschlossene Tunnel Tore, Wartungsarbeiten in der Halle) oder bestimmte Teilbereiche (z. B. abgetrennte Tunneldeckenbereiche) begrenzt werden. Der Nachweis der Unbelastetheit der abzuführenden Hallenabluft ist im Einzelfall vom Anlagenbetreiber zu führen.

Die am höchsten belastete Prozessabluft aus der Intensivrotte wird wie gehabt durch entsprechende Umluftführung minimiert und deren Inhaltsstoffe weitestgehend aufkonzentriert. Damit wird der zusätzliche Energiebedarf für die RTO minimiert.

Sofern die rechtlichen Vorgaben und die Belastung der Abluft eine Behandlung der Abluft aus der Intensivrotte über Biofilter statt RTO zulassen, entfällt der Zwang zur Abluftminimierung durch umfassende Umluftführung.

Ob und in welchem Umfang durch eine stärkere Belüftung der Mieten die für dieses Konzept erforderliche Vermeidung einer Methanbildung in den Mieten, insbes. in der Intensivrotte sicher und dauerhaft realisiert werden kann, wird in Kap. 5 erläutert.

Zur Behandlung der Abluftströme und deren Beitrag an der Emissionsfracht finden sich Aussagen in Kap. 5 und 6.

Der Austritt von Emissionen aus den Aggregaten in die Hallenatmosphäre wird durch verstärkte Kapselung und Absaugung von Punktquellen reduziert. Die erfasste Abluft von Punktquellen und geeignete Abluftströme aus der Nachrotte werden auf Grund ihrer relativ geringen Belastung (z. B. TOC < 100 mg/m³, methanfrei) in einem Biofilter gereinigt. Die zusätzlichen Kapselungsmaßnahmen können sich je nach Bestand auf die Bereiche Anlieferungshalle (Vorzerkleinerung, Lager), Aufbereitung (Aggregate, Bänder, Übergabestellen) und Tunnelvorhallen (Eintrags-/Austragsgeräte, Bänder, Tore etc.) erstrecken.

Um die Luft in der Anlieferungs- und Aufbereitungshalle entstauben zu können, erfolgt eine Abscheidung im Umluftbetrieb über Staubfilter. Alternativ kann die gereinigte Abluft bei nachgewiesener geringer Belastung (z. B. TOC < 20 mg/m³, Staub < 10 mg/m³, Geruch < 500 GE/m³) direkt abgeführt werden.

Bei Erfassung der Emissionen aus den Hallen über eine verstärkte Punktquellenabsaugung verbleibt für die Abführung von überschüssiger Wärme und Feuchte ein gering belasteter Abluftstrom, der je nach Standortgegebenheiten direkt abgeleitet werden kann oder einer separaten Abluftreinigung (Staubfilter, Biofilter etc.) bedarf.

In Hallen, in denen keine umfassende Erfassung der Emissionen über Punktquellenabsaugung gelingt und somit ein Teil der Emissionen in der Betriebszeit über die Hallenluftabsaugung erfasst wird, muss belastete Hallenabluft während dieser Zeit über die bestehenden Systeme Biofilter/RTO gereinigt werden.

Die Erweiterung des Abluftkonzeptes für MBA-Anlagen zur getrennten Erfassung und Ableitung von weitestgehend unbelasteten bzw. gering belasteten Luftströmen für die Ableitung von

Wärmeüberschuss und Feuchte aus den Hallen eröffnet den Freiraum für eine optimierte Erfassung der aus der Abfallbehandlung resultierenden Emissionen in der Anlage. Dadurch können diese gezielter und umfassender erfasst und den Reinigungssystemen (RTO, Biofilter) zugeführt und nach Reinigung messtechnisch über die vorhandene Messstelle gemäß 30. BImSchV überwacht werden.

Eine Ableitung der gering belasteten zusätzlichen Abluftmengen über die vorhandene Messstelle würde insbesondere bei vorheriger Reinigung dieser zusätzlichen Abluftmengen in einem Biofilter zu einer Überschreitung des TOC-Frachtwertes führen, obwohl die zulässigen Konzentrationswerte deutlich unterschritten werden. Die Verbrennung der gering belasteten zusätzlichen Hallenabluft in einer RTO führt durch den dafür erforderlichen hohen Primärenergiebedarf und dadurch verursachten Sekundäremissionen zu ökologischen Nachteilen.

Die Umsetzung des Konzeptes bedarf auf Grund der unterschiedlichen Abluftkonzepte und Bedingungen in den einzelnen Anlagen der Anpassung an örtliche Verhältnisse. Neben der Optimierung des Abluftkonzeptes sind Maßnahmen zur werkstofftechnischen Optimierung (z. B. Einsatz höherwertiger Materialqualitäten zur Verbesserung der Korrosionswiderstandsfähigkeit) und Erhöhung der Verfügbarkeiten der thermischen Abgasreinigung (RTO) erforderlich. Damit wäre sichergestellt, dass letztendlich die für eine ausreichende Belüftung der Rotte erforderlichen Abluftmengen aus den Rotteprozessen jederzeit sicher zur Abluftreinigung abgeführt werden können.

5 ABGASMENGEN UND EMISSIONSFRACHTEN

Die Abgasmengen in den deutschen MBA-Anlagen liegen derzeit abhängig von Verfahren und Bezugsgröße in folgender Größenordnung:

	Bezug MBA	Bezug BA
	Nm ³ /Mg _{MBA}	Nm ³ /Mg _{BA}
Rotte-MBA mit Tunnelrotte	2.500-3.500	5.000-7.000
Rotte-MBA mit Wandermiete	5.000-6.000	10.000-12.000
Vergärung mit Nachrotte (Nachrotte als Tunnel- oder Hallenrotte)	3.500-4.000	7.000-8.000

Tab. 5-1: Durchschnittliche Abgasmengen in den dt. MBA-Anlagen

Die geringsten Abgasmengen wurden in den Anlagen mit Tunnel als Intensivrotte erzielt. Dies ist der Umluftführung mit Kühlung der Umluft geschuldet.

Die Möglichkeit der Umluftführung ist bei der Hallenrotte nicht gegeben, da eine Aufkonzentrierung der Abluftinhaltsstoffe und Rückführung in den Hallenraum aus arbeitsschutzrechtlichen Gründen nicht zulässig ist. Entsprechend höher fallen hier die spezifischen Luftmengen aus. Von den Abgasmengen einer Hallenrotte werden zwischen 25 und 70 % für die Belüftung der Mieten genutzt, der Rest dient zur Belüftung der Rottehalle.

Die MBA mit Vergärung liegt mit ihrem Luftbedarf zwischen den beiden Aerobvarianten. Unterschiede zwischen Tunnel- und Hallenrotte treten bei der Nachrotte von Gärresten nicht so augenscheinlich auf, da hierbei vorrangig der notwendige Austrag des Wassers aus den Gärresten die erforderliche Luftmenge bestimmt. Bei nicht-abluftminimierten MBA-Anlagen fällt dagegen der Luftmengenunterschied zwischen MBA mit und ohne Vergärung höher aus.

Die Abluftmengen in den österreichischen MBA-Anlagen liegen tendenziell um schätzungsweise 50-100 % über den Werten der deutschen MBA-Anlagen. Exakte Angaben, insbesondere zur Höhe der Luftmenge, die zur Belüftung der Rottemieten genutzt wird, liegen nicht vor.

Abgaswerte aus deutschen MBA-Anlagen

Die Belastung der Abluftströme einer MBA-Anlage sind sehr stark von der Betriebsführung und den aktuellen Betriebsbedingungen in der MBA-Anlage abhängig.

Nachfolgende Werte resultieren aus vorliegenden Messungen in unterschiedlichen Anlagen. Sie sind Grundlage für die vorliegende Studie wie auch der KAMBA-Studie des UBA Österreich.

Abluft aus der Anlieferung und Aufbereitung

Die Abluftbelastung aus der MA hängt stark von der Qualität der angelieferten Abfälle (Alter, Zusammensetzung) und der Dauer der Zwischenlagerung im Bunker ab. Die größten Schwankungen treten beim Betrieb der MA auf, ohne Abfallbehandlung liegen die TOC-Werte auf sehr niedrigem Niveau, auch wenn noch Abfall in der Anlieferungshalle liegt.

Betrieb	TOC mg/m ³	TOC g/Mg	davon Methan mg/m ³	NH₃ mg/m ³	N₂O mg/m ³
Tag	20-100	-	0-3	n. r.	n. r.
Nacht/Wochenende	5-15	-	n. r.	n. r.	n. r.
Mittel	30-50	100-200	< 2	n. r.	n. r.

davon Punktquellenabsaugung ca. 20-50 % der Abluft im Tagbetrieb

Tab. 5-2: Rohgas-Emissionen aus der MA

Nach mehrtägiger Lagerzeit im Flachbunker und insbes. bei Tiefbunkern, die nicht regelmäßig bis auf Grund entleert werden, können höhere TOC- und NH₃-Werte auftreten. Da auf Grund versicherungstechnischer Anforderungen auf eine Übernachtlagerung größerer Mengen im Bunker mittlerweile i. d. R. verzichtet wird, treten auch nicht mehr so hohe Belastungsspitzen in der Abluft aus der MA auf wie in den Jahren 2005 und 2006.

In den Hallen werden die Aggregate in unterschiedlichem Umfang als Punktquelle abgesaugt. Diese Punktquellenabluft wird entweder gemeinsam mit der Hallenabluft als Zuluft zur Rotte oder direkt der Abluftreinigung zugeführt. Bei den Tunnelsystemen wird die Punktquellenabluft i. d. R. direkt in das Belüftungssystem der Tunnel geleitet.

Die TOC-Fracht aus der MA trägt ca. 5-10 % an der Gesamtfracht der MBA bei. Durch Nutzung der Punktquellenabluft als Zuluft zur Rotte reduziert sich der Frachtanteil aus der MA auf die Hallenluftbelastung (ca. 30-60 % der Gesamtfracht der MA).

Abluft aus MBA-Anlagen mit Trockenvergärung

Da die Abluft aus der MA i. d. R. bei abluftminimierten MBA-Anlagen als Zuluft zur Nachrotte genutzt wird, stellen die Emissionen der Nachrotte quasi auch die Gesamtemissionen der MBA-Anlagen dar.

Die aus Einzelströmen hochgerechnete Emissionsfracht liegt zwischen 2,5 und 3,0 kg C/Mg_{BA}, davon liegt u. a. durch die Restausgasung der Gärreste ca. 75-85 % als Methan-C vor.

Sofern die ersten Aerobisierungstunnel oder Rottemieten getrennt abgesaugt werden, können in diesem Abluftteilstrom sehr hohe TOC-Konzentrationen auftreten (Tab. 5-3).

Parameter	Einheit	Wert	Bemerkung
TOC-Fracht	kg/Mg _{MBA}	1,25-1,5	
	kg/Mg _{BA}	2,5-3,0	
davon Methan	%	75-85	
TOC-Konzentration Mittel	mg/m ³	300-400	
1. Nachrottephase	mg/m ³	500-800	zur RTO
2. Nachrottephase	mg/m ³	80-120	zum Biofilter
NH ₃ -N	mg/m ³	100-200	Bezug Gesamtabluft MBA
N ₂ O (Reingas)	g/Mg _{MBA}	15-100	abh. von Betrieb Nachrotte und saurer Wäscher

Tab. 5-3: Rohgas-Emissionen aus MBA-Anlagen mit Vergärungsstufe

Bei nicht bestimmungsgemäßem Betrieb der Nachrotte und des sauren Wäschers kann es zu deutlich höheren N₂O-Gehalten im Reingas kommen.

Abluft aus Rotte-MBA-Anlagen

Bei spezifischen Abluftmengen im Bereich von 2.000-4.000 m³/Mg_{MBA} liegt die Emissionsfracht aus MBA-Anlagen mit Tunnelrotte etwas niedriger als bei MBA-Anlagen mit Vergärung (Tab. 5-4). Der Methananteil im TOC-Gehalt der Abluft aus der Intensivrotte liegt jedoch auch hier zwischen 60 und 80%. Die Emissionsfracht bei den MBA-Anlagen mit Hallenrotte liegt ca. 10-20 % unter den Anlagen mit Tunnelrotte, sofern die Wandermiete ausreichend belüftet wird.

Die zugehörigen TOC-Konzentrationswerte sind abhängig von der tatsächlichen Luftmenge und dem Umfang an Umluftführung und Umluftkühlung.

Intensivrotte als		Tunnelrotte	Hallenrotte
TOC-Fracht	kg/Mg _{MBA}	1,0-1,3	0,9-1,1
	kg/Mg _{BA}	2,0-2,6	1,8-2,2
davon Methan-C	%	70-80	60-70
TOC-Konzentration	mg/m ³	250-350	150-250
davon Intensivrotte	mg/m ³	300-400	200-300
davon Nachrotte	mg/m ³	80-120	50-100
NH ₃ -N ¹⁾	mg/m ³	100-200	50-160
N ₂ O (Reingas) ²⁾	g/Mg _{MBA}	15-100	15-100

1) in Abhängigkeit der spezifischen Luftmengen können abweichende Konzentrationen auftreten

2) abhängig von Betrieb Nachrotte und saurem Wäscher

Tab. 5-4: Emissionen aus MBA-Anlagen mit Tunnel- bzw. Hallenrotte (Emissionen für Gesamtanlage inkl. Nachrotte)

Stickstoffemissionen

Ein besonderes Augenmerk ist der Stickstoffumwandlung im Verlauf der biologischen Behandlung und der Abgasreinigung zu widmen. Nach eigenen Berechnungen an konkreten Praxisanlagen dürfen maximal nur 1-2 % des in der behandelten Organikfeinfraktion enthaltenen Stickstoffs (Annahme: Stickstoffgehalt ca. 1 % N bezogen auf TS-Gehalt der Feinfraktion) in Lachgas umgewandelt werden, um den Grenzwert für Lachgas von $100 \text{ g/Mg}_{\text{MBA}}$ gemäß 30. BImSchV nicht zu überschreiten.

