Optimierung von Bioabfallanlagen

Joachim Krassowski
Fraunhofer UMSICHT

Elmar Fischer
DBFZ

22. BIOGAS Jahrestagung
29. – 31. Januar 2013

© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ

Fraunhofer UMSICHT

Zielsetzung und Hintergrund des Forschungsprojekts „Bioabfallvergärung – Beiträge zur Prozessoptimierung und zur verbesserten Gasnutzung“

Projektdurchführung in Zusammenarbeit mit den Deutschen Biomasseforschungszentrum DBFZ

- Verbesserung der Wissensbasis zur Biogaserzeugung aus Abfallstoffen
- Entwicklung neuer analytischer Methoden zur Spurengasanalytik
- Entwicklung eines systematischen Vorgehens bei der Anlagenoptimierung

© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ

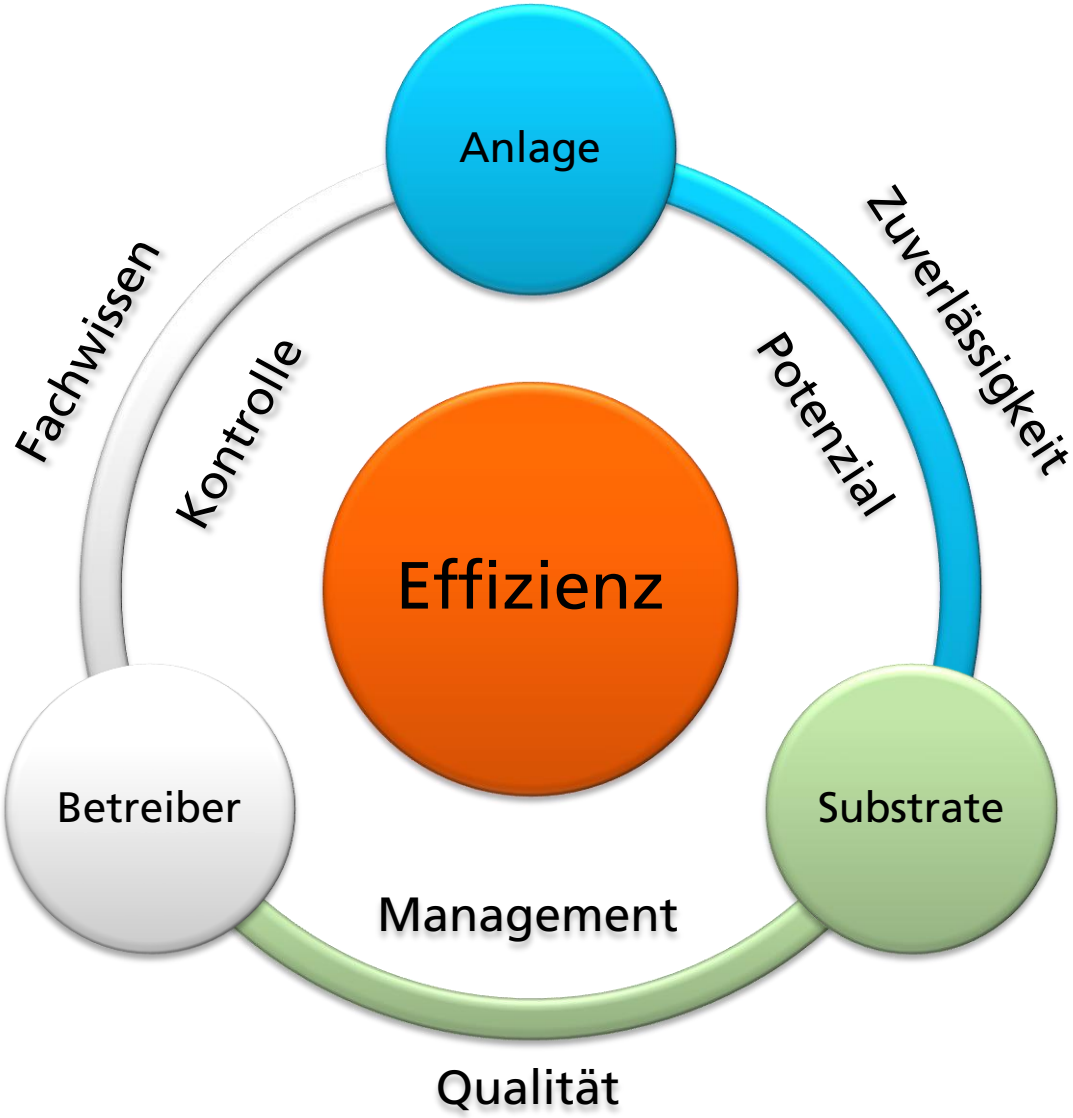
Fraunhofer UMSICHT

Arbeitsschwerpunkte

