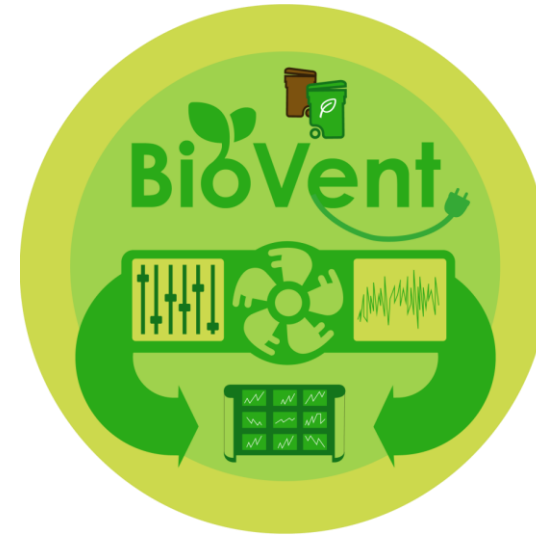


BioVent



 **Fraunhofer**
IEE



Witzenhausen-Institut
für Abfall, Umwelt und Energie GmbH

Dr. Bernd Krautkremer, Frank Schünemeyer, Fraunhofer IEE
Thomas Raussen, Markus Blume, Witzenhausen-Institut

Bioenergie Talk, 19.09.2024

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FKZ: 03EI5402 A und B

BioVent

Ergebnisbericht

Verbundvorhaben „BioVent“

Lastmanagement und
Systemdienstleistungsbereitstellung
durch Rottebelüftungsventilatoren von
Bioabfall behandelnden Anlagen zum
Ausgleich der fluktuierenden Erneuerbaren
Energien



Bildquelle: compost-systems.com

BioVent

Inhalte

- Projekthintergrund und -historie
- Zielsetzungen des Projektes
- Status Quo der Anlagen- und Belüftungstechnik
- Technische Anforderungen zur Marktintegration
- Experimentelle Untersuchungen an zwei Praxisanlagen
- Möglicher Beitrag im Energiesystem
- Hemmnisse und Handlungsempfehlungen

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projekthintergrund und -historie



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Vorläuferprojekt: BiKoFlex

Bioabfallvergärungsanlagen generieren substanzuelle Produkte für den Strommarkt

- Fokus auf die flexible Energiebereitstellung
- Nachrüstung von Vergärungsanlagen steigert die Energie- UND Substratflexibilität
- Beitrag im Gesamtenergiesystem eher klein aber Abfallbehandlung gewinnt an Bedeutung
- Dauerhafter Beitrag
- Klare Empfehlung zur Umsetzung