Da die aktuellen N_2O -Emissionsfrachten in den MBA-Anlagen im Jahresmittel deutlich unter den vorgegeben $100 \text{ g/Mg}_{\text{MBA}}$ liegen, ist diese Vorgabe erfüllbar.

Da sowohl in der RTO wie auch im Biofilter die eingetragenen Stickstoffverbindungen (N_{org} , $\text{NH}_3\text{-N}$) zu Lachgas und NO_x oxidiert werden, stehen die in der MBA-Richtlinie geforderten Reingaswerte für NH_3 und NO_x in direktem Zusammenhang zu den Stickstoffgehalten (N_{org} und NH_3) im Rohgas nach Wäscher.

Nach einer Reduktion der Ammoniakgehalte um bis zu 95 % stellt die Einhaltung der Stickstoffgehalte im Reingas kein Problem mehr dar. Die Reduzierung des Eintrags von NH_3 in den Biofilter erhöht zudem dessen Leistungsfähigkeit und Standzeit. Ab einem NH_3 -Gehalt von 20-30 mg/m^3 wird von Biofilterlieferanten eine saure Wäsche empfohlen.

TOC-Emissionsfrachten

Die MBA-Anlagen in Deutschland zeigen bei allen Unterschieden und Schwankungen in den Konzentrationen ein charakteristisches systemabhängiges Frachtemissionsverhalten (Bild 5-1). Die emittierten Reingaskonzentrationen und Reingasfrachten liegen alle deutlich unter den geforderten Grenzwerten der 30. BImSchV. Dabei ist zu beachten, dass die Reingaswerte aus nunmehr 6-jähriger Praxis mit kontinuierlicher Messwerterfassung stammen und von daher als belastbar angesehen werden können.

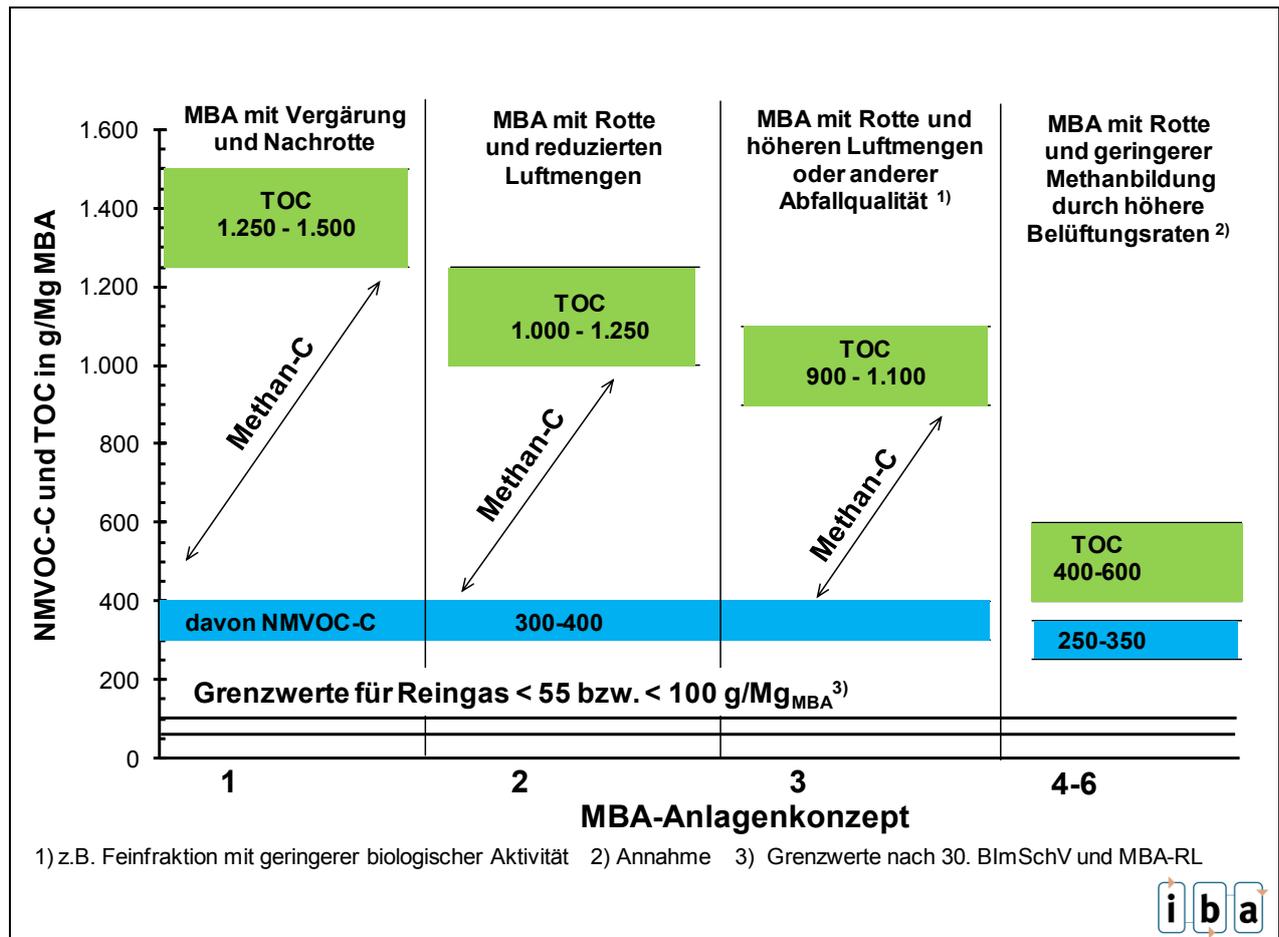


Bild 5-1: C-Emissionsfrachten in MBA-Anlagen (Rohgas vor Abgasreinigung)

Die Rohgaswerte stammen alle von Einzelmessungen, die z. T. aber auch über längere Zeiträume von 1-2 Wochen erhoben worden sind. Sie spiegeln demnach immer einen Momentan-zustand im Anlagenbetrieb wider.

Dennoch lässt sich aus der Vielzahl der Messungen über die Jahre folgende Tendenz bzw. Charakteristik ableiten:

- Die emittierte TOC-Fracht ist in ihrer Höhe anlagenspezifisch relativ konstant, abhängig vom Verfahren und Lüftungsregime.
- Die TOC-Konzentrationen schwanken bei konstanter Fracht je nach aktueller Abluftmenge.
- Die emittierte NMVOC-C-Fracht liegt weitgehend unabhängig vom Verfahren in der Größenordnung zwischen 600 und 800 g/Mg_{BA} bzw. 300-400 g/Mg_{MBA} (bei 50 % Anteil zur BA).
- Die Höhe der TOC-Fracht wird bestimmt durch den Methananteil im TOC. Der Methananteil im Rohgas aus der Rotte liegt in deutschen MBA-Anlagen zzt. zwischen 60 und 80 % im TOC.
- Die Methanbildung in den Mieten ist beeinflussbar durch die Struktur des Rottematerials, die Belüftungsrate und die Rottesteuerung.
- Bei der Nachrotte von Gärresten aus der Vergärung führt das Austreiben von Biogas aus den Poren der Gärreste (bei Entwässerung und Nachrotte) zu einer höheren CH₄-Fracht im Rohgas von MBA-Anlagen mit Vergärung.

- Die Belastung der Abluft aus der Anlieferung und Aufbereitung liegt zwischen 5 und 10 % der gesamten Emissionsfracht (ohne relevante Methananteile).

Die in den deutschen MBA-Anlagen festgestellten TOC- und CH₄-Emissionen liegen in vergleichbarer Größenordnung wie sie in Kompostierungs- und Vergärungsanlagen für Bioabfall gemessen worden sind, wobei hier zwischen den Anlagen erhebliche Unterschiede aufgetreten sind [GEWITRA, 2008/2011].

Die in Bild 5-1 dargestellten MBA-Konzepte 1-3 spiegeln Messungen in realen MBA-Anlagen in Deutschland wider. Die Belastung der Prozessluft aus MBS-Anlagen weist deutlich niedrigere Methan- und damit geringere C_{gesamt}-Werte auf.

Die in Bild 5-1 unter Anlagenkonzept 4-6 dargestellten Frachten stellen eine Abschätzung für den angenommenen Fall dar, dass mit einer Erhöhung der Mietenbelüftungsraten die Höhe der Emissionen insbes. der Methangehalte maßgeblich reduziert werden kann. Diese Annahme basiert auf Einzelmesswerten in österreichischen MBA-Anlagen [u. a. MATTERSTEIG, 2010] und Messungen in deutschen Kompostwerken.

In einem Kompostwerk für Bioabfall (Hallenrotte) wurde von GEWITRA [2008] in der Abluft nahezu kein Methan festgestellt. Der NMVOC wurde im Biofilter daraufhin um ca. 90 % abgebaut auf eine emittierte Reingasfracht von nur 30 g TOC/Mg_{Anlageninput}.

Aus den Anlagen in Österreich liegen keine Daten aus kontinuierlichen Messreihen vor. Einzelmessungen an Anlagen im Rahmen von wissenschaftlichen Untersuchungen zeigen lediglich eine Momentaufnahme. Dabei ergaben sich sehr große Unterschiede zwischen den untersuchten Anlagen (Tab. 5-5).

Anlage		Kufstein	Kufstein	Aller- heiligen	Frohnleiten	Zell am See
Quelle		Windsperger (2001), S. 100 ff			Mattersteig, 2010	Angerer, 2003 S. 122 ff
Untersuchung		BF Rotte 3	BF Rotte 4	BF	BA (IR)	Rotte ohne MA
Abluftmenge						
zur MBA	m ³ /Mg MBA	6.-14.000	6.-14.000	4.800	(3.000) ¹⁾	
zur BA	m ³ /Mg BA	k.A.	k.A.	6.000	6.000	
Anteil zur BA	%			0,8	(0,5) ¹⁾	
Reingas nach Biofilter						
THC / TOC	gC/Mg MBA	167	135	1.616	(160) ¹⁾	
THC / TOC	gC/Mg BA			2.020	320	
THC / TOC	mg/m ³	12	25	300	53	
NMVOC-C	gC/Mg MBA	75	79	259	(100)	
CH ₄ -C	g/Mg MBA	92	56	1.357	(60)	
CH ₄ -C	mg/m ³				20	
Rohgas						
THC / TOC	gC/Mg MBA	467	451	1.727	(300) ¹⁾	386-579
THC / TOC	gC/Mg BA			2.159	600	
THC / TOC	mg/m ³			360	100	
NMVOC-Abbau	%	80	80	30	58	
NMVOC-C	g/Mg MBA	375	395	370	(240)	
CH ₄ -C	g/Mg MBA	92	56	1.357	(60)	

1) jeweils umgerechnet auf MBA mit 50% Mengenanteil zur BA

Tab. 5-5: Emissionswerte aus Messreihen in österreichischen MBA-Anlagen (Angaben aus Literatur (rot) mit eigenen Ansätzen und Annahmen ergänzt und ausgewertet)

Dabei stehen den niedrigen TOC-Frachten im Rohgas in der Anlage Kufstein (400-500 g C/Mg_{MBA}) ca. um den Faktor 3-4 höhere Emissionsfrachten in der Anlage Allerheiligen gegenüber. Niedrigere Luftmengen und die Mitbehandlung von Klärschlamm können hier ihre Ursache haben.

In der Anlage Zell am See wurden von ANGERER [2003] ebenfalls niedrigere Emissionsfrachten zwischen 400 und 600 g C/Mg_{MBA} ermittelt, wobei hier die Emissionen aus der Mechanik und der Hallenabluft aus der Intensiv- und Nachrotte nicht erfasst wurden.

In der Anlage Frohnleiten wurden 2009 von MATTERSTEIG [2010] in der Abluft aus den Intensivrottetunneln niedrige TOC-Gehalte im Rohgas von 100 mg C/m^3 gemessen, die in Verbindung mit den (korrigierten) Abluftmengen eine Rohgasfracht von ca. $600 \text{ g C/Mg}_{\text{MBA}}$ ergeben. Der Methananteil lag mit 20 % deutlich niedriger als in den deutschen Anlagen.

Rechnet man die Verhältnisse der BA Frohnleiten auf eine MBA mit 50 % Stoffstromanteil zur BA um, so ergibt sich eine TOC-Fracht von lediglich $300 \text{ g C/Mg}_{\text{MBA}}$.

Wie schon an anderer Stelle empfohlen, sollten die tatsächlichen Emissionsverhältnisse in den österreichischen MBA-Anlagen dringend über längere Messintervalle erhoben werden. Durch den unmittelbaren Zusammenhang zwischen Konzentration und aktueller Abluftmenge müssen die aktuellen Betriebszustände in der MBA zum Zeitpunkt der Analyse mit erhoben werden, damit die Messwerte richtig hochgerechnet und interpretiert werden können.

Bis dahin steht der Nachweis, dass diese geringen Rohgasfrachten im MBA-Betrieb dauerhaft einhaltbar sind, jedoch aus.

Mögliche Ursachen für die hohen Methananteile in der Rotteabluf

Mögliche Ursachen für die Methananteile in der Rotteabluf können sein:

- zu geringe Belüftungsraten
- zu geringe Struktur der Feinfraktion, schlechte Belüftbarkeit (zu geringes Porenvolumen durch kleine Siebschnitte, i. d. R. erfolgt Absiebung auf < 40 bis $< 60 \text{ mm}$). Bei Behandlung noch kleinerer Korngrößen (< 10 , $< 20 \text{ mm}$) verschärft sich das Problem der Belüftbarkeit und Methanbildung.
- Bei der Mitbehandlung von Klärschlamm kann es zu erhöhter Methanbildung in den Mieten kommen durch die geringe Struktur des Klärschlammes (s. Messwert Allerheiligen in Tab. 5-5).
- sehr hohe biologische Aktivität des Inputs in die Rotte
 Hierfür sprechen die hohen AT_4 -Werte von $50\text{-}80 \text{ mg O}_2/\text{g TS}$ und die hohen Gasbildungsraten GB_{21} von $200\text{-}250 \text{ NI/Mg TS}$ in der aus dem Hausmüll abgeseibten Feinfraktion.
- Beeinflussung der Rottesteuerung durch die RTO
 Die Kapazitätsengpässe bei den RTO, insbesondere die zwischen den Reinigungsintervallen z. T. stark abnehmende Durchsatzleistung der RTO führt dazu, dass die Abluft aus der Rotte temporär nicht im erforderlichen Umfang abgeführt werden kann. In diesen Phasen verbleiben Tunnel dann automatisch länger im Umluftbetrieb mit der Folge eines weiteren Abfalls der O_2 -Gehalte und einem Anstieg der CO_2 -Gehalte in der Umluft sowie eines Anstiegs der Mietentemperatur.