- Erfassung von Daten zur eingesetzten Anlagentechnik und Betriebsführung (Anlagenbegehungen, Einsicht in Betriebsanleitungen, Auswertung der Betriebstagebücher, Betreiberinterviews)
- Erfassung von Informationen über Zustand und Betriebsweise der Anlagen, Identifizierung wesentlicher Stärken und Schwächen der Anlagen
- Kontinuierliche Substrat- und Gärrestbeprobung auf den Biogasanlagen im wöchentlichen Rhythmus mit Intensivbeprobungsphase
- Qualitative und quantitative Analyse von biogasbürtigen Spurengasen mittels Elektronenstoßionisierung- und GC-MS

© Fraunhofer UMSICHT
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Spannungsfelder bei der Behandlung von Bioabfällen



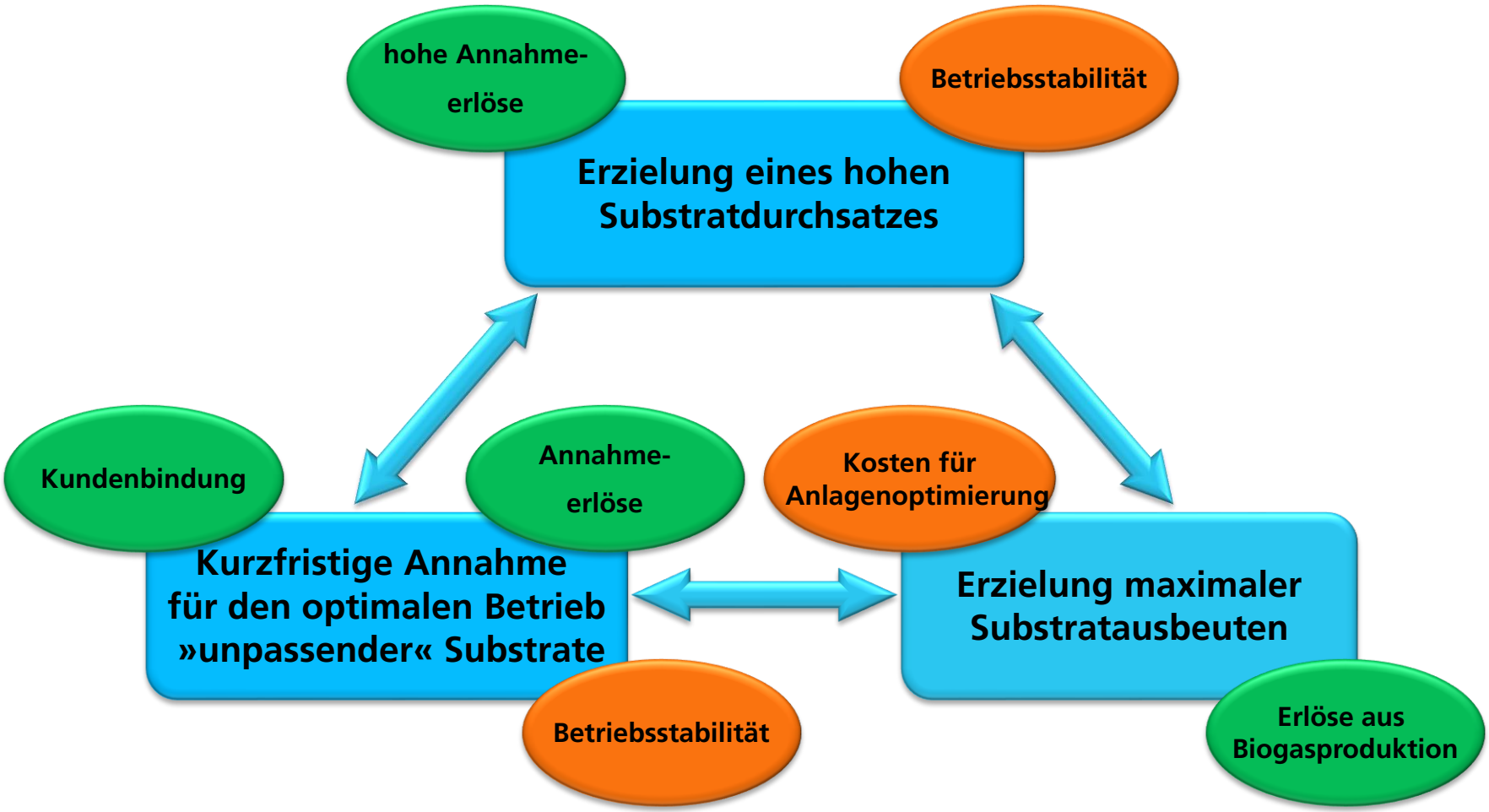
© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ

Fraunhofer UMSICHT

Spannungsfelder bei der Behandlung von Bioabfällen



© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ

Fraunhofer UMSICHT

Beteiligte Biogasanlagen

Speicher-durchflussfermenter

Pfopfenstromfermenter

Umgebaute Klärschlammfaulung

© Fraunhofer UMSICHT

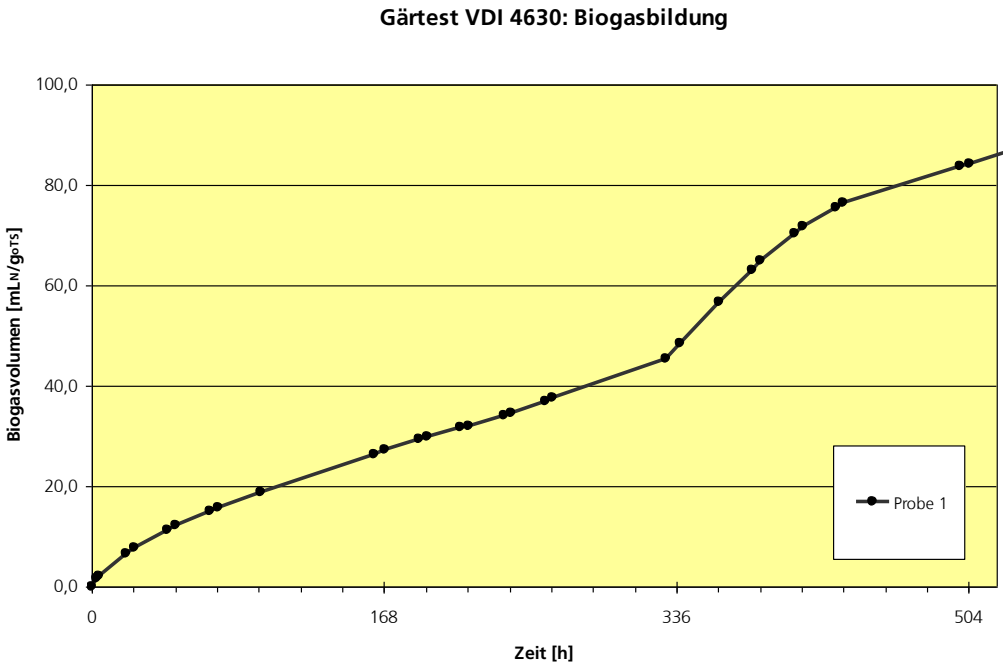
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ

Fraunhofer UMSICHT

Detailbetrachtungen BGA 1 - Speicherdurchflussfermenter

- Verweilzeit 120 d
- Homogene aber teilweise langsam abbaubare Substrate (Fettschlämme)
- Vermutlich diauxisches Abbauverhalten
- Trotz hohem oTS Abbaugrad noch hohes Restgaspotenzial von mehr als 6 Nm³ CH_4/t Gärprodukt.
- Bei einem Durchsatz von 18 000 t/a entspricht dies 121 000 Nm³ CH_4/a bzw. 80 000 €/a*.



*Vergütung je KWh (H_s) 6 ct

© Fraunhofer UMSICHT
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Detailbetrachtungen BGA 1 - Speicherdurchflussfermenter

- Einsatz von energiereichen Substraten, für die in der Regel eine Zuzahlung erforderlich ist.
- Hohe Substratausnutzung steht im Fokus des Betreibers.
- Lange Verweilzeiten reichen aufgrund des Abbauverhaltens nicht für optimalen Abbau.
- Anlage wird aufgrund der im Projekt durchgeführten Analysen zur Nutzung des Restgaspotenzials mit einem Nachgärer ausgestattet.