Projekthintergrund und -historie

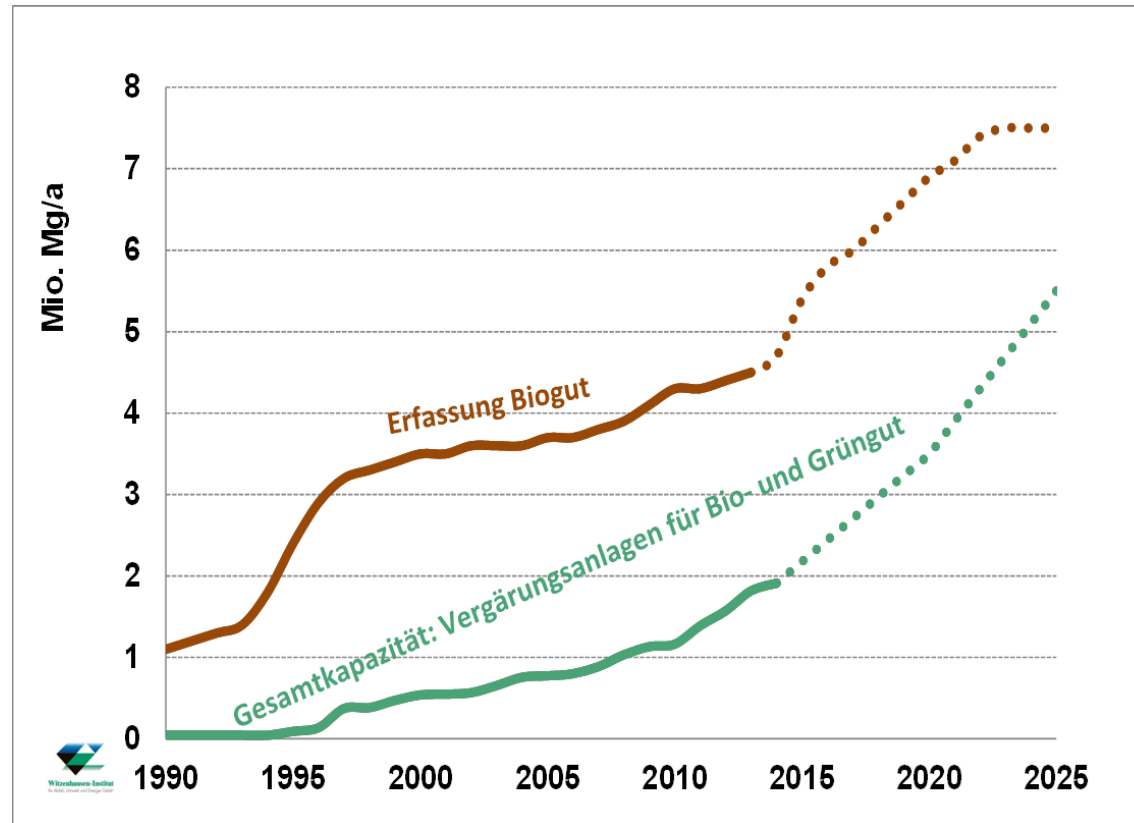


Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Perspektive relevanter Anlagen:



Potentiell:

~ 750 Mio. m³_N/a Biogas

~ 4 TWh_{Hi}/a, ~ 1,7 TWh_{el}/a

Derzeit:

~ 1 TWh_{Hi}/a, ~ 0,4 TWh_{el}/a

Projekthintergrund und -historie

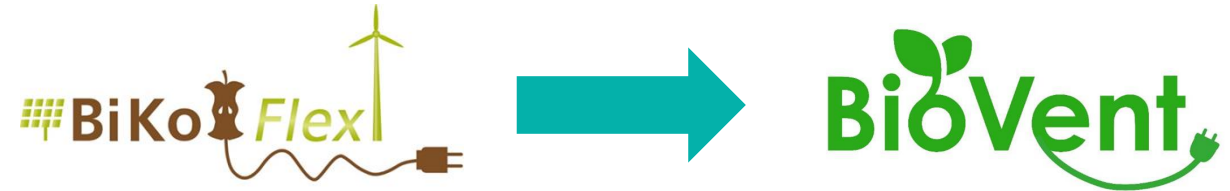
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Praxiserfahrung aus BiKoFlex:

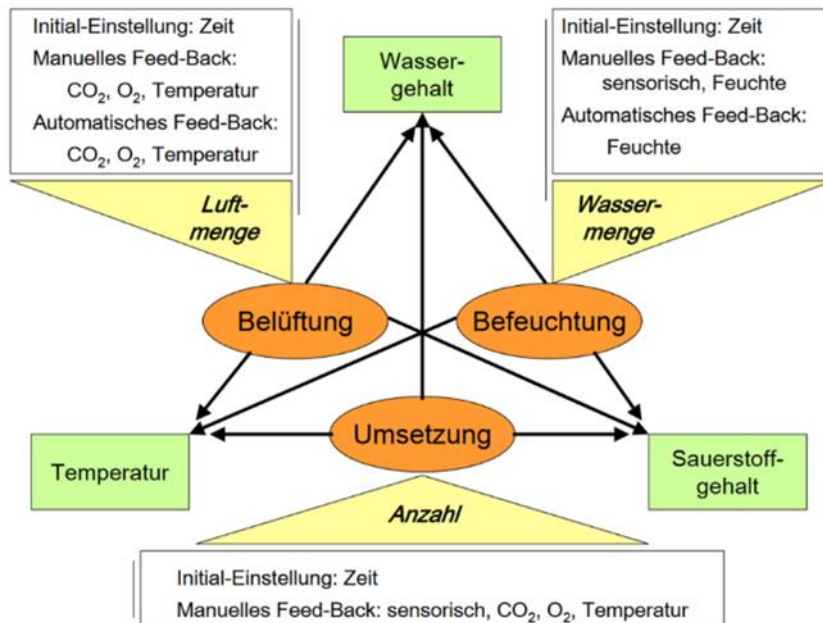
- Hoher el. Eigenbedarf der Anlagen
- Nicht alle el. Verbraucher können Strom-geführt betrieben werden
- Rottelüfter scheinen prinzipiell geeignet
 - hohe Leistung
 - lange Betriebsdauer
 - Prozesskopplung rel. träge
- **Notwendige Arbeiten:**
 - Potenzialabschätzung
 - Anforderungen
 - Auswirkung auf Rottegüte



Elektrische Last	Anlage A	Anlage B
Zerkleinerer, Siebe 👎	200 kW	32 kW
Hallenentlüftung 👎	70 kW	46 kW
Rottelüfter 👍	120 kW	180 kW

BioVent!