In diesen Phasen kann es dann verstärkt zu einem Anstieg der Methanbildung in einzelnen Tunneln oder Mietenbereichen kommen [KANNING, 2008; MATTERSTEIG, 2010]

→ temporäre Methanbildung

- Feuchtegehalte im Rottegut

Durch zu starke oder zu ungleichmäßige Bewässerung des Rottegutes kann es zu einer ungleichmäßigen Durchströmung der Luft durch die Miete kommen mit der Folge lokaler Sauerstoffunterversorgung.

In den vernässten Bereichen (anoxische Nester) kann es dann zu einer Methanbildung kommen.

→ **lokale Methanbildung**

Fazit:

Durch die Betriebsführung ist die Höhe der TOC-Emissionen einer MBA-Anlage maßgeblich beeinflussbar. Die Rahmenbedingungen in den MBA-Anlagen, die nach 30. BImSchV auf Abluftminimierung und Aufkonzentration der Inhaltsstoffe in der Abluft zur RTO ausgelegt wurden, haben möglicherweise zu einem Anstieg der TOC-Emissionen im Rohgas von MBA-Anlagen geführt.

Da der TOC und die darin enthaltenen CH₄-Anteile vor Inkrafttreten der 30. BImSchV nicht so stark im Fokus standen, liegen hierzu aus der Zeit vor 2001 keine umfassenden Messungen aus den Altanlagen vor. Nach Inbetriebnahme der neuen MBA-Anlagen mit RTO wurde gezielt die C-Konzentration in der Abluft durch die Mehrfachnutzung und Umluffführung angehoben, um durch höhere TOC-Gehalte in der Prozessabluft den erforderlichen Zusatzenergiebedarf der RTO zu senken. Hohe TOC-Gehalte werden bei Abluftkonzepten mit RTO von daher positiv bewertet. In einzelnen MBA-Anlagen wurde die Rotte so gesteuert, dass möglichst hohe TOC-Gehalte im Rohgas erzielt werden, sodass die RTO zeitweise autotherm betrieben werden konnte. Das Problem bei dieser Betriebsweise ist jedoch, dass der biologische Rotteprozess starken Schwankungen unterliegt und der abluft- und sauerstoffminimierte Betrieb nicht als betriebssicher angesehen werden kann aufgrund des eingeschränkten biol. Abbaus und des Explosionsschutzes.

Bei kombinierten Abluftkonzepten mit RTO und Biofilter ist jedoch eine genaue Kenntnis der Belastung der Abluftteilströme erforderlich, da nur weitgehend methanfreie Abluftströme auf den Biofilter gegeben werden dürfen, um den TOC-Frachtgrenzwert nicht zu überschreiten.

Da Methan praktisch nicht bzw. nicht in relevanter Größenordnung in einem Biofilter abgebaut wird, schlagen hohe CH₄-Werte im Rohgas unmittelbar durch den Biofilter durch und finden sich im Reingas wieder.

Die Reinigung von MBA-Abluft in einem Biofilter setzt bei Vorgabe von TOC-Grenzwerten die konsequente Vermeidung von Methan im Verlauf der Rotte voraus.

In welchem Umfang dies **möglich** ist, kann zzt. wegen fehlender Messwerte nicht abschließend beurteilt werden. In welcher Größenordnung dies **erforderlich** ist, um Frachtvorgaben mit reinen Biofiltersystemen einhalten zu können, wird nachfolgend erläutert.

Hinweise, dass eine deutliche Senkung der TOC-Emissionen aus der Rotte möglich ist, zeigen Vergleichsmessungen aus Kompostwerken [GEWITRA, 2008] und einzelne Messungen in österreichischen MBA-Anlagen. Ob diese Werte aus Einzelmessungen auch im Dauerbetrieb der Anlagen erzielt werden können, bedarf noch des Nachweises durch entsprechend langfristige Messreihen in Österreich.

6 ANFORDERUNGEN ZUR ERFÜLLUNG VON EMISSIONSFRACHTEN

Im Folgenden wird die Übertragbarkeit der dargestellten Betriebserfahrungen und des vorgestellten neuen Abluftkonzeptes auf die Verhältnisse in Österreich überprüft. Dabei werden insbesondere die sich aus der Belastung der Abluftteilströme ergebenden Erfordernisse und Möglichkeiten für angepasste Frachtenregelungen aufgezeigt.

6.1 Erläuterung möglicher Frachtenregelungen

Nachfolgend werden die mit unterschiedlichen Verfahrens- und Abluftreinigungsvarianten erreichbaren Emissionsfrachten dargestellt und möglichen Frachtenregelungen gegenübergestellt. Dabei beziehen sich die Ausführungen vorrangig auf TOC-Emissionen und den TOC-Frachtwert.

Bezüglich der Stickstofffreisetzung in der BA und deren Umwandlung in der Rotte und in der Abluftreinigung hat sich gezeigt, dass die in der 30. BImSchV geforderten Lachgasfrachten und die in der MBA-RL geforderten NH_3 - und NO_x -Konzentrationen grundsätzlich einhaltbar sind. Sie setzen jedoch in allen Fällen eine konsequente Abscheidung des NH_3 aus der Abluft vor Eintritt in den Biofilter und der RTO über eine saure Wäsche voraus. Die primäre Lachgasbildung in der Rotte ist durch entsprechende Rottesteuerung zu vermeiden bzw. zu vermindern.

Die bisher vorliegenden Frachtenregelungen der 30. BImSchV und MBA-RL beziehen den Vorgabewert auf den Gesamtanlageninput und schließen alle Abluftströme der MBA ein, unabhängig von der Belastung der Abluftteilströme.

Aus dem in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Emissionsverhalten der MBA und den Betriebserfahrungen mit MBA-Anlagen, die nach 30. BImSchV genehmigt worden sind, sollen nachfolgend Alternativen zu den bestehenden Frachtenregelungen untersucht werden.

- Alternative A:** Begrenzung des Frachtwertes auf die belastete Prozessabluft
- Alternative B:** Vorgabe einer Fracht mit Bezug auf den Input der biologischen Behandlungsstufe
- Alternative C:** Emissionsbegrenzung über Konzentrationswerte analog zu sonstigen Regelwerken (z. B. TA Luft)

Zu A: Begrenzung des Frachtwertes auf Prozessabluft

Aus den Betriebserfahrungen in den deutschen MBA-Anlagen lässt sich die Notwendigkeit zur besseren Be- und Entlüftung der Hallen ableiten (Wärme, Arbeitsschutz, Korrosion, vgl. Kap. 4).

Einer besseren Belüftung der Hallen stehen in Deutschland jedoch die Anforderungen der 30. BImSchV entgegen, zum Einen durch die Höhe des Frachtwertes ($55 \text{ g C/Mg}_{\text{MBA}}$) und zum Anderen durch Einbeziehung aller Abluftteilströme in die Frachtregelung.

An Hand einer konkreten Praxisanlage werden in Tab. 6-1 die Grenzen einer Erhöhung der Luftwechselraten in den Hallen aufgezeigt.

Ausgehend von einem abluftminimierten Ist-Zustand mit einer Luftwechselrate von 0,8 (bezogen auf Frischluft, zzgl. Umluftführung wie in Bild 4-8 dargestellt) wird die Frischluftzufuhr erhöht in 2 Stufen auf Luftwechselraten von 1,6 und 2,0 (Angabe bezieht sich auf Tagbetrieb).

In dem Fallbeispiel wird unterstellt, dass mit Erhöhung der Luftabsaugung aus den Hallen ein geringer Anstieg der ausgetragenen C-Emissionsfracht einhergeht. Der zusätzlichen Abluft wurde eine geringe Grundbelastung von ca. 19 mg C/m^3 zugeordnet, ohne die Belastung der übrigen Hallenabluft auf BF 1 zu reduzieren. Da in der Praxis die Belastung der Einzelströme eher geringer ausfallen wird, stellt das Fallbeispiel einen konservativen Ansatz dar, um die Auswirkungen selbst unter ungünstigen Bedingungen darstellen zu können.

Selbst unter diesen Annahmen wird deutlich, dass mit den aktuellen Abluftmengen aus Intensivrotte und Halle ca. 94 % der Emissionsfracht erfasst und über RTO und Biofilter auf Anforderung der 30. BImSchV gereinigt wird. Bei Erhöhung der LWR auf 1,6 würden die Anforderungen der 30. BImSchV überschritten, die Anforderungen der MBA-RL dagegen noch eingehalten. Bei Erhöhung der LWR auf 2 und Reinigung der zusätzlichen Hallenabluft über Biofilter erhöht sich der Reingasfrachtwert dagegen auf über $100 \text{ g C/Mg}_{\text{MBA}}$ bzw. über $200 \text{ g/Mg}_{\text{BA}}$. Damit wären auch die Anforderungen der MBA-RL nicht mehr einhaltbar. Obwohl die zusätzlich erfasste Hallenluftmenge nur ca. 6 % der Emissionsfracht im Rohgas enthält, steigt deren Anteil im Reingas auf über 50 % an.

Auf Grund der geringen Konzentration von $< 20 \text{ mg/m}^3$ wäre der zusätzliche Abluftstrom ohne Frachtregel direkt ableitbar. Eine Reinigung über Biofilter dient vorrangig der Geruchsminimierung (Erfordernis ist im Einzelfall abzuklären), ein signifikanter C-Abbau findet nicht mehr statt.

Auf Grund der Emissionsrelevanz der Hallenabluft und der geringen Konzentrationswerte, die eine signifikante Reduzierung mit ökologisch vertretbarem Aufwand nicht mehr zulassen, ist es u. E. auch aus Sicht des Emissionsschutzes vertretbar, die Hallenabluft aus der mechanischen Aufbereitung außerhalb der Frachtenregelung abzuleiten, sofern die Konzentrations- und Geruchswerte dies zulassen.

Sofern die zusätzliche Hallenabluft über Staubfilter und/oder Biofilter gereinigt wird, reicht u. E. eine Überwachung der Emissionen über Vorgabe von Staub-, Geruchs- und TOC-Konzentration aus, wie sie die Regelung in der TA Luft vorsieht (z. B. Staub < 10 mg/m³, Geruch < 500 GE/m³, TOC < 20 mg/m³).

Dieser Ansatz setzt voraus, dass emissionsrelevante Quellen in den Hallen wie allgemein üblich getrennt von der Hallenabluft erfasst und dem Rotteprozess als Zuluft zugeführt werden.

Dieses System ist grundsätzlich auch auf die Tunnelvorhallen anwendbar, ggf. eingeschränkt auf bestimmte Betriebsphasen (z. B. bei Wartung ohne Ein- und Umtrag).

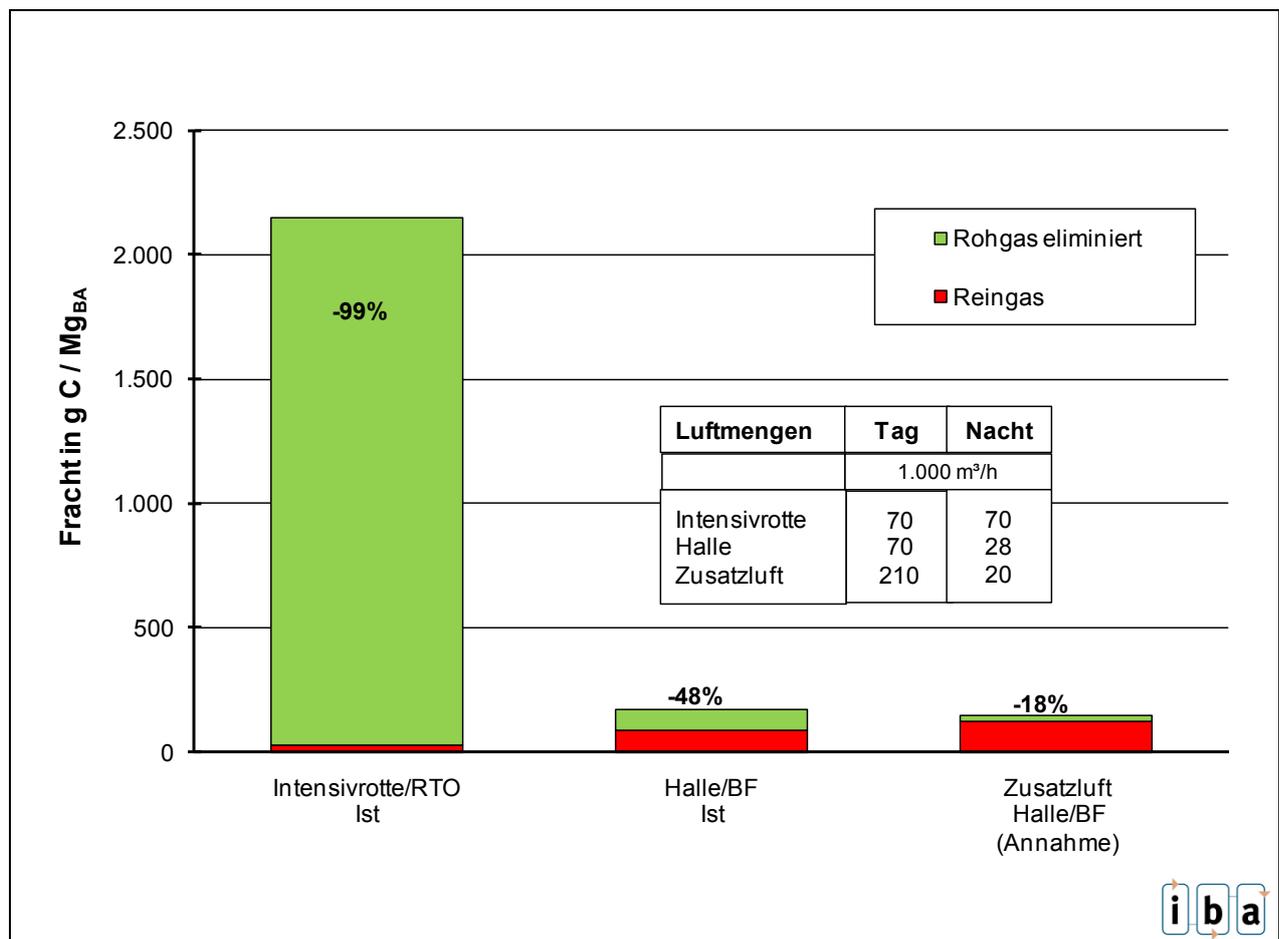


Bild 6-1: Roh- und Reingasfrachten in den Abluftströmen und erreichte C-Eliminationsgrade mit RTO und Biofilter (Bezugsgröße BA)

