KONTINUIERLICHE ERFASSUNG DER BIOGENEN CO_2-EMISSIONEN MITTELS LANGZEITPROBENAHME

Jürgen Reinmann

Direktor Regulierungen – Vorstandsmitglied ENVEA Global

BUA-Workshop, online, 13. März 2024

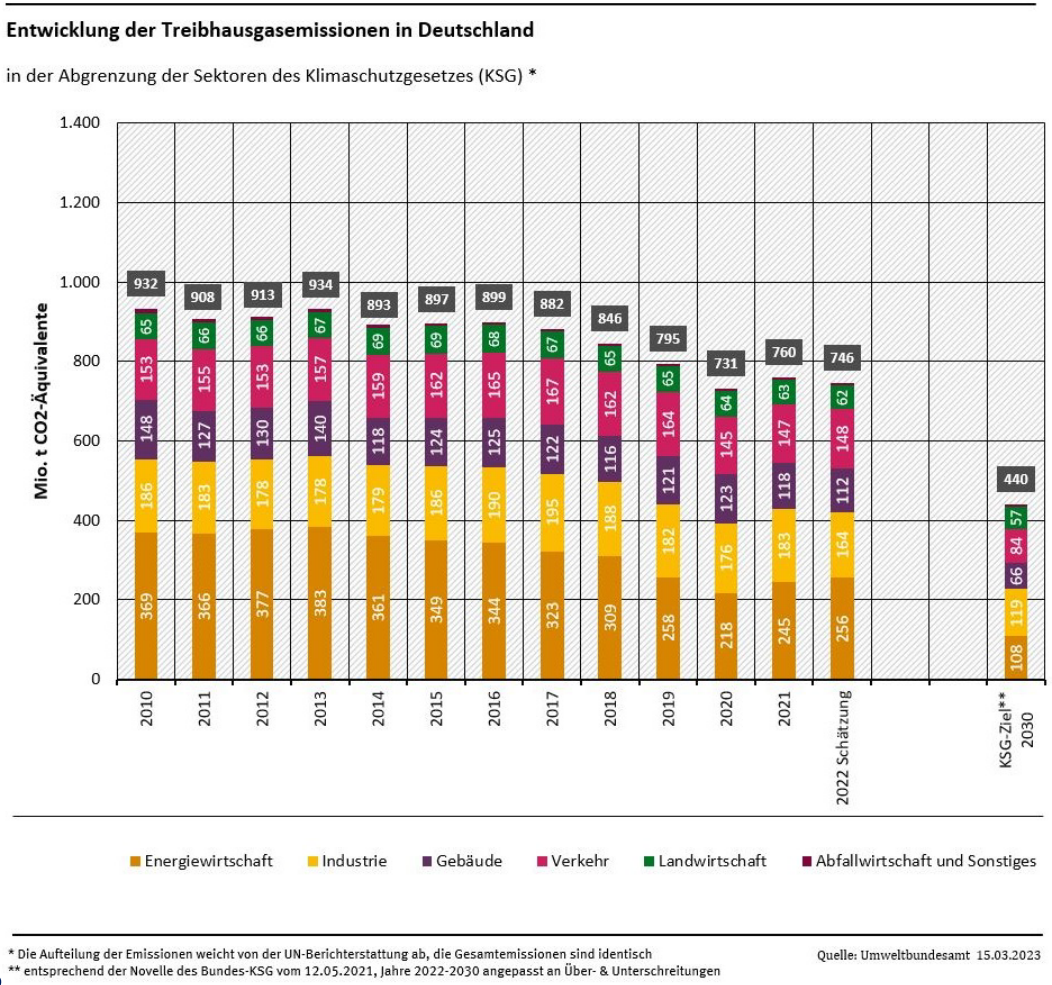
Fakten

- **Treibhausgasemissionen:** 2022 - Rückgang im Vergleich zum Vorjahr um 1,8 % auf geschätzte 729 Mio t Kohlendioxid-Äquivalente.

- Dies entspricht einer Reduzierung von 40,2 % im Vergleich zum Basisjahr 1990.

- => nach dem Anstieg in 2021 wieder eine Entwicklung in die richtige Richtung.

- Insgesamt ist dieser Rückgang jedoch nicht ausreichend.



- Trotz des insgesamt rückläufigen Energieeinsatzes vor allem in der Industrie hat sich der Anstieg der Treibhausgasemissionen aufgrund des erhöhten Einsatzes von Stein- und Braunkohlen in der Energiewirtschaft seit dem Sommer 2022 abgezeichnet.

EHS in Europa

- In Europa gibt es seit 2005 das EU-Emissionshandelssystem (EU-EHS). Es war das weltweit erste internationale Emissionshandelssystem.
- Das EU-EHS gilt für Kraftwerke, Industrieanlagen, wie z.B. Zementöfen, Eisen- und Stahlverhüttung,…
- Derzeit wird darüber diskutiert, das EU-EHS auch auf die Abfallverbrennung auszudehnen.
- Gemäß der Begründung (98) der Richtlinie 2023/959 (veröffentlicht am 10.05.2023) wird die Kommission bis zum 31. Juli 2026 die Möglichkeit prüfen und darüber Bericht erstatten, den Sektor der kommunalen Abfallverbrennung ab 2028 in das EHS einzubeziehen.

EHS in Europa

- Um die erforderlichen Daten im Jahr 2026 melden zu können, müssen diese vorher erfasst werden.
- Oktober 2023: Veröffentlichung der überarbeiteten Überwachungs- und Berichts-vorschriften (Monitoring and Reporting Rule - MRR) inklusive für CO_2-Emissionen aus Abfallverbrennungsanlagen.
- Laur Art. 21 der MRR kann Betreiber entweder eine berechnungsbasierte oder eine messbasierte Methode anwenden, um die Emissionen ihrer Anlage zu überwachen.
- Es bestehen die gleichen Genauigkeitsanforderungen für die Bestimmung der CO_2-Emissionen bei der Abfallverbrennung wie bei den Großfeuerungsanlagen.
- Diese Anforderungen berücksichtigen nicht den inhomogenen Brennstoff, aus dem der Abfall besteht.
- Seit dem 1.1.2024 müssen diese Emissionen erfasst werden.

Motivation

Abfall und Ersatz-brennstoffe (EBS)













Unbekannte Mischung aus biogenen und fossilen organischen Stoffen

EHS in Europa

- Für die korrekte Erfassung der zu berücksichtigen CO_2-Emissionen ist es wichtig, den biogenen und fossilen Anteil zu ermitteln.
- **Dabei gelten biogene CO_2-Emissionen als treibhausgasneutral.**

WARUM?



- Biogenes CO_2: freigesetzt bei der Verbrennung von z.B. Grünschnitt und Holz = CO_2 welches erst vor kurzem absorbiert wurde
- fossiles CO_2: z.B. Kohle, Erdöl = CO_2, welches vor Millionen von Jahren absorbiert wurde und seit der Industrialisierung in die Atmosphäre emittiert wird

UK – Nationale Regelung

- Ab 2026: Erfassung der Emissionen aus MWI´s
- Ab 2028: Teilnahme am nationalen Emissionshandel

- 4 Szenarien zur Berechnung von CO_2 aus biogenen Quellen:
  - B1 – Keine Überwachung
  - B2 – Periodische Abfallprobenahme zur Bestimmung eines Faktors und zur Berechnung des Anteils des von der Anlage emittierten biogenen CO_2.
  - B3 – Ein Softwaresystem wie BIOMA (basiert auf ISO18466).
  - B4 – Das ^{14}C-Verhältnis der Abgase wird kontinuierlich mit einem System wie dem AMESA-B-Probenehmer gemessen, um das Verhältnis von biogenem CO_2 zu fossilem CO_2 zu bestimmen. (Uns ist bekannt, dass dies noch in keinem Werk im Vereinigten Königreich vorhanden ist, wir haben es aber der Vollständigkeit halber aufgenommen, in Erwartung, dass Systeme wie dieses möglicherweise in Zukunft in einigen Werken installiert werden.)