Aufgaben der Rotte



Steuerung der Kompostierung; Quelle: (Körner et al. 2009)

Unterscheidungsmerkmale der Rottebelüftungen:

Strömungsrichtung

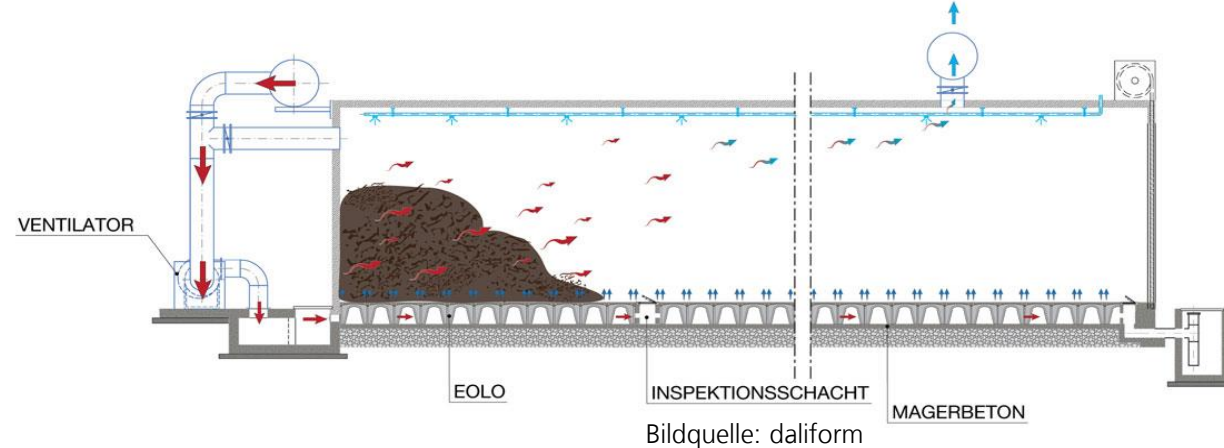
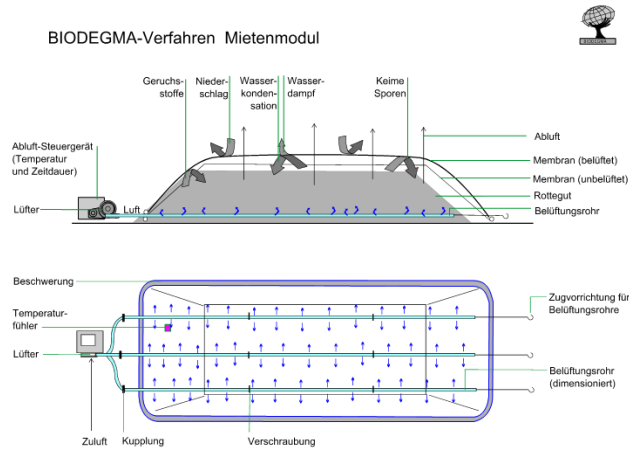
- Saugbelüftung
- Druckbelüftung
- Art der Kapselung
 - Offene Kompostierung (überdacht oder frei)
 - unabgedeckt
 - Membranabdeckung der Miete
 - Hallenkompostierung
 - Tafelmiete mit automatischem Umsetzer
 - Zeilenkompostierung
 - Tunnelkompostierung
- Luftzufuhr
 - Belüftungsrinne/-rohr
 - Belüftungsboden

Anlagenbeispiele Rottelüftung



Gefördert durch:
 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

BIODEGMA-Verfahren Mietenmodul



Tafelmieten, Bildquelle: SCT



Geschlossene Mietenrotte, Bildquelle: Witzenhausen-Institut

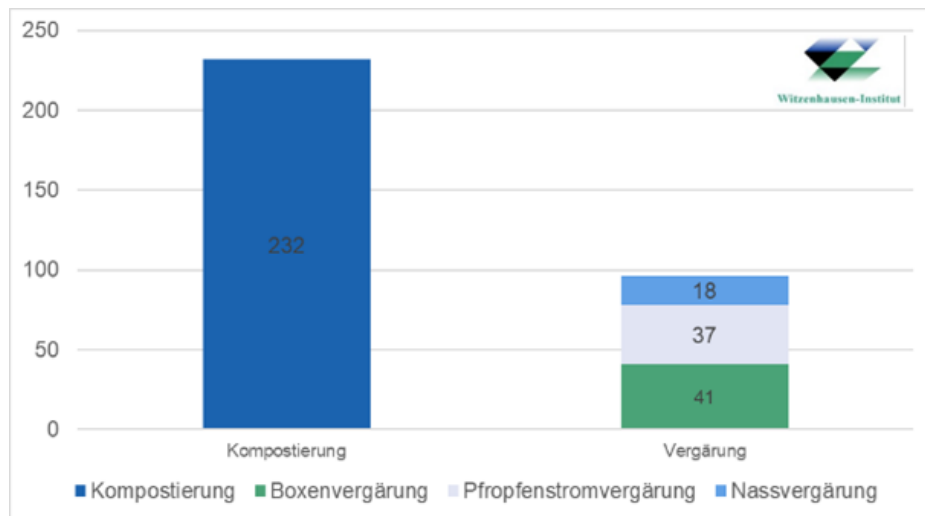


Abluftreinigung, Bildquelle: Compost Systems GmbH

Anlagenbestand in Deutschland

Betrachtete Anlagen

- Nicht betrachtet:
 - Reine Grüngutbehandlung (i.d.R. keine Belüftung)
 - Reine Speisabfallanlagen und Anlagen mit kommunalem Hausmüll (i.d.R. keine Rottetechnik)