LWR Tag/Nacht/Mittel		IST = 0,81 / 0,57 / 0,68			1,62 / 0,68 / 1,13		2,03 / 0,68 / 1,32	
Verbleib Abluft		Abluft zur RTO	Abluft zu BF 1	Gesamt	Abluft zu BF 2	Gesamt	Abluft zu BF 2	Gesamt
		1	2	3 = 1+2	4	5 = 3+4	6	7 = 3+6
Abluftmenge	Nm ³ /Mg _{BA}	5.241	3.590	8.831	5.764	14.595	8.253	17.084
Rohgas (mittel)								
Fracht	g C/Mg _{BA}	2.149	169	2.318	111	2.429	146	2.464
Konzentration	mg C/Nm ³	410	47	262	19	166	18	144
Reingas								
Fracht	g C/Mg _{BA}	26	88	114	83	197	120	234
Fracht normiert ¹⁾	g C/Mg _{MBA}	13	44	57	41,5	98,5	60	117
Konzentration	mg C/Nm ³	5	24	12,9	14,3	13,5	14,5	13,4
Anteil an der Fracht								
Rohgas	%	87,2	6,9	94,1	4,5	98,6	5,9	100
Reingas	%	11,1	37,6	48,7	35,5	84,2	51,3	100
Eliminationsgrad								
Fracht	%	99	48	95	25	92	18	91

1) Werte bezogen auf BA stammen aus Praxisanlage mit Anteil BA < 0,5, Umrechnung auf MBA erfolgte hier mit Faktor 0,5

LWR = Luftwechselrate bezogen auf Tag- und Nachtbetrieb (Frischlufthmenge/Hallenvolumen), Mittel berechnet für 2-Schicht-Betrieb
 Zusatzluft auf BF 2 trotz Verdünnungseffekt in den Hallen mit Grundbelastung in Höhe von 18-19 mg/Nm³ angenommen, real dürfte die Belastung der Zusatzluft geringer ausfallen

Tab. 6-1: Entwicklung der Emissionswerte einer MBA-Anlage bei Erhöhung der Luftwechselraten in den Hallen

Zu B: Bezugsgröße BA statt MBA

Da die Emissionen vorrangig aus den biologischen Behandlungsstufen resultieren, erscheint ein Bezug auf die biologisch behandelte Abfallmenge sinnvoll, sofern die Frachtvorgaben in der Höhe ihres Wertes entsprechend der Stoffstromteilung in der MBA erhöht werden.

Bei einem Anteil zur Rotte von im Mittel 50 % müsste der TOC-Frachtwert von 100 g/Mg_{MBA} auf 200 g/Mg_{BA} angehoben werden. Damit wäre keine Veränderung der Emissionssituation der MBA verbunden.

Für Anlagen, deren Anteil zur BA kleiner als 50 % ist, wäre mit der Bezugsänderung eine Verschärfung der Emissionsanforderungen verbunden. Bei Anlagen, die mehr als 50 % in die BA fahren, führt diese Regelung zu einer Entlastung gegenüber der aktuellen Forderung der MBA-RL (z. B. bei MBS-Anlagen oder separaten BA-Anlagen).

Der wesentliche Vorteil eines Bezugs auf die Abfallmenge zur BA liegt in der Entkopplung zur Menge zur MA. In Deutschland ist in den letzten Jahren ein starker Rückgang von Sperr- und

Gewerbeabfall zu den MBA-Anlagen zu verzeichnen gewesen. Aus diesen Abfallarten wurde i. d. R. nur eine Brennstofffraktion gewonnen, ein Eintrag in die biologischen Stufen erfolgte i. d. R. nicht. Das heißt, bei weiter gleichbleibenden Hausmüllmengen ist die Menge zur BA und damit das Emissionsniveau der MBA gleich geblieben.

Durch die Reduzierung der Bezugsmenge (Einsatzstoffmenge zur MBA) sind die zulässigen Emissionsfrachten (g/a) in gleichem Verhältnis gesunken, sodass die Anforderung zur Einhaltung des massenbezogenen Frachtwertes (g/Mg) gestiegen ist.

Bei Bezug auf den Eintrag zur BA wird die MBA-Anlage unabhängiger von monatlich schwankenden oder rückläufigen Abfallanlieferungen, insbesondere aus dem Sperr- und Gewerbeabfallbereich.

Die mechanische Behandlung dieser Abfälle trägt nicht wesentlich zum Emissionsverhalten der MBA-Anlage bei. Bei Behandlung in separaten Aufbereitungsanlagen unterliegen diese Anlagen auch nicht den Regularien der 30. BImSchV oder MBA-RL und müssen daher dort keine Frachtbegrenzungen einhalten.

Der Nachteil eines Bezugs auf einen anlageninternen Messstrom ist lediglich, dass die Gewichtserfassung dieser Teilfraktion i. d. R. über Bandwaagen erfolgen muss, die hohe Messwertfehler und Drifterscheinungen aufweisen können.

Bei einer weitergehenden Aufschlüsselung der Bezugsmenge zur BA auf Trocken- oder organische Substanz beeinflussen zusätzlich die Analysenschwankungen das Ergebnis.

Unter Berücksichtigung aller Unwägbarkeiten und Fehlerquellen bleibt daher die gewogene Originalsubstanz vor anlageninterner Auffeuchtung die geeignetere Bezugsgröße. Die Erfassung der Feinfraktion erfolgt abhängig von der Anlieferungsform der Abfälle entweder über die Fahrzeugwaage (bei Abfällen, die direkt in die biologische Stufe eingebracht werden wie z. B. Klärschlamm, Feinfraktion aus externen Anlagen) oder über Bandwaagen (Siebfraktion aus der anlageninternen Aufbereitung).

Zu C: Emissionsbegrenzung nur über Konzentrationswerte

Die Einhaltung einer Emissionsfracht für C_{ges} , wie sie die 30. BImSchV und die MBA-RL fordern, erfordert die Möglichkeit einer separaten Erfassung der belasteten Abluft aus der Intensivrotte und deren Behandlung in einer RTO. Um die Anlagengröße und damit die Kosten der RTO zu begrenzen, wird versucht, über entsprechende Umluft- und Mehrfachnutzungskonzepte die Abluftmenge zur RTO zu minimieren. Damit einher geht eine Anreicherung der Energiegehalte der Prozessabluft und in der Folge eine Reduzierung des Zusatzenergiebedarfs für die RTO.

Dies ist bei reinen Rotte-MBA-Anlagen nur mit Rottesystemen möglich, die eine intensive Umluftführung zulassen (z. B. Tunnelsysteme).

Rottesysteme ohne Umluftführung (Hallenrottesysteme) haben i. d. R. nicht die Möglichkeit, die Hauptemission der Intensivrotte getrennt in einem begrenzten Abluftstrom zu erfassen (z. B. über Saugbelüftung). Auch bei saugbelüfteten Mieten in Rottehallen gelangen auf Grund der thermischen Luftströmung in der Miete und bei Umsetzungsvorgängen Emissionen in die Halle und müssen über die (Rotte-) Hallenabluft erfasst werden.

Da mit der Abluftminimierung und Aufkonzentration der Abluftinhaltsstoffe ein Austrag der Methangehalte in der Abluft einhergeht, wird die Einhaltung der C-Fracht (sofern diese auf Werte kleiner $600 \text{ g C/Mg}_{\text{MBA}}$ begrenzt wird) nur durch Reinigung einer Teilluftmenge über eine RTO erreicht werden können. Bei Frachtvorgaben in der Größenordnung von $55\text{-}100 \text{ g C/Mg}_{\text{MBA}}$ ist eine Reinigung der Abluft über RTO zwingend erforderlich.

Die Frage ist nun, ob sich bei Wegfall der Frachtenregel für die MBA-Anlage mehr Abluftbehandlungsoptionen eröffnen, ohne dass damit Einschränkungen im Emissionsstandard verbunden sind.

Die Begrenzung der TOC- und N_2O -**Fracht** wird bisher nur in der 30. BImSchV und der MBA-RL und damit nur für die mechanisch-biologische Abfallbehandlung vorgegeben. In den übrigen Bereichen erfolgt die Emissionsbegrenzung über Limitierung der Konzentrationswerte (z. B. 13. und 17. BImSchV, TA Luft, s. Tab. 6-2).

Mit der Beschränkung auf den Konzentrationswert von $C_{\text{ges}} = 20 \text{ mg/m}^3$ ist die Gefahr, dass der Konzentrationswert nur durch Verdünnung der Abluft erreicht wird, bei MBA eher unwahrscheinlich. Nach den in den deutschen MBA-Anlagen festgestellten TOC- und Methangehalten im Rohgas der Intensivrotte, ist ein Grenzwert von 20 mg/m^3 mit einem Biofilter durch Luftverdünnung mit vertretbaren Luftmengen nicht einhaltbar (erforderliche Luftmengensteigerung Faktor 6-10 gegenüber Ist). Das heißt, auch nur bei Vorgabe eines Konzentrationsgrenzwertes von $\text{TOC} \leq 20 \text{ mg/m}^3$ ist bei den vorliegenden Emissionen im Rohgas in deutschen MBA-Anlagen weiterhin eine thermische Abgasbehandlung der Intensivrotteabluft erforderlich.

Wenn es dagegen gelingt, mit zusätzlicher Belüftung der Mieten die Methangehalte in der Mietenabluft nachhaltig zu reduzieren, eröffnen sich auch für Biofilterlösungen neue Möglichkeiten.

Anforderung für	Quelle	TOC		N ₂ O	NH ₃	Staub	Eliminierungsgrad C
		Fracht	Konz.	Fracht	Konz.		
		g/Mg	mg/m ³	g/Mg	mg/m ³	mg/m ³	%
Allg. Anforderungen	TA Luft 5.2.1 TA Luft 5.2.5	-	50	-	-	20	-
Kompostwerke	TA Luft 5.4.8.5	-	-	-	-	10	-
Vergärungsanlagen	TA Luft 5.4.8.6	-	-	-	-	10	-
Trocknungsanlagen	TA Luft 5.4.8.10	-	20	-	20	10	> 90
Mech. Behandlungsanlagen	TA Luft 5.4.8.11	-	20	-	-	10	-
MBA-Anlagen	30. BImSchV	55	20	100	-	10	-
MBA-Anlagen	MBA-RL	100	20	¹⁾	20	10	-

1) Begrenzung in Abhängigkeit von der geplanten Technologie

Tab. 6-2: Emissionsanforderungen in Regelwerken (Auszug)

Um ein Unterlaufen des Konzentrationsgrenzwertes durch Verdünnung zu verhindern, wurde für Abfalltrocknungsanlagen in der TA Luft, Nr. 5.4.8.10 zusätzlich ein Emissionsminderungsgrad für C in Höhe von 90 % vorgegeben.

Am Beispiel der in Bild 6-1 und Bild 6-2 und Tab. 6-1 dargestellten Fallbeispiele wird deutlich, dass ein Emissionsminderungsgrad von 90 %

- bei hohen Abluftbelastungen nur einhaltbar ist mit einer RTO bzw. Kombination aus RTO und Biofilter
- bei niedrigen Abluftbelastungen (ab Variante 5, $\leq 500 \text{ g C/Mg}_{\text{MBA}}$) selbst bei thermischer Behandlung der gesamten Abluft dieser Wert nicht einhaltbar ist
- der Biofilter in keiner der dargestellten Fälle die Vorgabe erfüllt, auch und gerade nicht, wenn er zur Reinigung von gering belasteten Teilströmen mit $\text{TOC} < 100 \text{ mg/m}^3$ eingesetzt wird.

Die Vorgabe eines Emissionsminderungsgrades von 90 % ist daher kein geeignetes Kriterium zur Emissionsbegrenzung.

In der Konsequenz der TA Luft, Nr. 5.4.8.10 wird in allen 3 MPS-Anlagen in Deutschland, die der TA Luft und nicht der 30. BImSchV unterliegen, die Prozessluft aus der thermischen Trocknung über RTO gereinigt, die übrigen Abluftströme unterliegen nur Konzentrationsvorgaben.