- Es ist ersichtlich, dass das AMESA B-System bei der Enviro Agency im Vereinigten Königreich gut bekannt.
- Bisher wurden in Großbritannien mehrere Projekte realisiert.

UK – Nationale Regelung

- **Kommentare und Erfahrungen der Betreiber**

- **1 – Keine Überwachung:** „Es ist sicherlich die Methode mit der höchsten Unsicherheit“
- **2 – Regelmäßige Abfallprobenahme:** „Arbeitsintensiv, unsicherer als ^{14}C und BIOMA.
- **3 – ISO 18466-Bilanzmethode – BIOMA:** wird von mehreren Standorten verwendet.
  - Meinung: Diese Methode ist eine „Black Box“ – mangelndes Verständnis darüber, wie die Ergebnisse berechnet werden.
  - Viele zu messende Parameter = erhöhte Unsicherheit.
- **4 - ^{14}C-Verhältnis der Abgase:** Wird an mehreren Standorten verwendet.
  - Die meisten Betreiber glauben, dass dies die am wenigsten unsichere Messung der biogen-fossilen Bestimmung bietet.
  - Es stellen sich Fragen zur Gesamtunsicherheit der CO_2-Abgaskonzentration und der Volumenstrommessung.

ITALIEN

- **UNI1607324** Bestimmung des Anteils an erneuerbarer Energie, der durch Mitfeuerung, Verbrennung und Mitverbrennungsanlagen erzeugt wird, die mit Hybridbrennstoffen betrieben werden, durch Messung des ^{14}C am Schornstein. Sie gilt auch für die Bewertung von CO_2-Emissionen im Rahmen der Gesetzgebung zum „Emissionshandel".

- **Kapitel 6.4 Langzeit Probenahme**
  "Eine Langzeitprobenahme (typischerweise 1 Monat) umfasst……
  …Die Probenahme erfolgt mittels eines automatischen Probenahmesystems...
  …**Das System ist außerdem mit einer Kontrolle der Konzentration des ein- und ausgehende CO_2 ausgestattet**: Die Probenahme kann bei Sättigung des Adsorptionsmaterials automatisch gestoppt werden."

DEUTSCHLAND - BEHG

Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)

- Mit der zweiten Änderung des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) am 9.11.2022 wurde beschlossen, dass Abfallverbrennungsanlagen seit dem 1.1.2024 am BEHG teilnehmen müssen.
- Die mögliche Art der Emissionserfassung ist in der neuen Emissionsberichterstattungs-verordnung 2030 (EBeV 2030, vom 21.12.2022) geregelt.
- Nach §5 (2) hat der Verantwortliche die Brennstoffemissionen rechnerisch zu ermitteln oder er kann nach §5 (3) diese durch direkt kontinuierliche Messung der CO_2-Konzentration und des Abgasvolumenstroms im Abgaskanal nach §12 bestimmen.

DEUTSCHLAND - BEHG

Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)

- Nach §12 (4) kann der Verantwortliche für die Bestimmung des **Biomasseanteils** eine der folgenden Methoden anwenden:

1. Analysen und Probenahme auf Grundlage von DIN EN ISO 13833
2. eine andere Methode auf der Grundlage einer einschlägigen Norm, einschließlich der Norm ISO18466
3. eine gemäß § 9 zugelassene Methode zur Bestimmung eines gesamten Biomasseanteils auf Basis der mengengewichteten Biomasseanteile der einzelnen Abfallgruppen gemäß Teil 5 der Anlage 2 zu dieser Verordnung.

- Die Methoden 2 und 3 können zu größeren kalkulatorischen Unsicherheiten führen.
- So müssen z.B. bei der Anwendung der der ISO18466 (=Bilanzierungsmethode) wesentlich mehr Parameter (9 Eingang plus 10 Ausgang) gemessen werden als bei Methode 1.

DEUTSCHLAND - BEHG

Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG)

- Emissionsfaktoren entsprechend Methode 3

Teil 5 Standardwerte zur Berechnung von Brennstoffemissionen in den Fällen des § 2 Absatz 2a BEHG

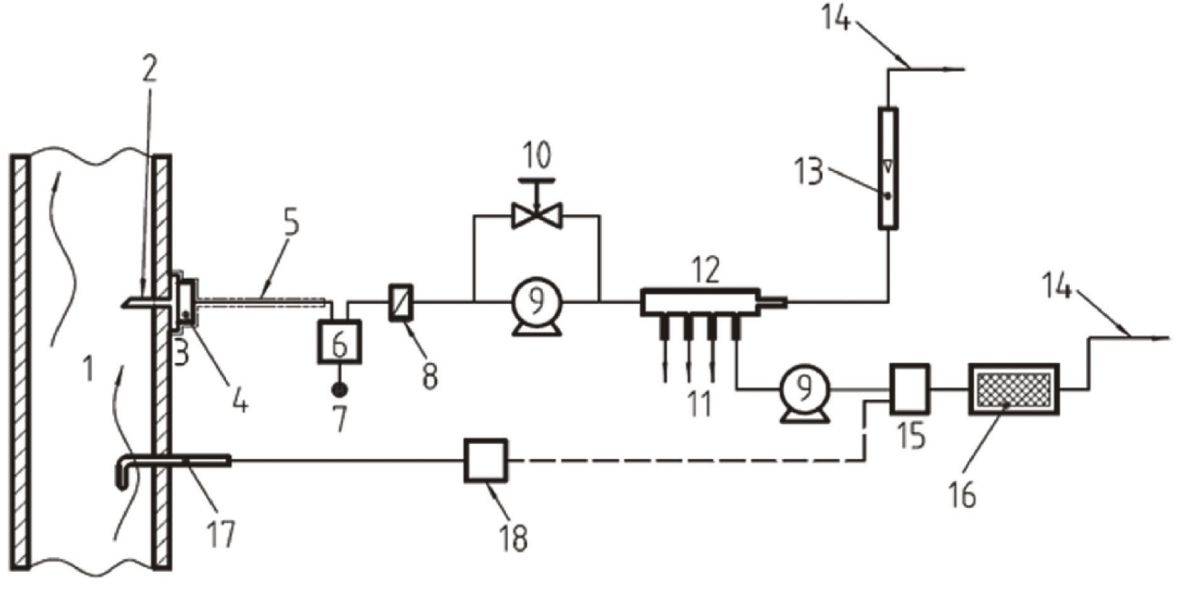
Nummer	Brennstoff	Abfallschlüssel gemäß Abfall-verzeichnis-Verordnung	Biomasse-anteil	Um-rechnungs-faktor	Heizwert der Original-substanz	Heizwertbezogener Emissionsfaktor
1	Leichtverpackungen-Sortierreste	15 01 05	32,0 %	1 t/t	18,1 GJ/t	0,0839 t CO_2/GJ
2	Gewerbeabfall	15 01 06 15 02 02 17 09 03 17 09 04 18 01 04 19 12 08 20 01 32	48,9 %	1 t/t	13,3 GJ/t	0,0888 t CO_2/GJ
3	Sortierreste aus der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung	19 12 10 19 12 12	50,0 %	1 t/t	10,0 GJ/t	0,0949 t CO_2/GJ
4	Restabfall	02 02 03 02 03 04 15 01 01 19 05 99 19 08 01 20 01 08 20 02 01 20 02 03 20 03 01 20 03 02 20 03 03 20 03 06 20 03 99	53,5 %	1 t/t	8,8 GJ/t	0,0982 t CO_2/GJ
5	Sperrmüll	20 03 07	60,3 %	1 t/t	16,0 GJ/t	0,0857 t CO_2/GJ
6	Altholz					
6a	Altholz AI und AII	03 01 05 17 02 01	95,0 %	1 t/t	15 GJ/t	0,0867 t CO_2/GJ
6b	Altholz AIII, AIV, PCB	15 01 03 19 12 07 20 01 38	90,0 %	1 t/t	15 GJ/t	0,0867 t CO_2/GJ
7	Klärschlamm					
7a	Kommunaler Klärschlamm	19 08 05	100,0 %	1 t/t	***	***
7b	Industrieller Klärschlamm	19 08 11 19 08 12 19 08 13 19 08 14	30,0 %	1 t/t	***	***
8	alle übrigen Abfälle	alle übrigen Abfallschlüssel	0,0 %	1 t/t	10,0 GJ/t	0,0949 t CO_2/GJ