Anzahl der Anlagen

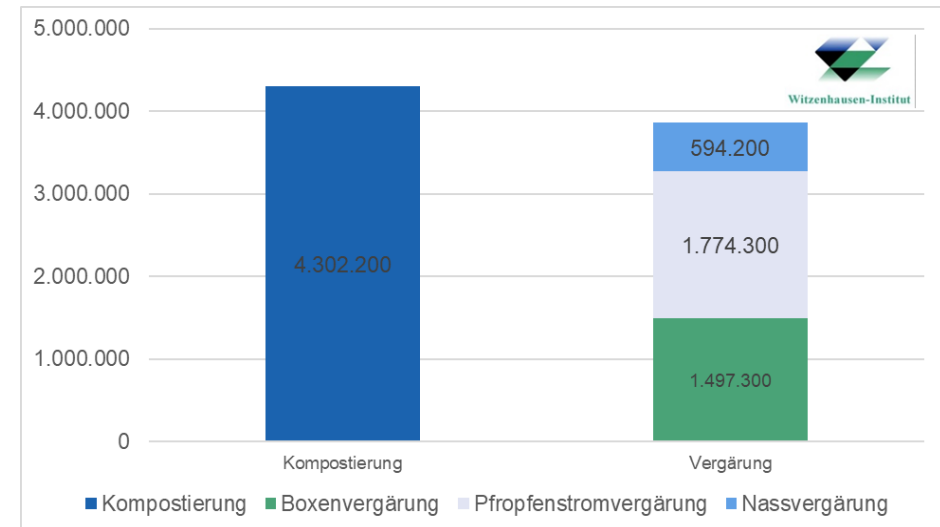


Gefördert durch:



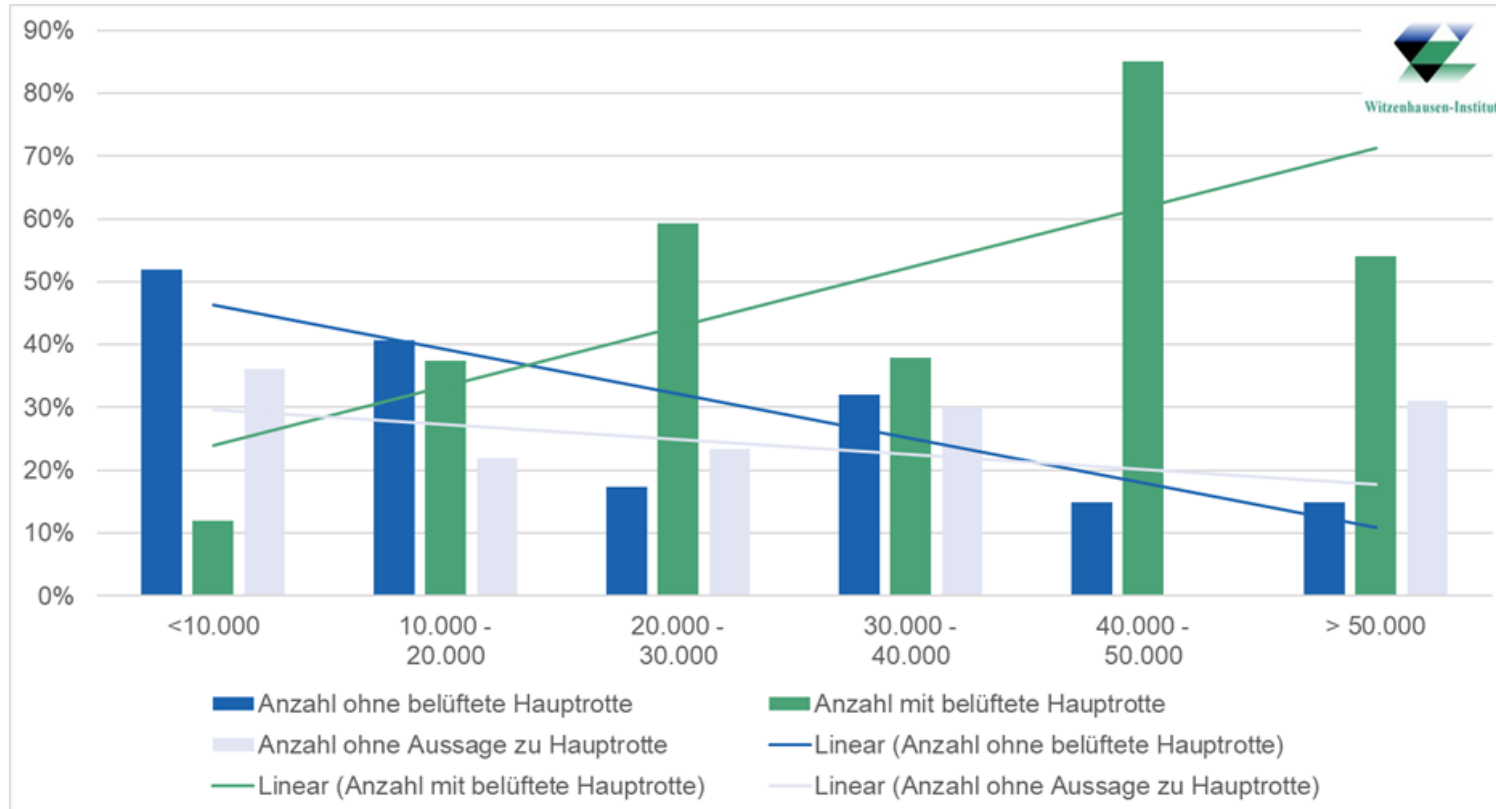
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