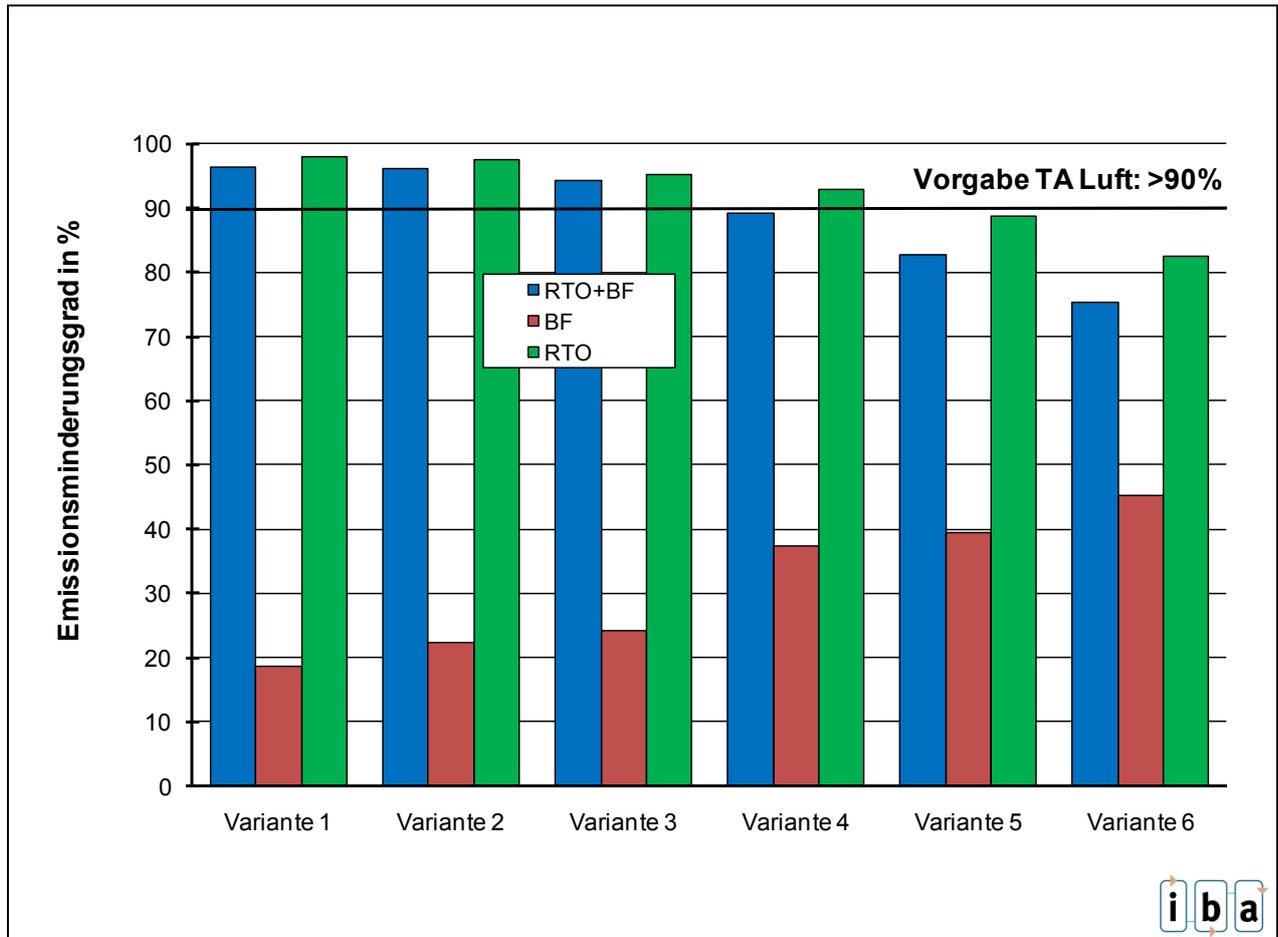


Bild 6-2: Erreichbarer Emissionsminderungsgrad in den untersuchten Varianten

Separate Vorgaben für TOC, NMVOC und CH₄

Nach den in den deutschen MBA-Anlagen festgestellten hohen CH₄-Gehalten im TOC erscheint eine separate Regelung für die Parameter NMVOC und CH₄ nicht erforderlich.

Durch die Abhängigkeit „konstante NMVOC-Fracht, variabler CH₄-Austrag“ lässt sich die C-Emission über den TOC-Summenparameter überwachen.

Bei Biofilterkonzepten lässt sich über die Reduktion der NMVOC-Gehalte zwischen Roh- und Reingas die Reinigungsleistung des Biofilters kontrollieren.

6.2 Konsequenzen von hohen Methangehalten in der MBA-Abluft auf mögliche Frachtenregelungen

Ausgehend von den in den deutschen MBA-Anlagen festgestellten hohen TOC-Gehalten in der Abluft, werden nachfolgend die Konsequenzen für verschiedene Fallszenarien berechnet.

Dabei muss vorläufig die Frage zurückgestellt werden, ob die Anforderungen der 30. BImSchV mit der Konsequenz Abluftminimierung und Mehrfachnutzung letztlich das Problem der Methanbildung in der Rotte verursacht oder nur verschärft haben.

Vorläufig unbeantwortet bleibt auch die Frage, ob die Methanvermeidung in dem für Biofilterlösungen erforderlichen Umfang in der Praxis auch tatsächlich nachgewiesen werden kann.

6.2.1 Untersuchte Varianten

Für folgende MBA-Varianten 1-6 wurden die Emissionsfrachten (Rohgas) und die mit den verfügbaren Abluftreinigungsverfahren (A: RTO+ BF/ B: nur BF/C: nur RTO) erreichbaren Emissionswerte im Reingas ermittelt und diese den aktuellen Grenzwerten gegenübergestellt (Tab. 6-3).

Anlagenvariante MBA 1-6 und Variante Abluftreinigung A-C		Abluft- menge	Abluftreinigung über			TOC Fracht Rohgas	TOC davon aus IR ¹⁾
			RTO+BF	BF	RTO		
Variante A1 - C6			A	B	C		
			Nm ³ /Mg _{MBA}			g/Mg _{MBA}	%
1	MBA mit Vergärung und Nachrotte	3.750	2.625 + 1.125	3.750	3.750	1.375	90
2	MBA mit Intensiv- und Nachrotte im Tunnelsystem	4.000	2.800 + 1.200	4.000	4.000	1.150	90
3	MBA mit Intensiv- und Nachrotte als Hallenrotte	5.500	3.300 + 2.200	5.500	5.500	900	85
4	wie 2, jedoch mit reduzierter TOC- Fracht	6.000	4.000 + 2.000	6.000	6.000	600	80
5	wie 4, jedoch mit höherer Abluft- menge und reduzierter TOC-Fracht	8.000	5.000 + 3.000	8.000	8.000	500	80
6	wie 5, jedoch mit höherer Abluft- menge und reduzierter TOC-Fracht	10.000	6.000 + 4.000	10.000	10.000	400	80

Fall 1-3 aus konkreten MBA-Anlagen in Deutschland

Fall 4-6 theoretische Fallbeispiele mit Annahme interne Emissionsminderung durch Erhöhung der Mietenbelüftungsraten

1) entspricht Anteil zur RTO in Variante A1 - A6

Tab. 6-3: Abluftmengen und deren Aufteilung sowie TOC-Fracht der untersuchten Varianten

Die Anlagenkonzepte 1-3, kombiniert mit den Abluftvarianten A bis C sind unmittelbar aus Betriebswerten deutscher MBA-Anlagen abgeleitet. Die Abluftvariante B stellt dar, welche Emissionen bei den Anlagenkonzepten 1-6 zu erwarten sind, wenn die Abluft nur über Biofilter gereinigt wird.

Bei den Anlagenkonzepten 4-6 wurde die Belüftung der Rotte mit dem Ziel erhöht bzw. verändert, die Methanbildung in den Mieten drastisch zu reduzieren.

Die in der Klimabilanz eingestellten Ansätze und gewonnenen Ergebnisse sind im Anhang dieser Studie zusammengestellt.

6.3 Ergebnisse

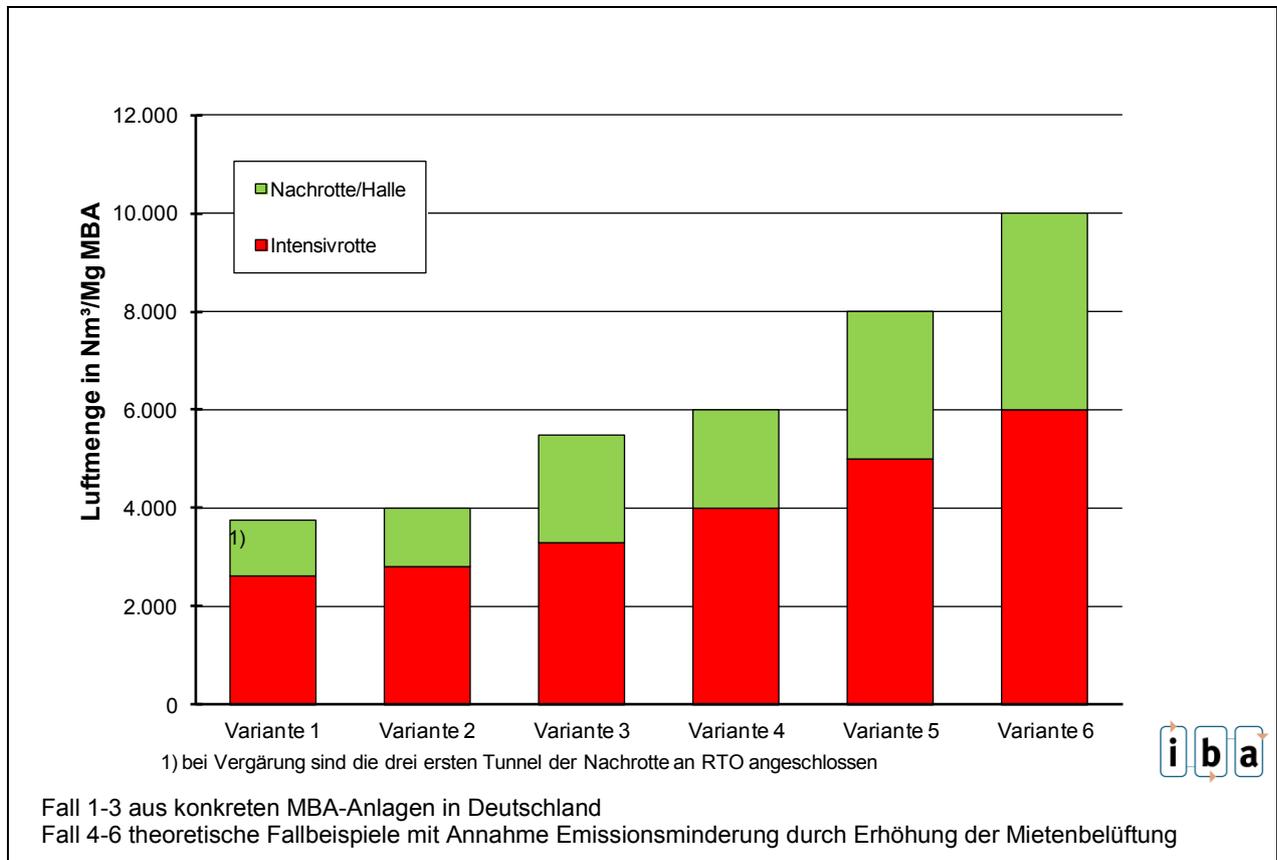


Bild 6-3: Spezifische Luftmengen und deren Aufteilung auf Intensivrotte und Nachrotte/Halle

In Bild 6-3 sind die realen bzw. angenommenen Abluftmengen und deren Herkunft dargestellt. Dabei wurde ab Variante 3 die Luftmenge in der Intensivrotte kontinuierlich gesteigert. Die angegebenen Absolutmengen von Variante 4-6 liegen im Bereich der Verhältnisse in den österreichischen Anlagen. Der in den Anlagen tatsächlich zur Belüftung der Mieten genutzte Anteil ist jedoch nicht bekannt.

Die in Bild 6-4 dargestellten TOC-Frachten und Konzentrationen gehen direkt auf die unterschiedlichen Abluftmengen insbes. in der Intensivrotte zurück.

Bild 6-3 und Bild 6-4 verdeutlichen den Zusammenhang zwischen Abluftmenge und Rohgaswerten. Die dargestellten Werte (Erfahrungswerte aus konkreten MBA-Anlagen in Deutschland bei den Varianten 1-3, Annahmen bei den Varianten 4-6) bilden die Grundlage für alle nachfolgend untersuchten Varianten.