DEUTSCHLAND - BEHG

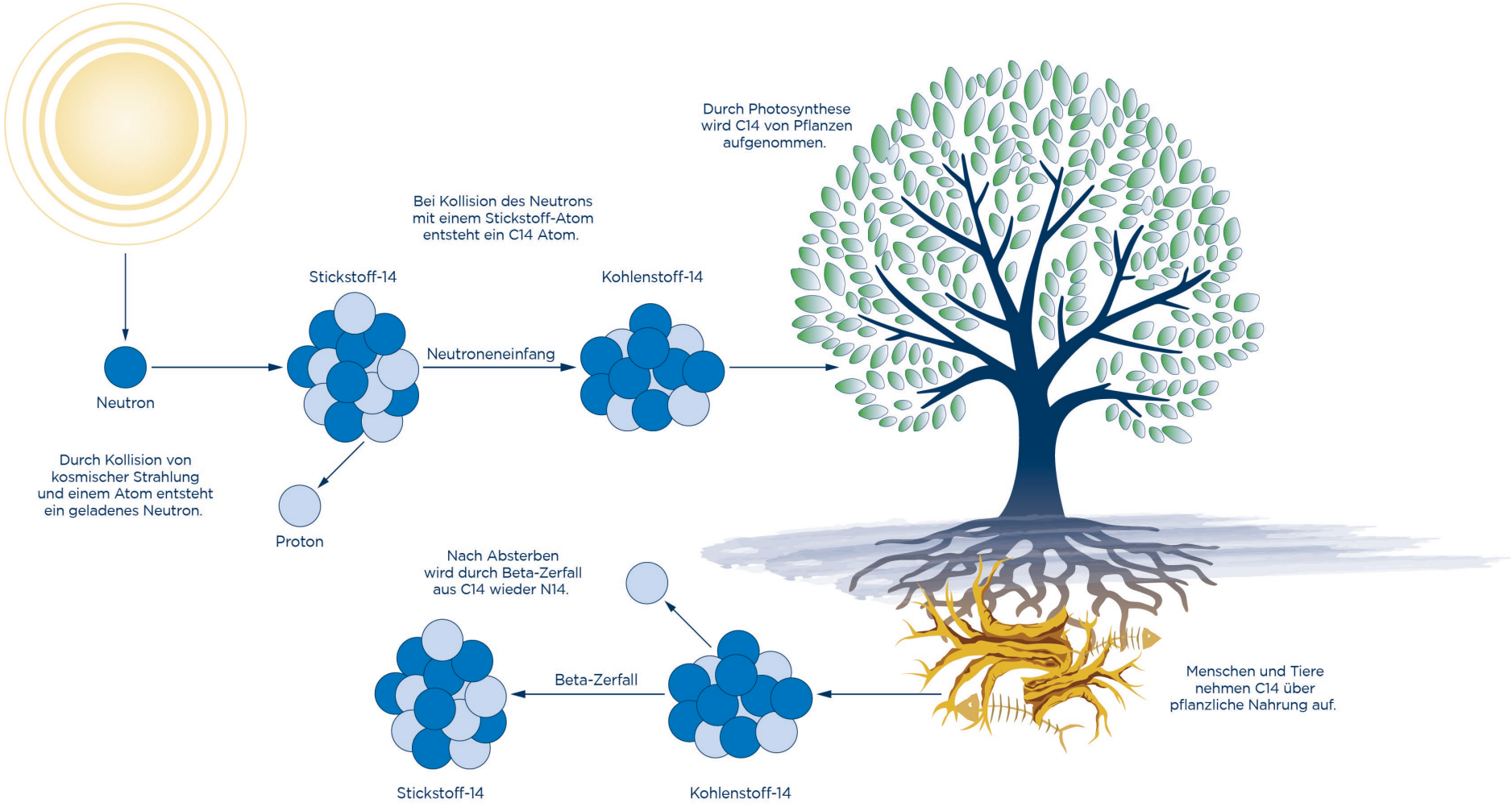
Emissionsberichterstattungsverordnung 2030 (EBeV 2030)

- Methode 1 beruht auf Messung und Analyse nach DIN EN ISO 13833:2013 Emissionen aus stationären Quellen – Bestimmung des Verhältnisses von Kohlendioxid aus Biomasse (biogen) und aus fossilen Quellen – Probenahme und Bestimmung des radioaktiven Kohlenstoffs

= Kontinuierliche Probenahme eines Teils des Rauchgases auf einem CO_2-Adsorber Material, gefolgt von der Analyse des in die Adsorberkartusche gesammelten CO_2 mit der ^{14}C-Methode