- Unterschiedliche Anlagengrößen
- Unterschiedliche Teilmasseströme
- Unterschiedliche Verfahrenskombinationen
- Unterschiedliche Substratqualitäten



Anlagenkapazität [Mg]

Einsatz der Rottelüftung abhängig von Anlagengröße



Kompostierungsanlagen - Informationen zur Belüftung der Hauptrotte mit Trend über die Größenklassen

Modellierung zur Potenzialabschätzung



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Modellparameter

Input		Kompostierung		Vergärung Box		Vergärung PF	
Bioabfall		1,0 Mg/a		1,0 Mg/a		1,0 Mg/a	
Wasser						0,02 Mg/a	
Output	Siebüberlauf vorne	0,0 Mg/a		0,0 Mg/a		0,1 Mg/a	
	Biogas	0,0 Mg/a		0,09 Mg/a		0,13 Mg/a	
	flüssiger Gärrest					0,38 Mg/a	
	--> Rottematerial netto	1,00 Mg/a	0,58 Mg/m ³	0,91 Mg/a	0,80 Mg/m ³	0,41 Mg/a	48% 0,80 Mg/m ³
Zumischung	Strukturmaterial	0,00 Mg/a	0,25 Mg/m ³	0,34 Mg/a	0,25 Mg/m ³	0,15 Mg/a	0,25 Mg/m ³
	--> Rottematerial brutto	1,00 Mg/a	0,58 Mg/m ³	1,25 Mg/a	0,65 Mg/m ³	0,56 Mg/a	0,65 Mg/m ³
Tunnelkapazität	Fläche	200 m ²		200 m ²		200 m ²	
	Füllhöhe	2,8 m		2,5 m		2,5 m	
	Dichte	0,58 Mg/m ³		0,65 Mg/m ³		0,65 Mg/m ³	
	Füllmenge	325 Mg		325 Mg		325 Mg	
	Verweilzeit	4,0 Wo		1,4 Wo		2,6 Wo	
	Anzahl	0,00024		0,00010		0,00009	
Leistung	installiert pro Tunnel	40 kW		40 kW		40 kW	
	installiert gesamt Tunnel	9,5 W		4,1 W		3,5 W	
	Aufnahme, durchschnittlich	30%		30%		30%	
	regelbar, runter	2,8 W		1,2 W		1,0 W	
	regelbar, hoch	6,6 W		2,9 W		2,4 W	

- Große Anlagenvielfalt
- Exakte Ermittlung sehr aufwändig
- Ansatz zur Abschätzung mit üblichen Parametern
- Verweilzeit 4 Wochen (reine Kompostierung)
- Verweilzeit 2 Wochen (nach Vergärung)
- Nur Rottelüfter berücksichtigt

Potenzial der Rottelüfterleistung



Gefördert durch:

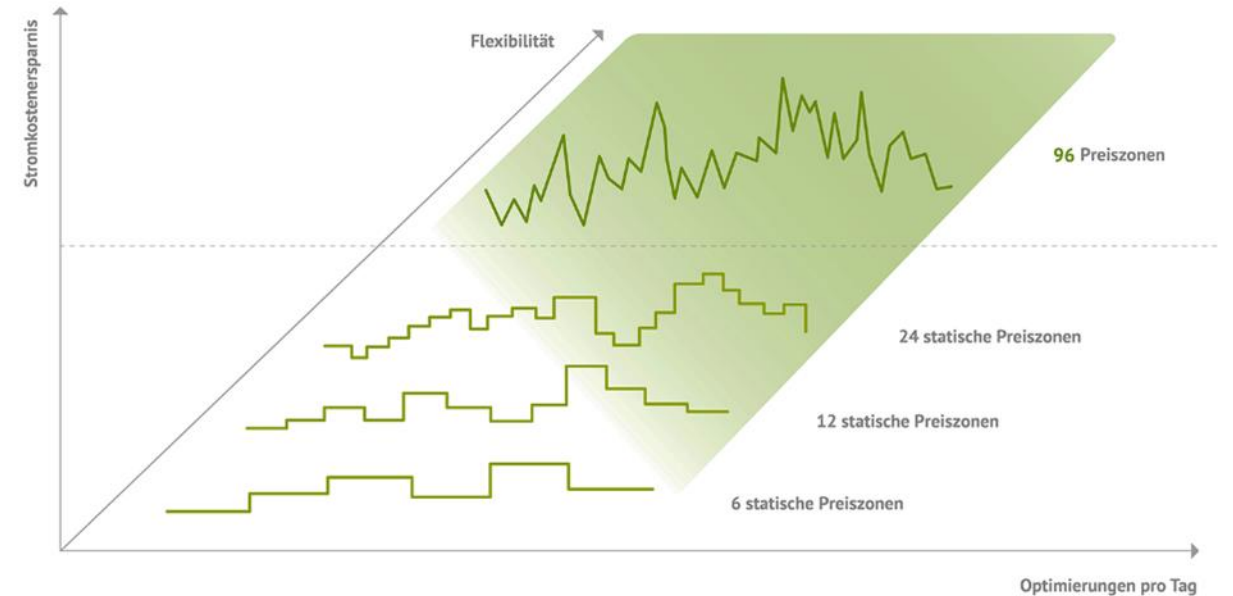
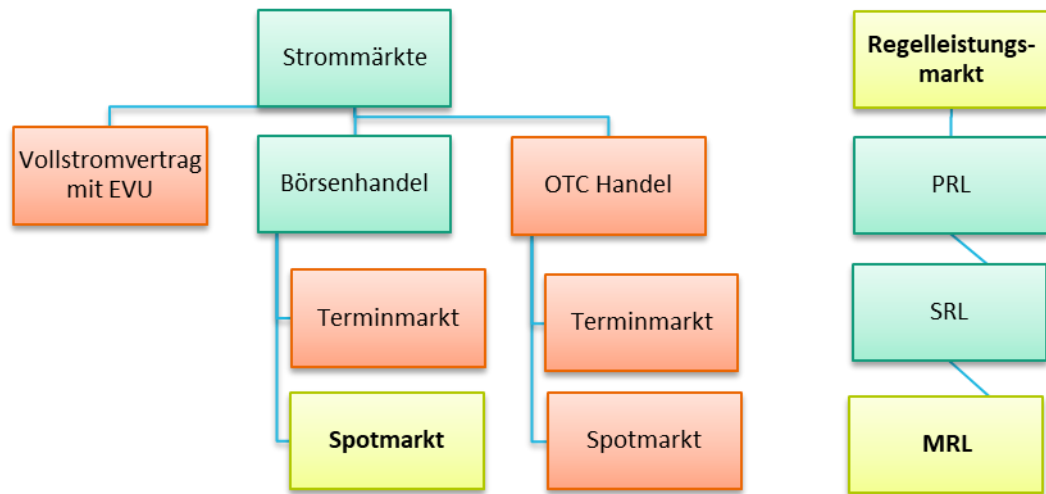


aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

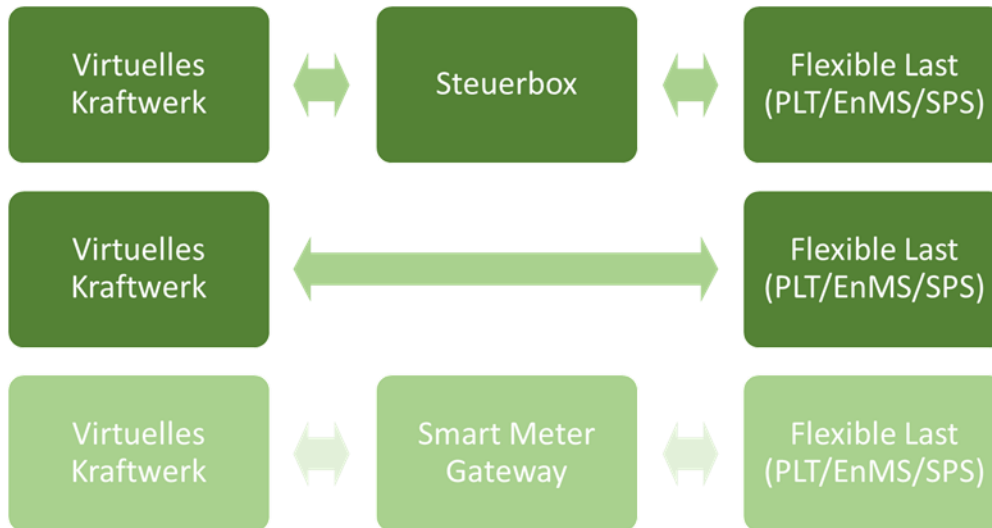
Ergebnis aus der Modellberechnung:

	Kompostierung	Boxenvergärung	Pfropfenstromvergärung	Nassvergärung
Neg. Regelleistung	9,0 MW	1,6 MW	1,4 MW	0 MW
Pos. Regelleistung	21,0 MW	3,7 MW	3,4 MW	0 MW

Verschiedene Möglichkeiten zur Marktteilnahme:



Einbindungsmöglichkeiten in ein virtuelles Kraftwerk:



- Anbindung an vorkonfigurierte Steuerbox
- Direkte Anbindung über verschiedene Protokolle (abhängig vom Netzbetreiber)
- Zum Zeitpunkt der Studie SMGW: Rottebelüftung fallen nicht unter Pflichteinbau
- Alle Lösungen bedürfen An/Einbindung in Prozessleittechnik, individuelle Lösungen

Randbedingungen für die Durchführbarkeit:

Technische Rahmenbedingungen:

- Rottegrad
- Rottezeit
- Hygienisierung
- Aerobisierung
- Wasseraustrag
- Hallenbelüftung (Arbeitsschutz)
- Biofilter

Rechtsbereich	Verordnung/ Richtlinie	Inhalt
Abfallrecht	Bioabfallverordnung (BioAbfV)	Zulässigkeit von Stoffen, Ausbringmengen, Schwermetallgrenzwerte, Analyse-, Nachweis- und Dokumentationspflichten
Düngerecht	Düngeverordnung (DüV)	Anwendung nach guter fachlicher Praxis/Düngebedarf/Nährstoffvergleich
	Düngemittelverordnung (DuMV)	Typisierung als Düngemittel, Zweckbestimmung
Bodenschutzrecht	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)	Anforderungen an Materialien, die auf den Boden auf- oder eingebracht werden dürfen, Vorsorgewerte für Böden

Prinzipielle Eignung



Beurteilung ob Eingriff auf Rottelüftung sinnvoll umsetzbar ist:

Marktzugang	Maßnahmen	Eignung der Rottelüftung	Bemerkungen
Stromlieferung durch EVU	HT/NT, Peak Load Shaving (Leistungspreis)	Gut geeignet	Wenn Fahrpläne im Vertrag vorgesehen, Preissignale, hohe Leistungspreise
Energiehandel über Spot- und Terminmarkt	Präqualifikation, Anschluss an Mittelspannungsebene, flexible Lasten fernsteuerbar. Akkreditierung für Börsenhandel, Hinterlegung von Sicherheiten	Prinzipiell geeignet	Anbindung am besten über Akkreditierte Stromhändler
Energiehandel Terminmarkt	Präqualifikation, technische Handelsanbindung, Börsenzulassung	Prinzipiell geeignet	Fahrweise der Lüfter meist zu dynamisch für feste Termine, Anbindung am besten über Stromhändler
Energiehandel Spotmarkt	Zulassung für Börsenhandel, Fernsteuerbarkeit, Austausch von Preis- und Leistungsinformationen	Prinzipiell geeignet	Anbindung über zugelassenen Händler
Regelleistungsmarkt	Präqualifikation, Fernsteuerbarkeit, Austausch von Preis- und Leistungsinformationen, Mindestgebotsgröße	Prinzipiell geeignet	Wegen Mindestgebotsgröße Pooling erforderlich
Netzentgelte	Lastreduktion in Hochlastzeiten	Prinzipiell geeignet	

Untersuchung an Praxisanlagen



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Praxisanlagen

- Zwei Biogut Vergärungs- und Kompostierungsanlagen (50.000 und 22.000 Mg/a)
- Anlage A: Boxenvergärung
 - Intensivrottetunnel 8-10 Tage
 - 6 Rotteboxen, ges. Lüfterleistung 132 kW
 - Konstantbetrieb bis Solltemperatur erreicht, danach Intervallbetrieb mit 50-100% Zuluft
 - Nachrotte in unbelüfteten Trapezmieten
- Anlage B: Pfropfenstrom (Kapazität Gesamtanlage 30.000 Mg/a)
 - Entwässerung und Nachrotte in offenen, überdachten Mieten
 - Rottetunnel nur für Übermengen die nicht vergoren werden
 - 8 Zuluftventilatoren 120 kW
 - Zuluft Steuerung über Temperaturmessung (Mindesttemperaturen müssen erreicht werden)

Untersuchungen an Praxisanlagen



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Messkonzept und Probenahmen

Anlage A:

- 100 Mg Gärrest und 85 Mg Rotteoutput werden gemischt
- Einbringung in zwei separate Rottetunnel (gleiche Ausgangsbasis)
- Tunnel 1 mit Eingriff auf Belüftung, Tunnel 2 mit üblicher Belüftung
- Nach 1 Woche wird ein Teil des Materials beprobt, mit Gärrest gemischt und wieder eingebracht (unterschiedliche Ausgangsbasis)
- Probennahme an unterschiedlichen Stellen, Mischprobe an Labor