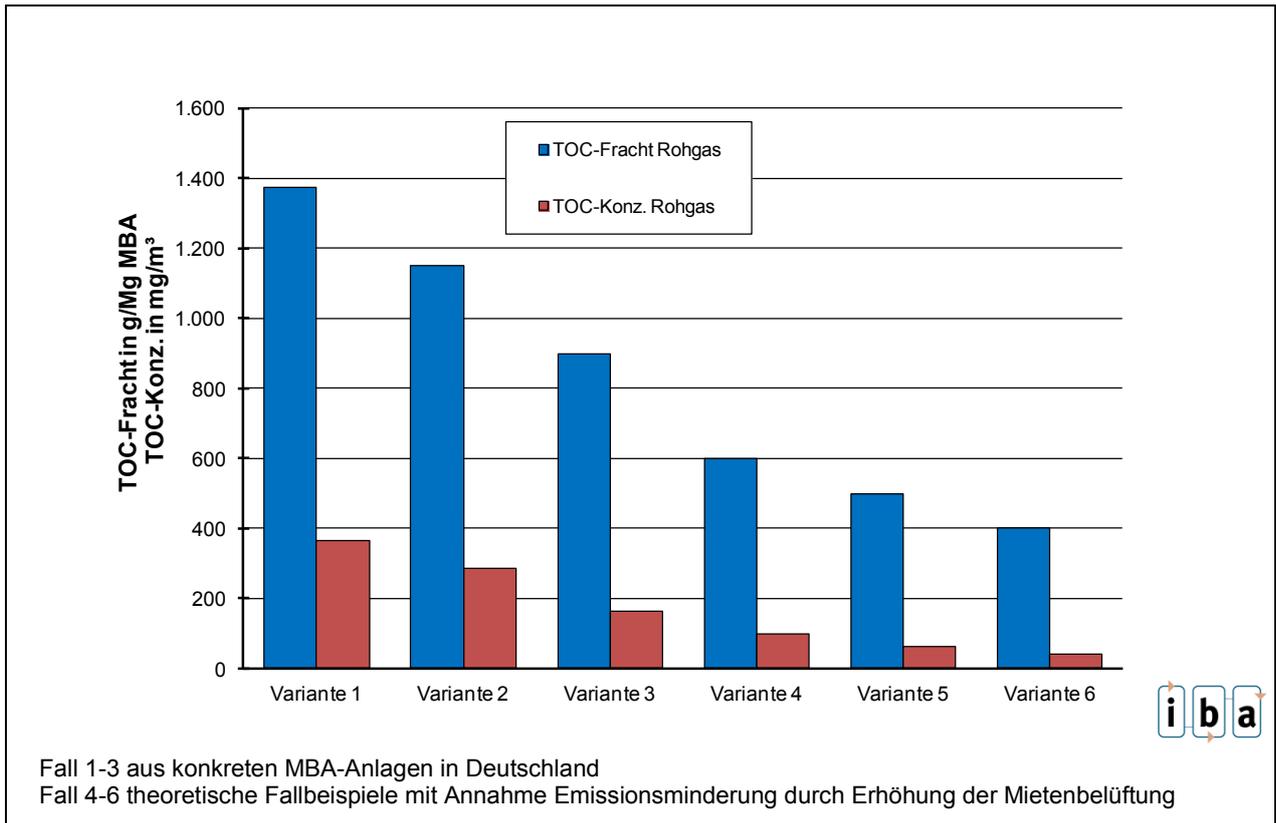


Bild 6-4: TOC im Rohgas der untersuchten Varianten

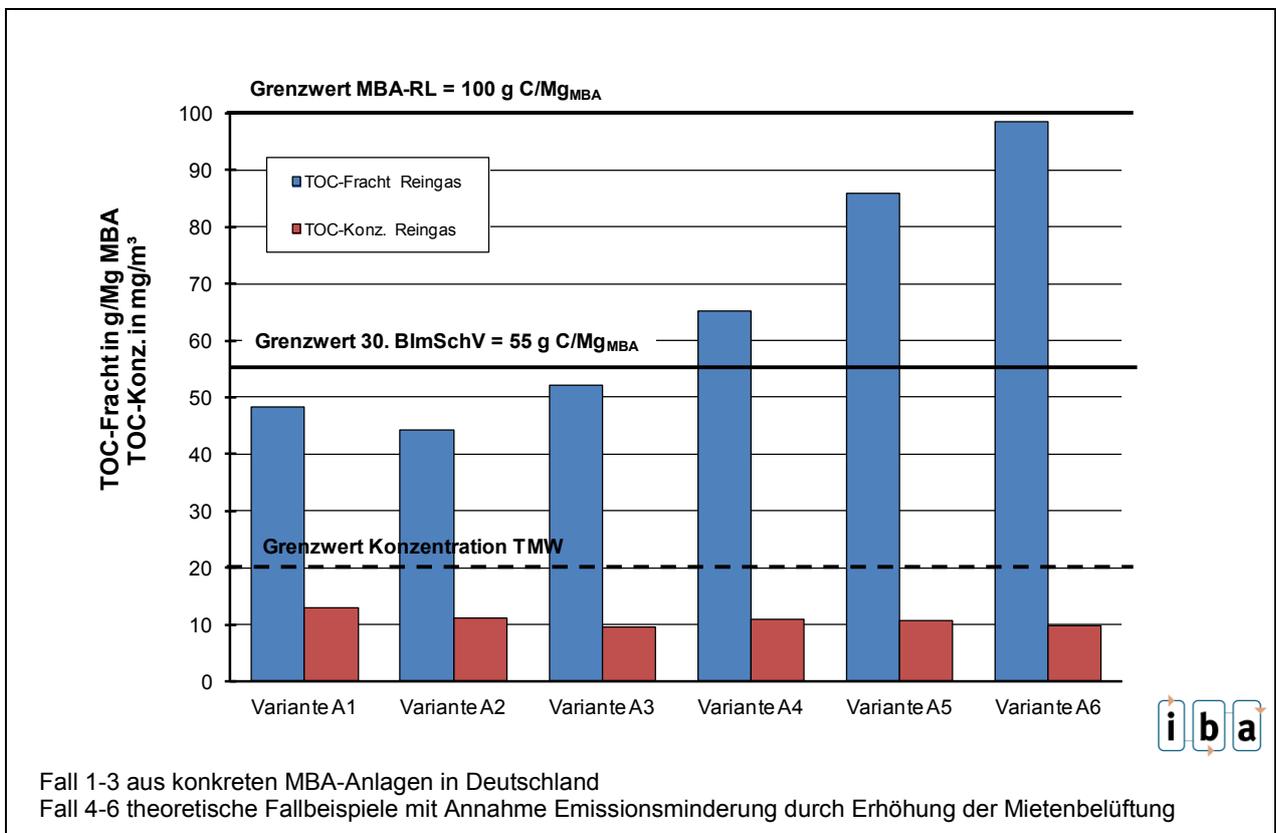


Bild 6-5: Reingaswerte bei Abgasreinigung mit Biofilter und RTO (Variante A1-A6)

Mit einer Kombination aus Biofilter und RTO sind die Fracht- und Konzentrationswerte der MBA-RL bei allen Varianten grundsätzlich einhaltbar. Die Varianten A4-A6 zeigen jedoch die Grenzen der 30. BImSchV hinsichtlich einer Erhöhung von Hallenluftmengen auf, die über Biofilter gereinigt werden. Hier wird schon ab ca. 6.000 Nm³/Mg_{MBA} der zulässige Frachtwert der 30. BImSchV überschritten, während die Anforderung der MBA-RL noch erfüllt werden kann (Bild 6-5).

Um allerdings mit Variante 3 den Frachtwert der 30. BImSchV sicher zu unterschreiten, müsste im Reingas nach RTO ein Wert von 5 statt 7 mg C/m³ eingehalten werden oder ein höherer Anteil der Luftmenge in der RTO gereinigt werden.

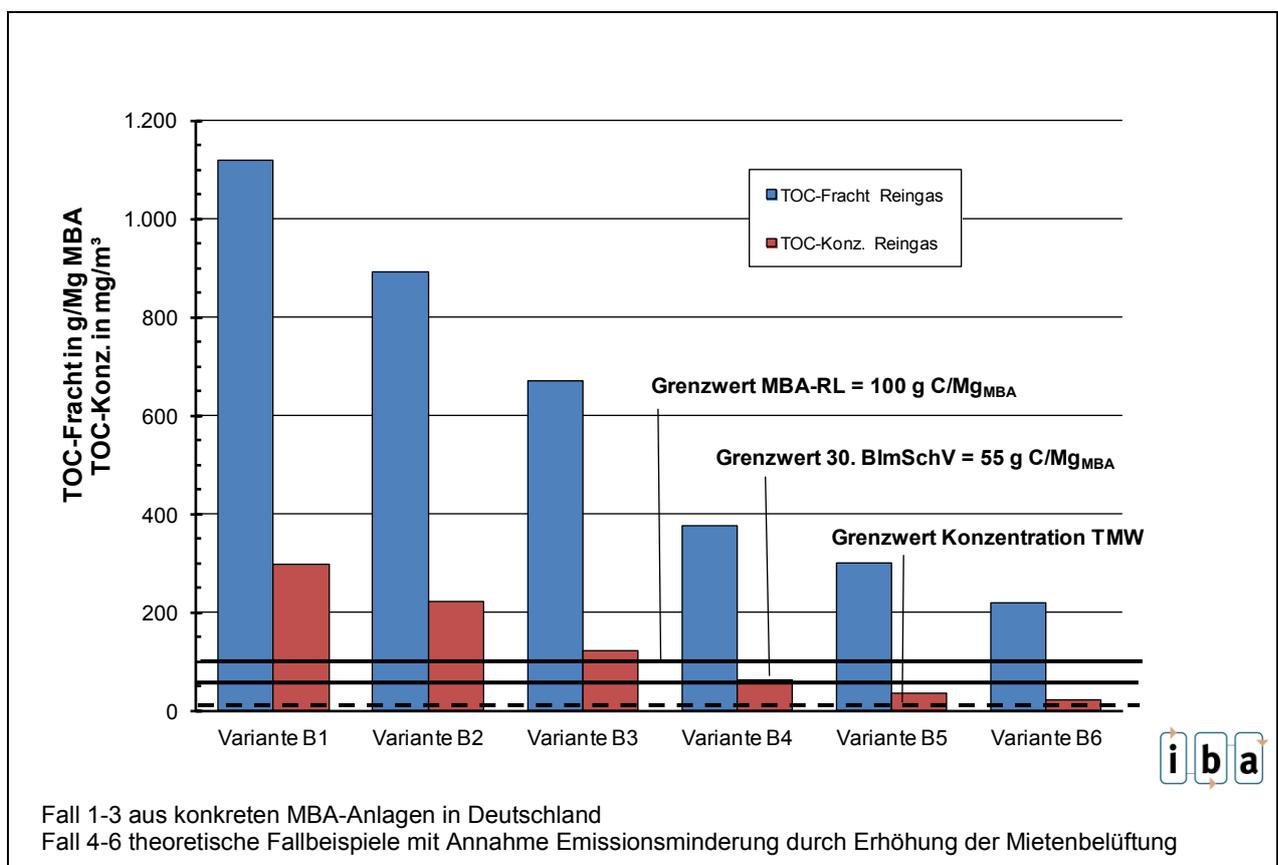


Bild 6-6: Reingaswerte bei Abgasreinigung nur mit Biofilter (Variante B1-B6)

Bei der Behandlung der Abluft nur über Biofilter werden die Fracht- und Konzentrationswerte der MBA-RL in keinem der untersuchten Fälle eingehalten. Die erhebliche Überschreitung der Grenzwerte resultiert aus den hohen Methangehalten im Rohgas, die im Biofilter nicht abgebaut werden (Bild 6-6).

Mit anderen Worten: Eine Biofilterlösung setzt eine effektive Vermeidung einer Methanbildung im Rotteprozess voraus. Nur wenn die Methangehalte im Rohgas gegenüber den aktuellen Verhältnissen in deutschen MBA-Anlagen dauerhaft um über 95 % geringer ausfallen, erreicht

man TOC-Frachten im Reingas, die eine Unterschreitung des C-Grenzwertes von 100 g C/Mg_{MBA} ermöglichen.

Die Begrenzung der Frachtenregelung auf die Prozessabluft der MBA führt auf Grund des geringen Frachtanteils in der Hallenabluft weiterhin zu einer Überschreitung des Frachtwertes und des Konzentrationswertes (Bild 6-7 und Bild 6-8). Eine direkte Ableitung der Hallenabluft wäre außerhalb der Frachtregelung bei Vorgabe eines Konzentrationswertes von 20 mg C/m³ möglich, sofern auch hierfür Schwankungen im Tagbetrieb über die Begrenzung von Halbstundenmittelwerten von 40 mg C/m³ zugelassen werden.

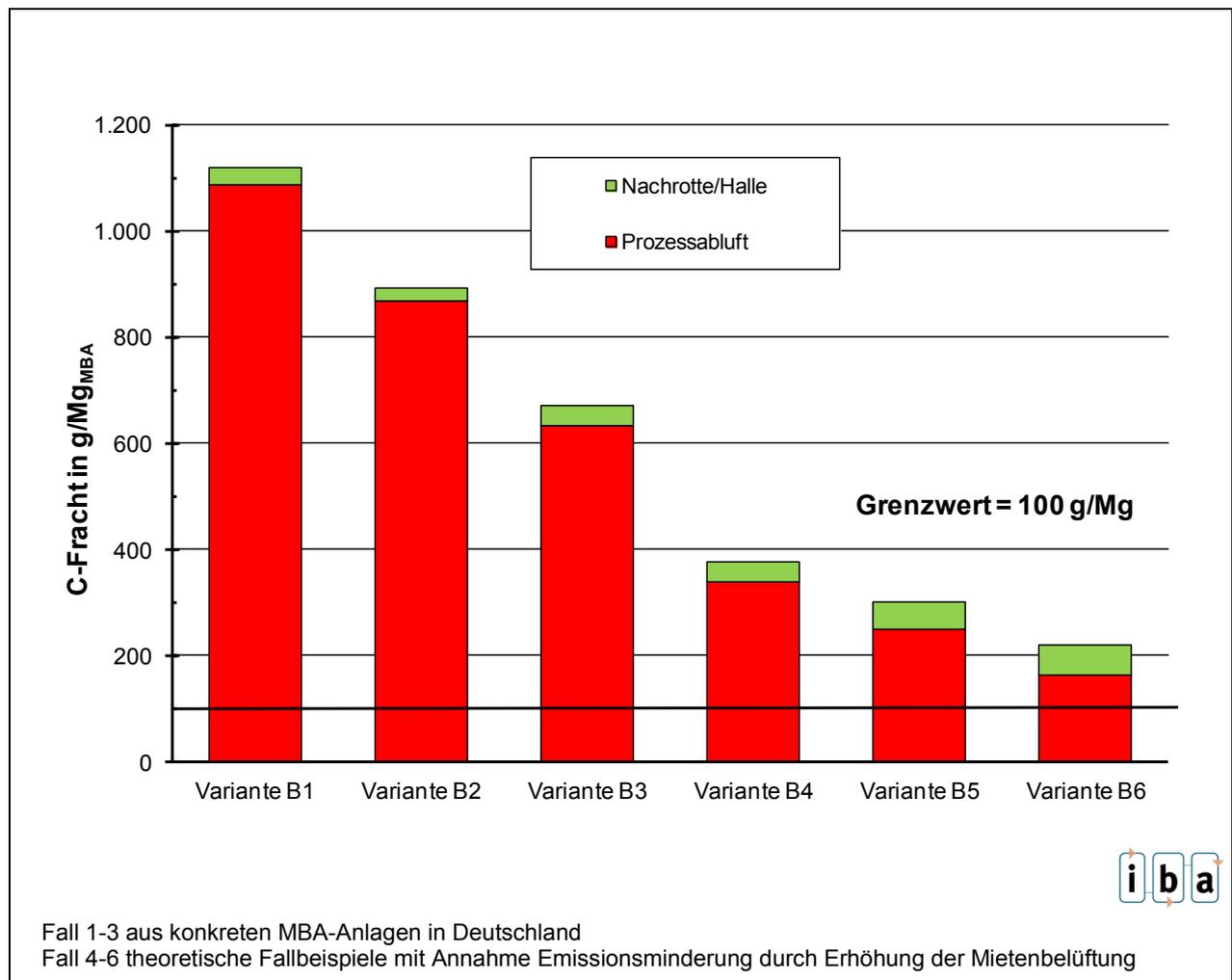


Bild 6-7: Beitrag der Abluftteilströme an der C-Fracht im Reingas nach Biofilter (Variante B1-B6)