^{14}C-Kreislauf

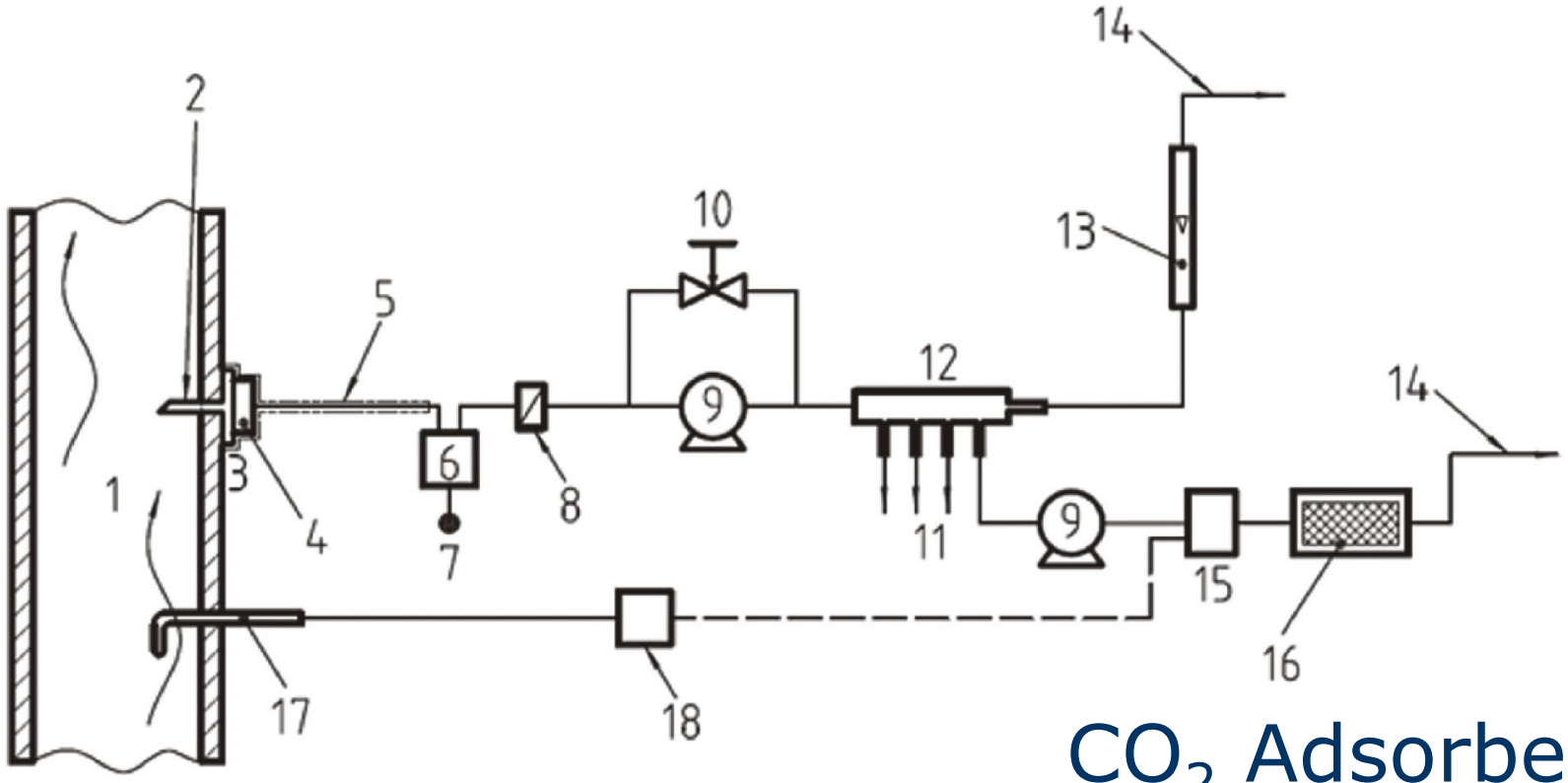


Bestimmung des biogenen CO2-Anteils

- **Fossiles Material und damit fossile Brennstoffe enthalten kein ^{14}C**
- Bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen wird kein $^{14}CO_2$ erzeugt
- Mit der Bestimmung der ^{14}C-Fraktion des emittierten CO_2 ist es möglich, den biogenen und fossilen Anteil der verbrannten Brennstoffe zu bestimmen

Bestimmung des biogenen CO_2-Anteils

- **DIN EN ISO 13833**



CO_2 Adsorber

Bestimmung des biogenen CO2-Anteils

DIN EN ISO 13833

Mindestanforderungen für die Probenahme:

- Externe einstellbare Massenstromregler: Genauigkeit mindestens 5% des Messwertes
- Feststoffadsorber: Natriumhydroxid (NaOH)-Massenfraktion größer als 90%, z.B. Ascarit oder Natronkalk
- Flüssigadsorber: Konzentrationen größer als 1 mol / l NaOH
- Restkapazität nach der Probenahme: mehr als 25 % der Gesamtkapazität des Adsorbers.
- Beheizte Sonde und Probenahmeleitung T > Säuretaupunkt
- Lecktest vor und am Ende der Probenahme, Leckrate < 2 % des Probenahmedurchflusses.

Bestimmung des biogenen CO2-Anteils

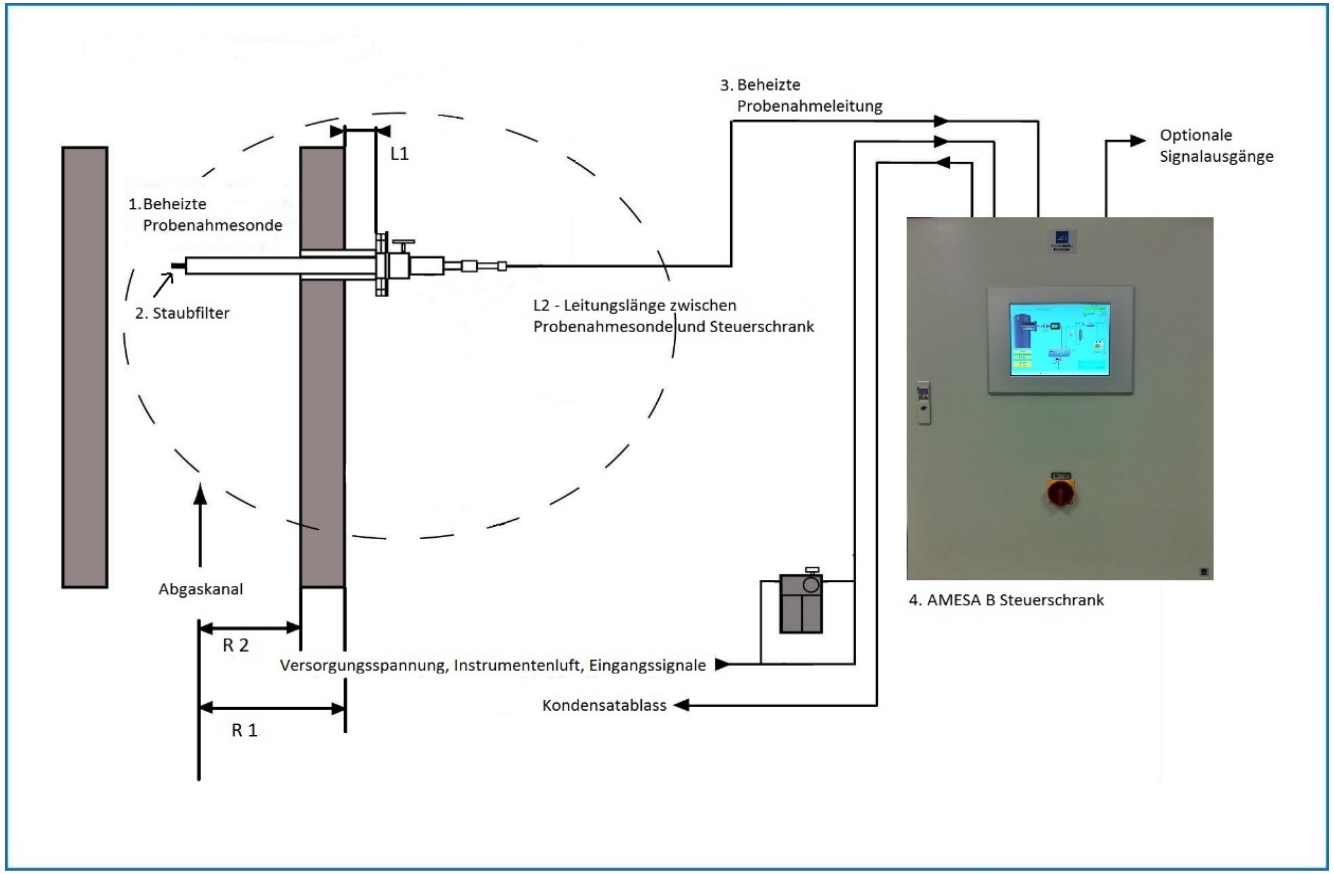
Analysemethode

Es gibt 3 akzeptierte Analysemethoden:

- ^{14}C-Bestimmung Beschleuniger-Massenspektrometrie (AMS)
- ^{14}C-Bestimmung mit Flüssig-Szintillationszähler
- ^{14}C-Bestimmung durch Beta-Ionisation

Funktionsprinzip AMESA B SYSTEM

- Volumenproportionale Extraktion eines Teils des Rauchgases über eine beheizte Probenahmesonde.
- Adsorption von CO_2 in einer Adsorptionsfalle gefüllt mit Ascarit oder Natronkalk
- Probenahmezeitraum von mehreren Stunden bis 1 Monat
- Das Probenahmeprinzip erfüllt die Anforderungen der DIN EN ISO 13833.



- Das AMESA B System ist eine adaptierte Version der bekannten Langzeitprobenahmesysteme AMESA D (Dioxin) und AMESA M (Quecksilber).

Funktionsprinzip AMESA B SYSTEM

Besondere Merkmale:

Sehr geringe Probenahme-Durchflussraten durch die Kartusche: ca. 10 – 20 ml/min.

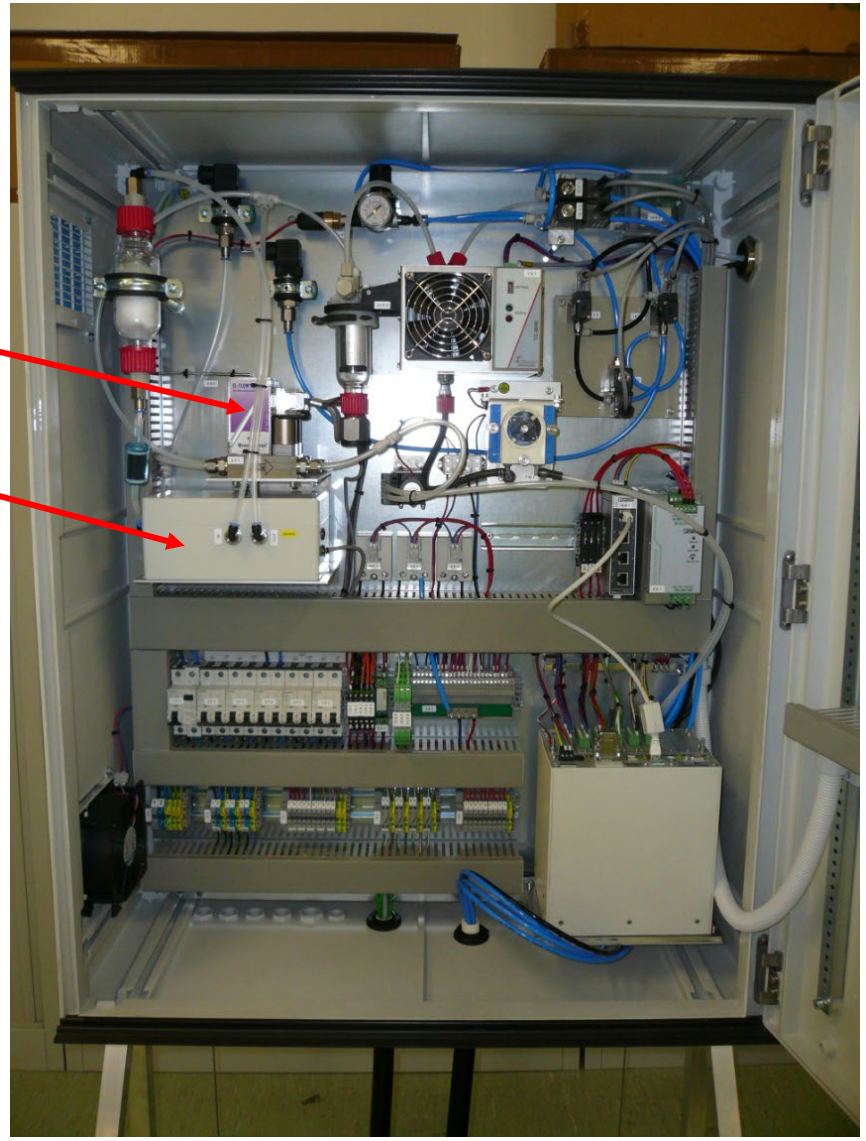
=> Verwendung des Nebenstromprinzips zur Minimierung der Zeit, in der das Gas im Wärmetauscher abgekühlt wird. Dies verhindert eine Auswaschung des CO_2 mit dem Kondensat, das im Wärmetauscher entsteht

Funktionsprinzip AMESA B SYSTEM

Weitere Qualitätskriterien:

Zwei Massendurchflussregler (Haupt- und Nebenstrom), zur genauen volumenproportionalen Absaugung

Überwachung der Adsorbersättigung durch integrierte CO_2-Sensoren



Generell besitzt das AMESA B System ein Öko-Design durch eine Optimierung der Notwendigkeit von:

- Elektrischer Leistung
- Instrumentenluft

AMESA B

Beheizte Probenahmesonde





an horizontalen…. …und vertikalen Abgaskanal

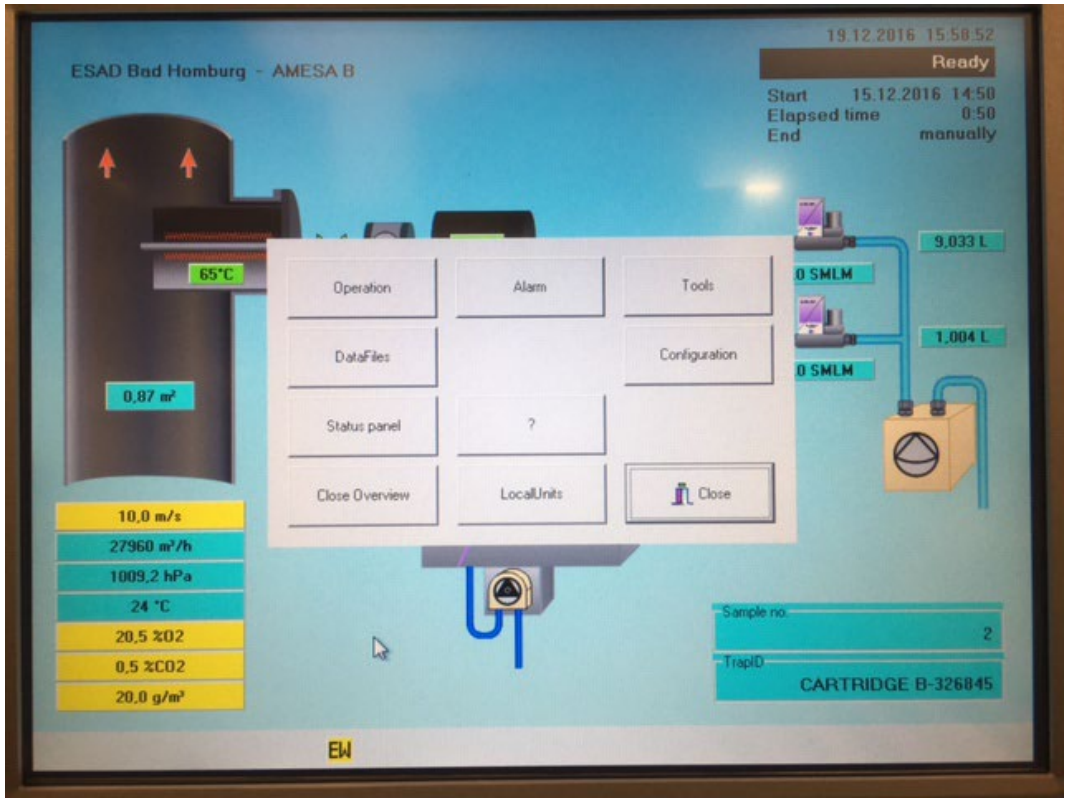


Steuerschrank

AMESA B

Bedienung über Touchpanel

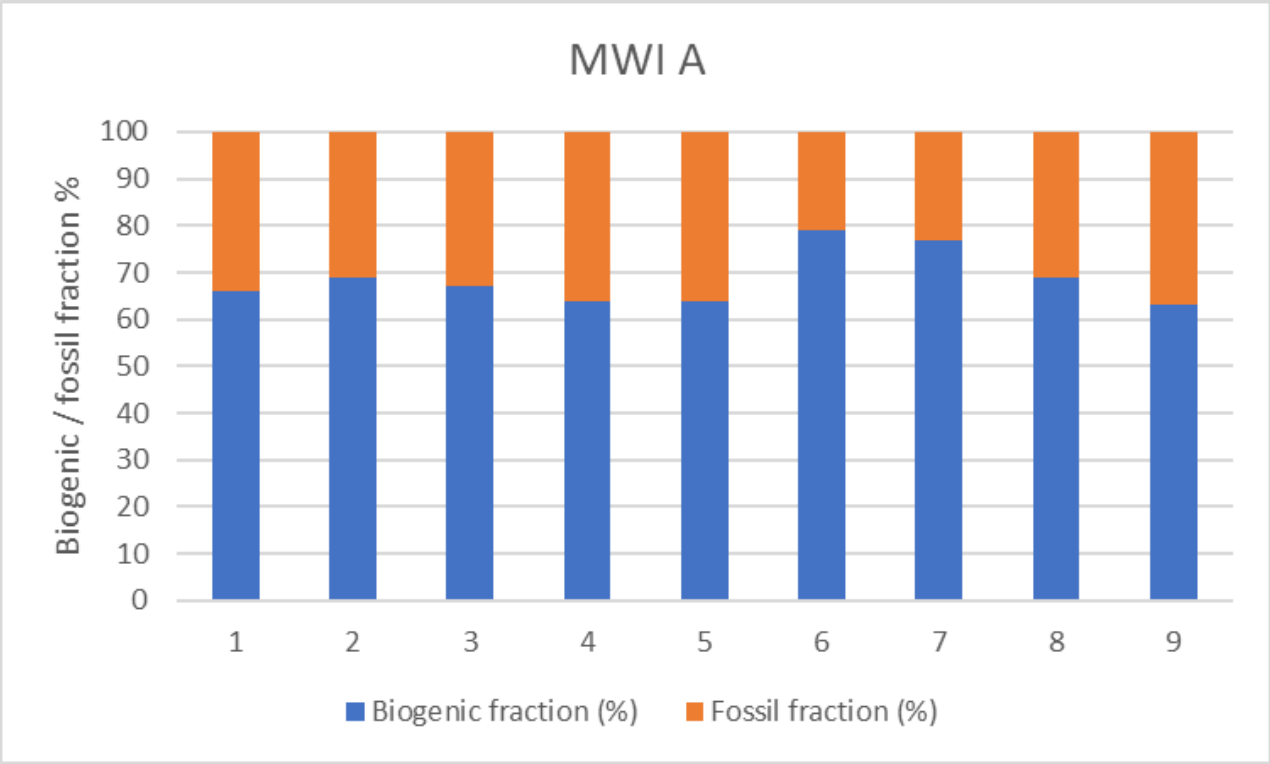




Ergebnisse

Messungen an drei verschiedene Anlagen:

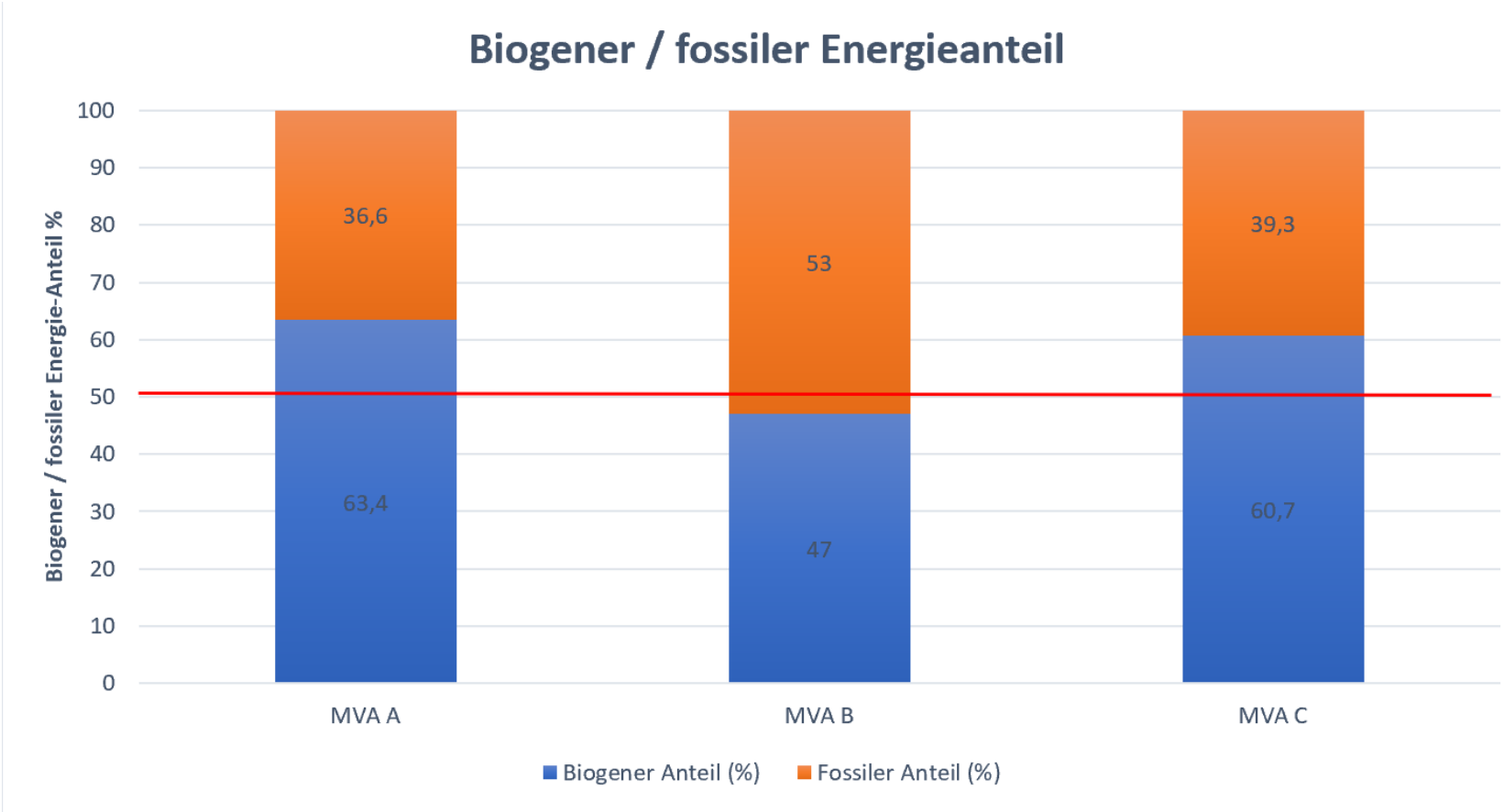
1. **MVA A – Hausmüll:** Mittelwert des biogenen Anteils: 68,7 %