Anlage B:

- 75% aufbereitetes Biogut, 25% Grüngut
- Mischung und Vorbereitung
- Beschickung von zwei Rottetunneln, nur ein Durchgang, Standardlüftung und mit Eingriff
- Probenahmen aus durchgemischten Haufwerken

Untersuchungen an Praxisanlagen

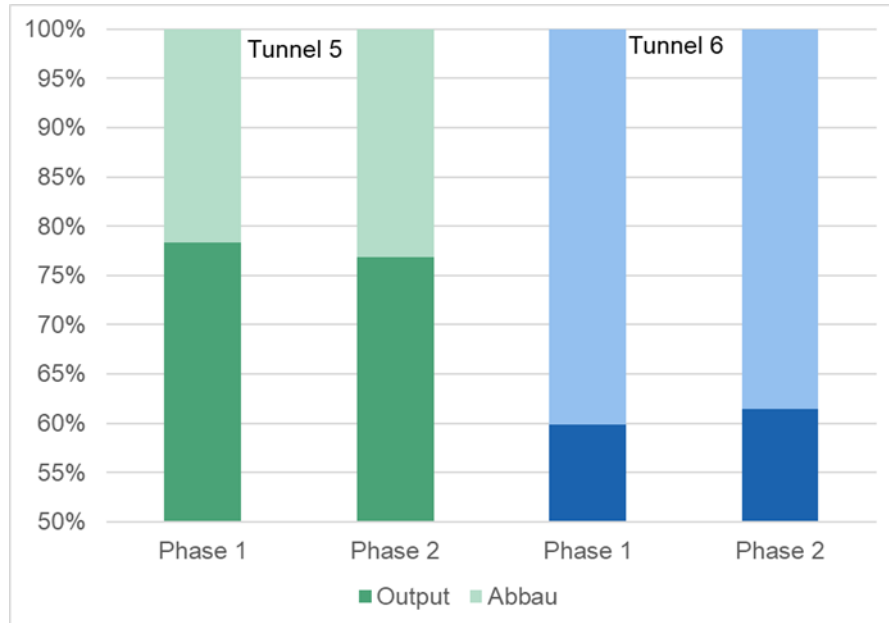


Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Ergebnisse der Versuche Anlage A



Tunnel 5:
mit Eingriff auf Lüftung

Tunnel 6:
ohne Eingriff auf Lüftung

- Ungleichmäßiger Temperaturverlauf im Vergleich zum Normalbetrieb in Phase 1 und 2, Unterschiede aber gering
- Nach beiden Phasen Material aus Tunnel mit Eingriff dunkler, feuchter, weniger Massenverlust, weniger (positive) Verpilzung, mittlerer bis schlechte Qualität (subjektive Einschätzung)

Untersuchungen an Praxisanlagen

Ergebnisse der Versuche Anlage B

- Rotte ohne Eingriff schon fertig als Tunnel mit Eingriff noch in Hygiansierungsphase
- Gewichtsverluste konnten an dieser Anlage messtechnisch nicht erfasst werden
- Material mit Eingriff tendenziell feuchter und weniger (positiv) verpilzt



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Tunnel 5



Tunnel 6

- Es sind verschiedene Möglichkeiten gegeben, mittels der Beeinflussung der Rottelüftung systemdienlich und kostenoptimiert zu agieren.
- Bei der Mehrzahl der Wege sind umfangreiche und individuelle Maßnahmen der Handelsanbindung sowohl technisch als auch organisatorisch notwendig.
- Der einfachste Weg geht über den EVU-Vertrag.
- Einfluss auf Rotteergebnis ist gegeben. Anlagenspezifische Anpassung und individuelles Herantasten sind erforderlich, um die Rottequalität sicher stellen zu können.
- Ggf. erforderliche Verlängerung der Rottezeit (bzw. Verringerung des Durchsatzes) muss mit Einsparungen/Erlösen kompensiert werden.
- Beitrag auf das Gesamtenergiesystem (Kosten und CO₂-Ausstoß) ist extrem gering (0,1%).
- Individuelle Einsparpotenziale an Anlagen sind jedoch interessant.
- Künftige Entwicklung des Strommarktes könnten dies noch verstärken.

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit

Kontakt

Dr. Bernd Krautkremer
Abteilungsleiter Erneuerbare Gase und Bioenergie
Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und
Energiesystemtechnik IEE
Joseph-Beuys-Str. 8
34117 Kassel
bernd.krautkremer@iee.fraunhofer.de | Telefon 0561 7294-420
<http://www.iee.fraunhofer.de>



Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft
und Energiesystemtechnik

Energiewende gestalten