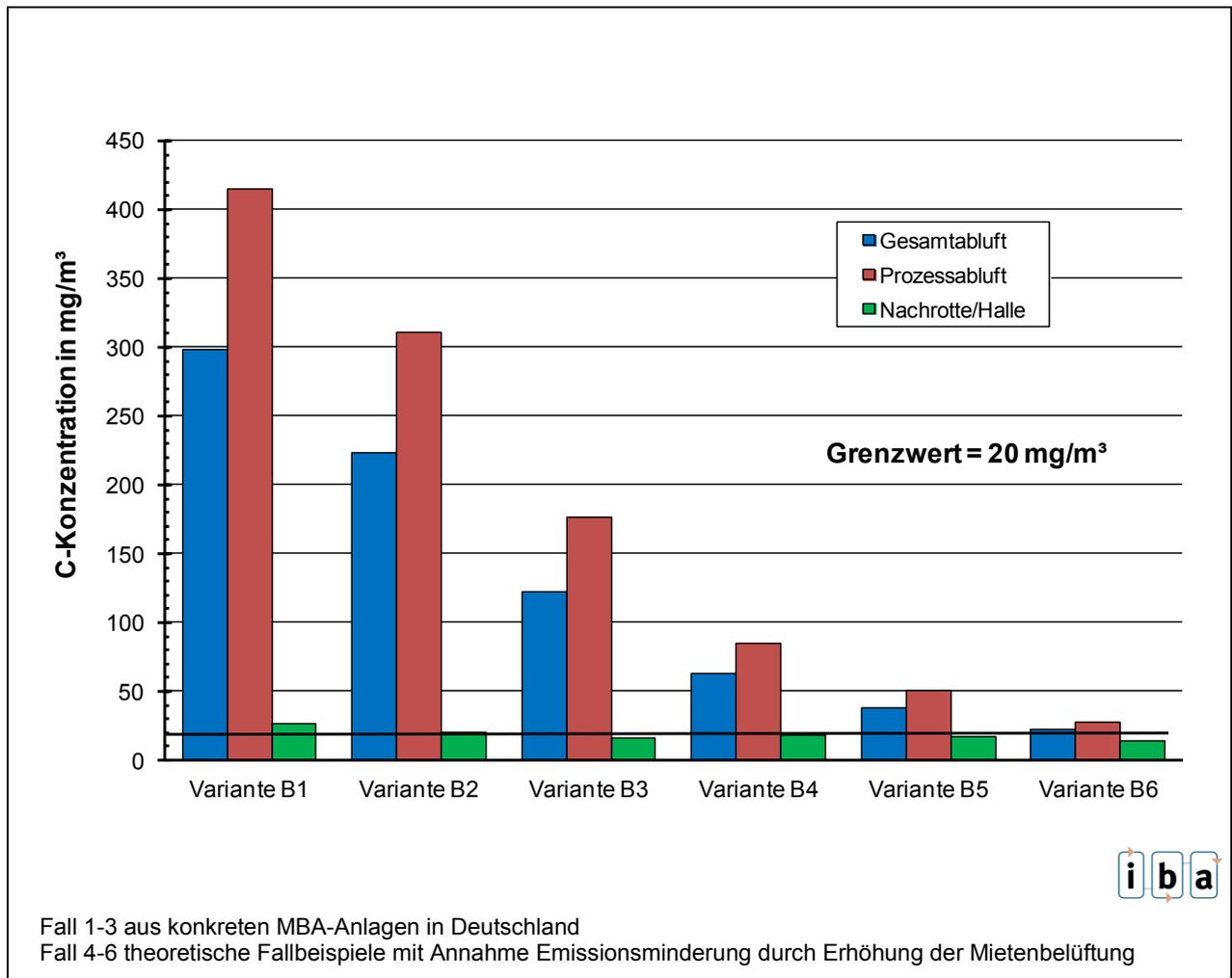


Bild 6-8: C-Konzentration im Reingas in den Abluftströmen bei Abluftreinigung über Biofilter (Varianten B1-B6)

Sofern sämtliche Abluft aus der MBA in einer RTO verbrannt wird, können auch bei höheren Abluftmengen die Konzentrations- und Frachtwerte der MBA-RL sicher eingehalten werden (Bild 6-9). Allerdings geht mit Erhöhung der zu behandelnden Abluftmengen in der RTO ein starker Anstieg der CO₂-Belastung einher. Die Ergebnisse der durchgeführten Klimabilanz über alle Varianten finden sich im Anhang.

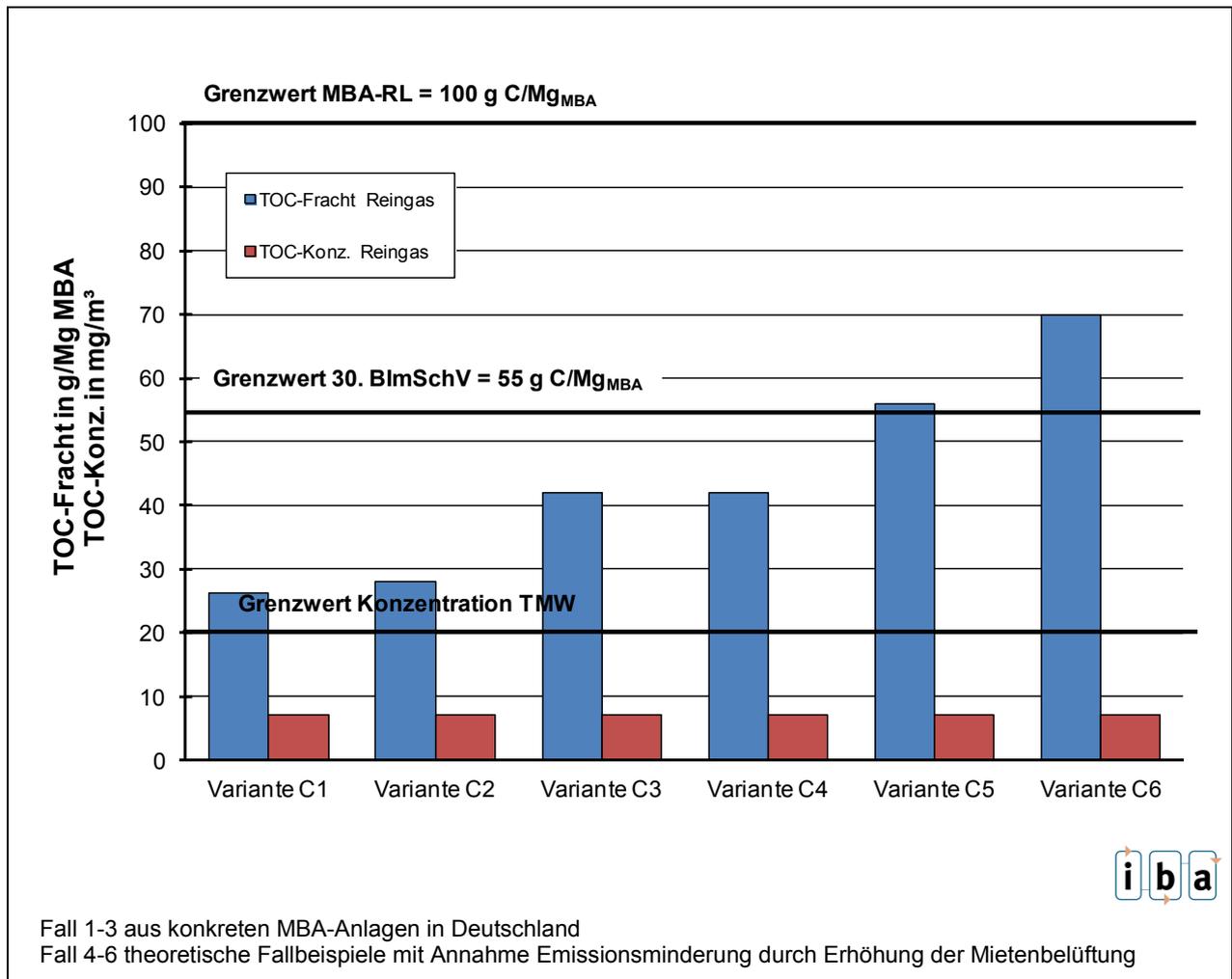


Bild 6-9: Reingaswerte bei Abluftreinigung über RTO (Varianten C1-C6)

Gegenüber den Messwerten aus deutschen MBA-Anlagen (geringe Luftmengen, hohe TOC-Frachten) und den Annahmen für die Varianten 4-6 (geringere TOC-Frachten durch höhere Mietenbelüftungsraten) ergibt sich aus den Messwerten in österreichischen Anlagen ein teilweise abweichender Zusammenhang (Variante 7, geringe Luftmenge, geringe TOC-Frachten, Tab. 6-4).

Diese Diskrepanz zwischen den beiden vergleichbaren Anlagenkonzepten der Varianten 2 und 7 (jeweils 5-6 Wochen Intensivrotte im Tunnel) konnte mit den vorliegenden Daten nicht aufgeklärt werden. Die zur Variante 7 zugehörigen Messungen von MATTERSTEIG [2010] führen bei spezifischen Abluftmengen von umgerechnet ca. 3.000 m³/Mg_{MBA} zu einer Emissionsfracht von lediglich ca. 300 g C/Mg_{MBA}. Im Reingas nach Biofilter konnten noch ca. 160 g C/Mg_{MBA} bei einem Konzentrationswert von ca. 50 mg/m³ nachgewiesen werden. Trotz niedriger Rohgaswerte waren damit die Vorgabewerte der MBA-Richtlinie nicht eingehalten.

Die niedrigen Rohgaswerte lassen sich durch deutlich niedrigere CH₄-Anteile von nur 20 % im Rohgas erklären. Aber auch die Freisetzung von NMVOC fiel gegenüber deutschen Anlagen deutlich niedriger aus (240 statt 300-400 g C/Mg_{MBA}).

		Variante 2	Variante 7 (Einzelmessung)
Abluftmenge	m ³ /Mg _{MBA}	4.000	3.000
TOC-Rohgas	g/Mg _{MBA}	1.150	300
davon NMVOC	g/Mg _{MBA}	320	240
davon CH ₄ -C	g/Mg _{MBA}	830	60
TOC im Reingas bei unterschiedlicher Abluftreinigung			
A: RTO+BF	g/Mg _{MBA}	44 ¹⁾	37
B: BF	g/Mg _{MBA}	894	160 ¹⁾
C: RTO	g/Mg _{MBA}	28	21

1) Praxiswerte mit dem in der Vergleichsanlage realisierten Abluftreinigungsverfahren

Tab. 6-4: Gegenüberstellung der Bilanzwerte einer MBA-Anlage mit Tunnelrotte mit Messwerten aus deutschen MBA-Anlagen (Variante 2) und einer österreichischen MBA-Anlage (Variante 7)

Die Übertragbarkeit der Emissionswerte aus den deutschen MBA-Anlagen auf die österreichischen Anlagen setzt genauere Kenntnisse der Betriebsbedingungen und Emissionsverhältnisse in den österreichischen Anlagen voraus. Um die Plausibilität der vorliegenden Einzelmessungen überprüfen zu können, sind weitere belastbare Messungen unter Berücksichtigung der Betriebsbedingungen im jeweiligen Messzeitraum erforderlich.

7 FAZIT UND EMPFEHLUNGEN

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden auf der Grundlage der Emissionsdaten aus den deutschen MBA-Anlagen die Möglichkeiten und Grenzen zur Einhaltung der Emissionsanforderungen insbesondere der Frachtenregelungen der MBA-Richtlinie und der 30.BImSchV untersucht. Dabei wurden unterschiedliche MBA-Anlagenkonzepte mit unterschiedlichen Betriebsweisen (Luftmengen) und den unterschiedlichen Verfahren zur Abgasreinigung (Kombination RTO und Biofilter, nur Biofilter, nur RTO) gegenübergestellt. Hinsichtlich der Frachtenregelung wurden mögliche Alternativen zur bestehenden Frachtenregelung der MBA-Richtlinie untersucht, hier insbesondere die Alternativen

- a) Einbeziehung nur der Prozessluft in die Frachtenregelung,
- b) der Bezug der Frachtenregelung auf die Abfallmenge zur biologischen Stufe sowie
- c) die Begrenzung der Emissionen nur über Konzentrationswerte.

Die Übertragbarkeit der Emissionsverhältnisse aus den deutschen MBA-Anlagen nach 30. BImSchV auf die österreichischen Anlagen wurde durch Abgleich mit dem Anlagenbestand und vorliegenden Einzelmesswerten aus den Anlagen in Österreich abgeschätzt.

Für die Umsetzung jeglicher Frachtenregelungen für TOC hat sich der Methangehalt in der Abluft als zentraler Problemparameter herauskristallisiert. Nur mit einer deutlichen Reduzierung der Methangehalte in der Abluft ist eine Senkung der TOC-Emissionsfrachten aus MBA möglich.

Die Bildung von Methan im Verlauf der Rotte steht in direktem Verhältnis zur Belüftung und zur Belüftbarkeit der Mieten und damit zur Luftmenge und zur Kornstruktur des Rottmaterials. In Deutschland haben die Anforderungen der AbfAbIV und der 30. BImSchV zu einer Veränderung des Abfallinputs in die biologischen Stufen (Feinfraktion aus Hausmüll) und zu einer Minimierung der Abluftmengen geführt.