2. **MVA B – Hausmüll gemischt mit Industriemüll:** Mittelwert des biogenen Anteils: 53,0 %
3. **MVA C - Hausmüll mit Anteilen von Klärschlamm:** Mittelwert des biogenen Anteils: 66,4 %

Ergebnisse Anteil erneuerbarer Energie

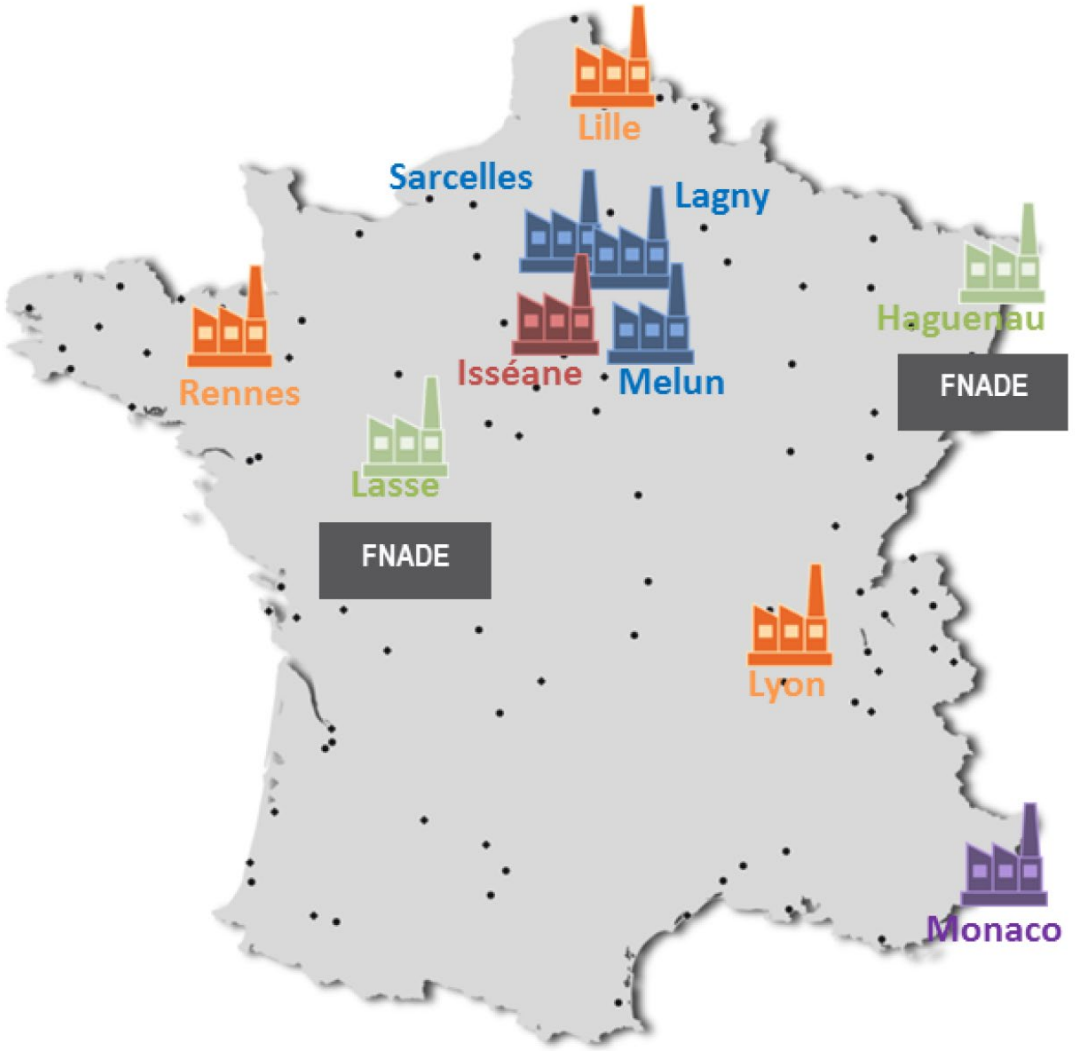
- => Berechnung des Anteils an erneuerbarer („grüner“) Energie (nach UNI/TS 114):



=> außer für Anlage B, welche Industriemüll mitverbrennt, ist die Annahme von 50 % erneuerbarer Energie für Müllverbrennungsanlagen zu gering!

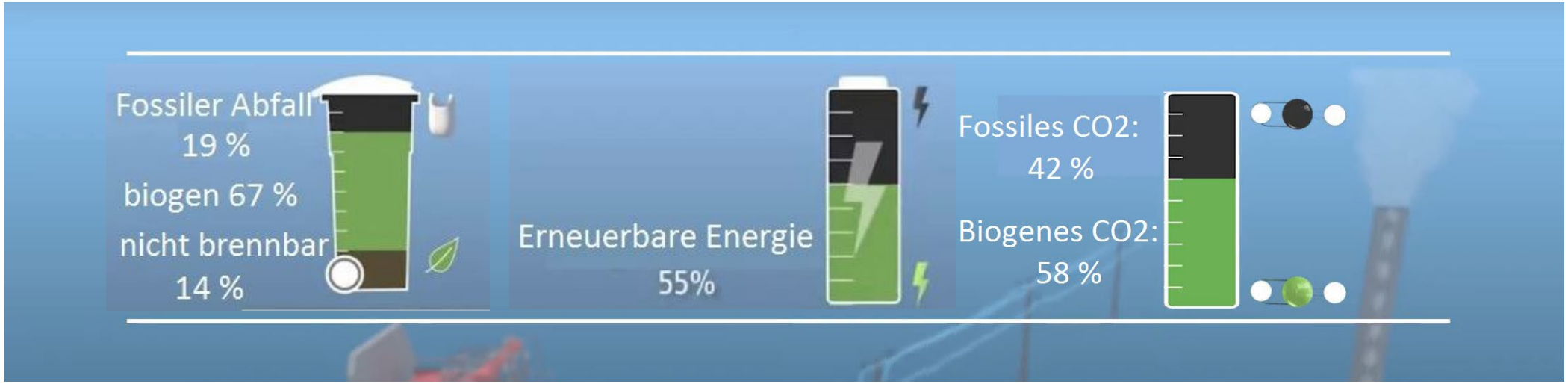
Frankreich UIOM ^{14}C Projekt*

- => Bestimmung des biogenen CO_2-Anteils und der grünen Energie über 1 Jahr an 10 MVA´s und einer EBS-Anlage
- Die verbrannte Müllmenge in diesen Anlagen entspricht ca. 10% der insgesamt in Frankreich verbrannten Müllmenge.
- MASSBIO2 = patentierte Methode von Cabinet Merlin zur Berechnung des biogenen und fossilen Masseanteils des Brennstoffs und zur Berechnung der grünen Energie
- Insgesamt 148 Probenahmen aus MVA´s und 10 Probenahmen aus der EBS-Anlage