Damit einher ging ein Anstieg der Konzentrationswerte der Abluft (gewollt, um den Zusatzenergiebedarf für die RTO zu mindern), aber auch der TOC-Gesamtfrachten (durch erhöhte Methangehalte in der Abluft).

Die in den deutschen MBA-Anlagen festgestellten hohen Methan- und TOC-Gehalte schließen eine Reinigung der Abluft aus der (Intensiv-) Rotte mittels Biofilter aus, da weder die geforderten Frachtwerte, noch die Konzentrationswerte erreicht werden können, da Methan im Biofilter quasi nicht abgebaut wird.

Die Erhöhung des Frachtgrenzwertes auf das Niveau der MBA-Richtlinie würde hier für die Behandlung der Rotteabluft keine Alternativen zur Abluftreinigung über RTO eröffnen. Allerdings

ermöglicht die Frachtenregelung der MBA-Richtlinie die Behandlung von höheren Anteilen gering belasteter Abluftströme aus der Hallenentlüftung und Nachrotte über Biofilter.

Der TOC-Grenzwert der MBA-Richtlinie ermöglicht damit eine bessere Belüftung der Hallen. Die Übertragung der Emissionsverhältnisse der deutschen MBA-Anlagen und der daraus abgeleiteten Konsequenzen für die Abluftreinigung auf die österreichischen Anlagen setzt die genaue Kenntnis der tatsächlichen Emissionsfrachten voraus. Die bisher vorliegenden Ergebnisse aus Einzelmessungen geben ein uneinheitliches Bild wieder. Tendenziell liegen die Abluftmengen in den österreichischen Anlagen deutlich über den deutschen Anlagen. Die emittierten Frachten liegen zum Teil deutlich unter, zum Teil aber auch auf vergleichbar hohem Niveau. Es wird daher empfohlen, die Emissionssituation in den österreichischen MBA-Anlagen für alle charakteristischen Betriebsverhältnisse über entsprechende Messreihen zu erheben.

Bis dahin steht der Nachweis aus, ob durch das Abluftregime in den österreichischen Anlagen eine signifikante Verminderung der TOC-Emissionsfrachten erreicht wird.

In der vorliegenden Studie wurde diese Möglichkeit daher über theoretische Fallszenarien abgebildet (Varianten 4-6).

Daraus lässt sich ableiten, dass nur bei konsequenter prozessinterner Vermeidung einer Methanbildung im Verlauf der Rotte Alternativen zur thermischen Abgasbehandlung zum Tragen kommen können, sofern eine TOC-Fracht in Höhe von $100 \text{ g/Mg}_{\text{MBA}}$ gemäß MBA-Richtlinie einzuhalten ist.

Gelingt die prozessinterne Methanvermeidung nicht, sind TOC-Frachten von $100 \text{ g/Mg}_{\text{MBA}}$ gemäß MBA-Richtlinie nur mit einer thermischen Behandlung der Abluft aus der Intensivrotte einhaltbar. Dabei ist der Frachtgrenzwert der MBA-RL sowohl mit einer alleinigen Behandlung der Abluft über RTO wie auch mit einer Kombination aus RTO (für hochbelastete Abluftströme) und Biofilter (für gering belastete Abluftströme) einzuhalten. Dabei weist jedoch die Kombination RTO+BF unter Klimagesichtspunkten Vorteile gegenüber den reinen RTO-Varianten auf (s. Anhang).

Alternativen zur bestehenden Frachtenregelung verlieren hinter dieser grundsätzlichen CH_4 -Problematik zwar an Bedeutung, können aber dennoch zu einer sachgerechteren Lösung führen.

Die im Rahmen dieser Studie untersuchten Alternativen

- a) Einbeziehung nur der Prozessabluft in die Frachtenregelung
- b) Frachtenregelung auf Abfallmenge zur BA beziehen

- c) Konzentrationsvorgabe ohne Frachtenregelung
- d) Ableitung Emissionsgrenzwerte unter Berücksichtigung der resultierenden CO₂-Klimabelastung

führen zu folgenden Empfehlungen.

Sofern das Abluftmanagement einer MBA die Freisetzung der Emissionen auf den Abluftstrom der Intensivrotte konzentriert (im Regelfall sind dies 90-95 % der Gesamtemissionen der MBA), ist eine Beschränkung der Frachtenregelung auf den Hauptemissionsstrom zielführend. Die übrigen Abluftströme der MBA können über Konzentrationsvorgaben (Staub, Geruch, TOC) limitiert werden.

Diese Regelung schließt nicht aus, dass belastete Abluft aus der Anlieferung und Aufbereitung vorrangig als Prozessluft in der Intensivrotte genutzt wird. Dies muss zwangsläufig erfolgen, um die zulässige Belastung der Abluft zum Biofilter nicht zu überschreiten (max. TOC < 100 bis 150 mg/m³, „methanfrei“).

Die Regelung ermöglicht es jedoch, deutlich bessere Luftwechselraten in den Hallen der MBA-Anlagen einstellen zu können und ist daher aus Arbeitnehmer- und Korrosionsschutzgründen geboten.

Da die Abluft aus der MA nur 5-10 % der Emissionsfracht der MBA ausmacht und dieser Anteil durch Erfassung der Punktquellen und deren Zuführung zur Rotte noch weiter minimiert werden kann, ist ein Bezug der Frachtenregelung auf die biologische Stufe der MBA sinnvoll. Als Bezugsgröße dient dabei die Menge zur BA im Originalzustand vor der Auffeuchtung.

Mit dieser Regelung werden die Emissionsanforderungen der MBA auf den Hauptemittenten bezogen. Monatliche Schwankungen und langfristige Veränderungen im Abfallaufkommen zur MA, insbesondere von Sperr- und Gewerbeabfall ohne nennenswerte Anteile zu BA, beeinflussen damit nicht mehr die zulässige Emissionsfracht der BA.

Ein Wechsel der Bezugsgröße von MBA auf BA setzt eine entsprechende Anhebung des Frachtgrenzwertes voraus (im vorliegenden Fall entsprechend dem Anteil zur BA).

Die Alternativregelungen a) und b) sind miteinander kombinierbar.

Die Begrenzung der Emissionen nur über Konzentrationen wie sie in den Regelwerken (z. B. TA Luft) üblich sind, setzt ebenfalls eine prozessinterne Vermeidung von Methan in der Rotte voraus, um übliche Grenzwerte in Höhe von TOC = 20 mg/m³ einhalten zu können. Gelingt die

prozessinterne Methanvermeidung nicht, führt ein Grenzwert von 20 mg/m^3 auch wieder zur Notwendigkeit einer thermischen Abgasbehandlung.

Die Einführung eines prozentualen Emissionsminderungsgrades von 90 % wie sie die TA Luft für Trocknungsanlagen vorgibt, wird nicht empfohlen, da dieser Wert bei niedrigen Abgasbelastungen nicht mehr einhaltbar ist und von daher Strategien zur prozessinternen Emissionsvermeidung entgegensteht.

Da das Erreichen eines bestimmten Emissionsstandards unmittelbar mit zusätzlichem Energieaufwand verbunden ist und damit zusätzliche Ressourcen verbraucht werden, ist es sinnvoll, bei der künftigen Emissionsfestsetzung diesen Klimaaspekt zu berücksichtigen.

Im Einzelfall wäre dann der Nachweis zu erbringen, dass Abweichungen vom Regelfall zu einer insgesamt besseren Klimabilanz führen, gemessen an der CO_2 -Belastung im Verhältnis zum jeweiligen Referenzszenarium.

Die Emissionsbegrenzung für den Parameter Lachgas ist weitgehend unabhängig von der Art der Abluftreinigung. Die Lachgaswerte hängen ab vom Betrieb der Rotte und der sauren Wäsche. Bei konsequenter Ammoniakabscheidung über saure Wäsche und entsprechender Betriebsführung der Rotte stellt die Einhaltung eines Lachgaswertes von $100 \text{ g/Mg}_{\text{MBA}}$ (wie sie in der 30. BImSchV vorgegeben ist) kein Problem dar. Die Begrenzung der Lachgasemissionen kann daher sowohl direkt (über Vorgabe von N_2O -Grenzwerten im Reingas) als auch indirekt erfolgen (über Vorgaben zum Betrieb der Rotte und des Wäschers).

8 LITERATUR

- | | | |
|---------------------|------|--|
| 30. BImSchV | 2000 | Dreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen - 30. BImSchV) vom 20. Febr. 2001, BGBl. I, S. 317-324 |
| ANGERER, T. | 2003 | Beitrag zur Charakterisierung und Reduktion von Abgasemissionen aus mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen, Veröffentlichung des Instituts für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik der Montanuniversität Leoben, Leoben 2003 |
| WINDSPERGER, A. | 2001 | Technologie und Konzepte der Abluftreinigung bei mechanisch-biologischen Anlagen zur Vorbehandlung von Restmüll – Endbericht der Projektkoordination, Schriftenreihe des BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Band 10/2001), Wien 2001 |
| CUHLS, C. | 2001 | Schadstoffbilanzierung und Emissionsminderung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung, Veröffentlichung des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover (Heft 114), Hannover 2001 |
| DACH, J. ET AL. | 2007 | Ökoeffizienz der regenerativ thermischen Oxidation (RTO) im Hinblick auf die Vermeidung klimawirksamer Emissionen, Internationale Tagung MBA, Hannover, 2007 |
| DOEDENS, H. ET AL. | 2000 | Wissenschaftliche Begleitung der drei großtechnischen Demonstrationsanlagen zur mechanisch-biologischen Vorbehandlung von Restabfällen in Niedersachsen, ISAH Universität Hannover/iba GmbH, Hannover 2000 |
| FRICKE, K. ET AL. | 2009 | Korrosion bei biologischen Abfallbehandlungsanlagen. in: Müll und Abfall 11/2009 S. 556-563, Berlin 2009 |
| GEWITRA | 2008 | Ermittlung der Emissionssituation bei der Verwertung von Bioabfällen, (Entwurf des Abschlussberichts, unveröffentlicht) im Auftrag des UBA |
| GEWITRA | 2010 | Messungen an einer dt. MPS-Anlage, unveröffentlicht |
| GEWITRA | 2011 | Ermittlung der Emissionssituation bei der Vergärung von Bioabfällen und Ableitung von Vorschlägen zur Verbesserung der Klimabilanz und des Emissionsverhaltens bei Bioabfallvergärungsanlagen, Messbericht im ENTWURF zur Vorlage für den UBA Workshop am 20.06.2011 im UBA Dessau, UFOPLAN 2009, FKZ 3709 44 20, Troisdorf 2011 |
| IFEU | 2007 | Vergleichende Bewertung der Umweltauswirkungen verschiedener Abluftreinigungskonzepte einer mechanisch-biologischen Restabfallbehandlung (MBA), Hrsg.: ASA e. V. Ennigerloh, Heidelberg, Februar 2007
Mit Korrektur der Treibhausbilanz in Abb. 4-1 im Bericht 2007 (KNAPPE, 2011) |
| KANNING, K. | 2008 | Startup and operation of aerobic and anaerobic biological waste treatment plants: biodegradation, methane production and operational safety, ORBIT 2008 NL-Wageningen, 13.-15.11.2008, Hrsg.: ORBIT e. V., Weimar |
| KETELSEN, K. | 2006 | Mechanisch-biologische Abfallbehandlung in Deutschland – Konzepte, Planungen, Anlagenbeispiele, Betriebserfahrungen -, ÖKOTECH 2006, Workshop Biologische Abfallbehandlung, H-Budapest, 11.10.2006 |
| KETELSEN, K. ET AL. | 2010 | Optimierung der mechanisch-biologischen Restabfallbehandlungsanlagen (MBA) unter Berücksichtigung von Ressourcen- und Klimaschutzaspekten, Hrsg.: UBA, Dessau, FKZ 363 01 254, Endbericht, Juni 2010 |
| KETELSEN, K. | 2011 | Energieeffizienz verschiedener MBA-Konzepte im Vergleich, 23. Kasseler Abfall und Bioenergieforum, 12.-14.04.2011, Kassel, Hrsg.: K. Wiermer/M. Kern, Witzenhausen 2011 |

KNAPPE, F.	2011	siehe IFEU 2007
LOIDL, M.	2010	Neue Entwicklungen der MBA in Österreich, 8.ASA-Abfalltage 2010 Hannover, 24.-26.02.2010, Hrsg.: ASA e. V., Ennigerloh
LOIDL, M.	2010	Mechanisch-biologische Abfallbehandlung in Österreich, Unterlagen zur Kick-off-Veranstaltung zur MBA-Verordnung, Wien, 13.10.2010
MATTERSTEIG	2010	Messbericht über interne Roh- und Reingasmessungen an der BA Frohnleiten in 2009, unveröffentlicht
MBA-RL	2002	Richtlinie für die mechanisch-biologische Behandlung von Abfällen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Umwelt und Wasserwirtschaft, Lebensministerium Wien, Fassung vom 01.03.2002
STOCKINGER, J.	2004	Abluftmanagement und Abluftbehandlung an Anlagen zur mechanisch-biologischen Abfallbehandlung, Veröffentlichung des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover (Heft 126), Hannover 2004
WALLMANN, R. ET AL.	2007	Abluftbehandlung nach 30. BImSchV erste Betriebserfahrungen und Optimierungsansätze, 10 Münsteraner Abfallwirtschaftstage, Münster, 05.-07.02.2007
WALLMANN, R. ET AL.	2009	Messungen in einer deutschen MBA, unveröffentlicht
UBA	2006	Ist-Stand der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA) in Österreich – Zustandsbericht 2006, Neubauer, C./Öhlinger, A. (Verf.) Umweltbundesamt, Wien 2006
UBA	2011	Klimarelevanz der Abluftreinigung bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA) – Projekt KAMBA, vorläufiger Endbericht 2011; Lampert, C./Neubauer, C. (Verf.), Umweltbundesamt, Wien 2011