* Ein Kooperationsprojekt der französischen Umweltbehörde Ademe, fnade, Cabinet MERLIN und ENVEA

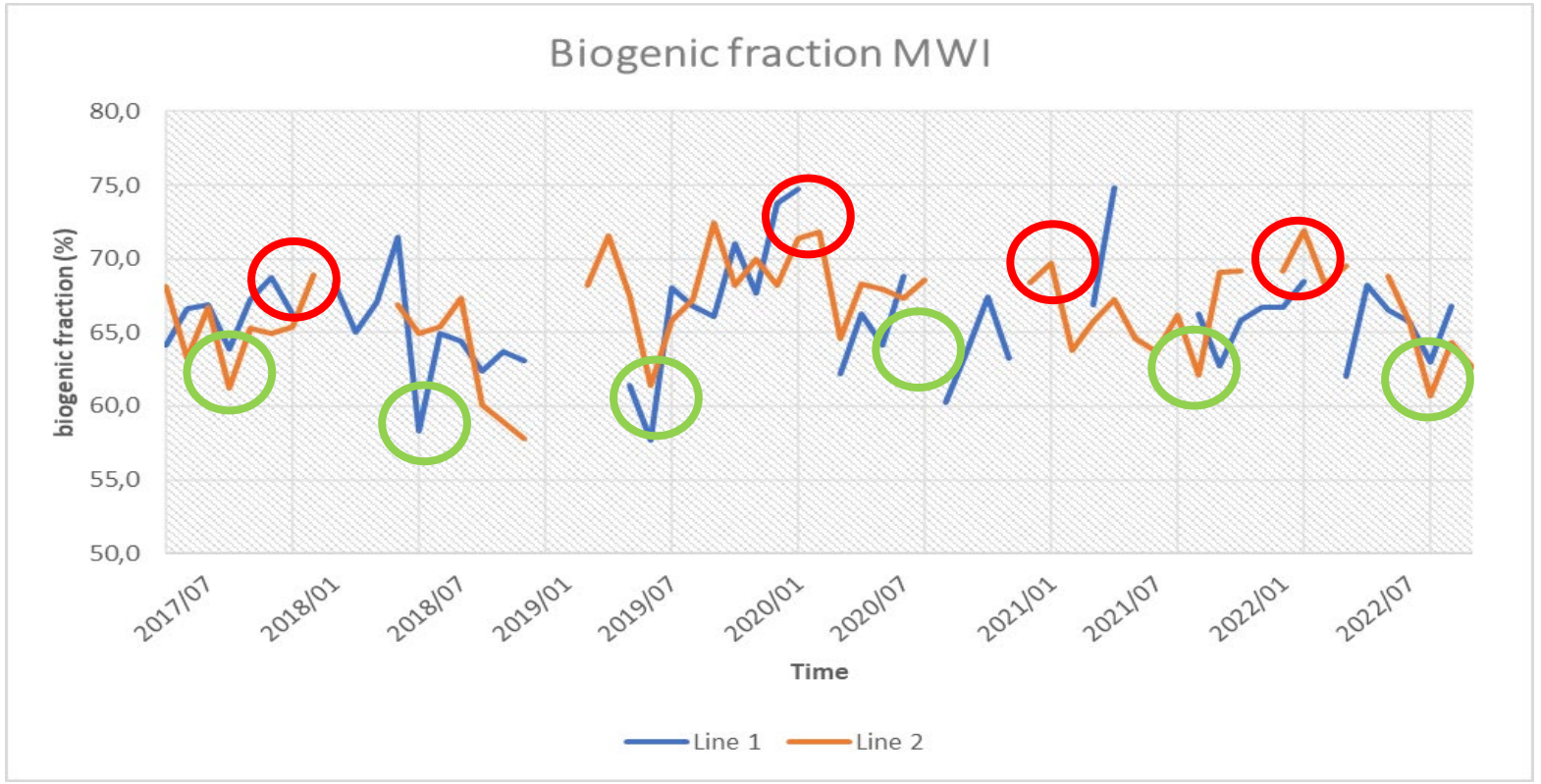
Frankreich UIOM ^{14}C Projekt*



- Weitere Referenzen in Deutschland, Frankreich, Italien, Schweden, Asien,..
- Insgesamt > 50

Ergebnisse

- Ergebnisse der mehrjährigen Erfassung des biogenen CO_2-Anteils in einer MVA in einem mediterranen Tourismusgebiet
- 2 Linien- teilweise Klärschlamm
- Kein permanenter Betrieb beider Linien
- Mittelwert (biogenes CO_2):
- Linie 1: 65,9 %
- Linie 2: 66,5 %
- Regelmäßig niedriger biogener CO_2-Anteil im Sommer und höherer im Winter



- <u>Mögliche Ursache:</u> eventuell schlechtere Mülltrennung mit niedrigerem Recyclinganteil während der Hauptsaison und einem dadurch verursachten höheren Plastikanteil im Müll.

Mögliche Kosteneinsparung im Vergleich zu Festwert

Teilweise Kalkulation mit biogenem CO_2-Anteil als Festwert.

Beispiel: MVA – Kapazität 140.000 t / Jahr => 140.000 t CO2 / Jahr.

=> Zukünftig Messung des biogenen CO_2-Anteils

=> Annahme: Messung belegt, dass fossiler CO_2-Anteil 1 % kleiner ist als Festwertannahme.

=> 1.400 t weniger fossile CO_2-Emissionen

Mögliche Einsparung pro Jahr:

Jahr	Preis €/t laut BEHG	Einsparung €/Jahr
2024	45	63.000
2025	55	77.000
ab 2026	55 - 65	bis zu 91.000

Zusammenfassung

- Mit der Aufnahme der Abfallverbrennungsanlagen in das BEHG, ab dem 1.1.2024 besteht seit diesem Zeitpunkt die Verpflichtung der Anlagenbetreiber ihre CO_2-Abgasmassenströme zu erfassen, zu berichten und entsprechend Emissionszertifikate zu erwerben.

- Bei der Anwendung eines Festwertes des fossilen Anteils der CO_2-Emissionen, besteht das Risiko für die Anlagenbetreiber, dass dieser Wert zu hoch angesetzt wird.

- Da für biogene CO_2-Emissionen keine Zertifikate erworben werden müssen, besteht großes Interesse diesen Anteil einfach und kostengünstig zu erfassen.

- Das hier vorgestellte Verfahren mit dem AMESA B System kann hierzu einen interessanten Beitrag leisten.

- Eine Begründung, dass die Bestimmung des biogenen Anteils zu kompliziert ist, kann bei der Anwendung der DIN EN ISO 13833 mit dem AMESA B Langzeitprobenahme-System, nicht bestätigt werden.

Zusammenfassung

- Sollte im Juli 2026 auf EU-Ebene beschlossen werden, dass die Abfallverbrennungsanlagen ab dem 1.1.2028 in das EU-EHS aufgenommen werden, wird die Bestimmung des biogenen CO_2-Anteils für die Anlagenbetreiber noch wichtiger werden.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Jürgen Reinmann

ENVEA GmbH

j.reinmann@envea.global
www.envea.global