© Fraunhofer UMSICHT
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Detailbetrachtungen BGA 2 – Angepasste Faultürme

- Verweilzeit 60 d
- Heterogene Substrate mit stark unterschiedlichen Abbaugeschwindigkeiten
- Verluste durch Schwimm- und Sinkschichten
- Stark wechselnde Durchsätze aufgrund wechselnder Lieferverträge
- Geringe Übersicht über die Stoffströme

© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ

Fraunhofer UMSICHT

Detailbetrachtungen BGA 2

- Durch die Annahme von sehr kurzfristig entsorgungsbedürftigen Abfällen werden gute Annahmeerlöse erzielt.
- Hauptziel der Vergärung diese Substrate ist ein hoher Substratdurchsatz bei »halbwegs« stabilen Prozessbedingungen.
- Betrieb wird, falls notwendig mit Hilfsmitteln stabil gehalten (Entschäumerdosierung, Zugabe von Strukturmaterial bei niedrigem TS der Substrate).
- Optimierungsschritte: Vorzerkleinerung der Substrate, Erweiterung des Vorlagevolumens für fetthaltige Substrate, Vergleichmäßigung der Beschickung

© Fraunhofer UMSICHT
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Detailbetrachtungen BGA 3 - Pfropfenstromfermenter

- Verweilzeit 12 d
- Heterogene Substrate mit hohem Trockensubstanzanteil (Biotonne, Gartenabfälle, Grünschnitt)
- Trockenfermentation im thermophilen Pfropfenstromverfahren
- Anlage erzielt eine jahreszeitabhänge BHKW-Auslastung von 70 - 90 %

© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ

Fraunhofer UMSICHT

Detailbetrachtungen BGA 3 - Pfropfenstromfermenter

- Vergärung hat im Rahmen des Gesamtprozesses nur eine Teilfunktion.
- Die Homogenisierung des Inputmaterials bewirkt eine gute Gasausbeute und gleichmäßige Gärrestzusammensetzung.
- Zur Erhöhung der Gasausbeute müsste die Anlage umfassend erweitert werden.
- Anlagenoptimierung: Biogasreinigung mittels Aktivkohle aufgrund hoher Spurengaskonzentrationen.

Quelle: Abfallwirtschaft Sachsen-Anhalt Süd

© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ

Fraunhofer UMSICHT

Fazit der Anlagenbewertung

- Für die Vergärung von Bioabfällen gibt es eine **Vielzahl unterschiedlicher Verfahrenskonzepte**.
- Für die Optimierung bestehender Anlagen ist eine **systematische Detailbetrachtung** unumgänglich.
- Die Optimierung der Biogasausbeute ist in der Regel mit Investitionen verbunden (zusätzliches Faulraumvolumen, Vorbehandlungsstufen etc.), daher müssen primär die **Optimierungsschritte mit dem größten Verbesserungspotenzial identifiziert** werden.
- Ein **hoher Substratdurchsatz** ist bei guten Annahmeerlösen **häufig lukrativer** als eine hohe Gasausbeute.
- Bei Neuanlagen ist zur Erzielung hoher Gasausbeuten eine entsprechende Fermenterausstattung erforderlich. Bei schwer abbaubaren Substraten ist eine **mehrstufige Verfahrensführung** vorteilhaft.

© Fraunhofer UMSICHT
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Substratcharakterisierung bei Abfallvergärungsanlagen

- Abfallanlagen weisen stark variierende Substratzusammensetzungen auf, was die Anlagenplanung und die Prozessführung deutlich erschwert.
- Für die Vergärung von Bioabfällen werden in der Literatur große Spannbreiten für die Stoffzusammensetzung und Gasausbeute dokumentiert.

	TS	oTS	Biogasertrag		Methangehalt	Methanertrag
Substrat	**[%]**	**[% TS]**	**[$m^3 * t_{FM}^{-1}$]**	**[$m^3 * t_{oTS}^{-1}$]**	**[%]**	**[$m^3 CH_4 * t_{oTS}^{-1}$]**
Biomüll [KTBL 2005]	40	50	*123*	615	60	*369*
Bioabfall [Gronbach oJ]	20- 35	-	60-200	-	-	-
Bioabfall [Jäkel 2000]	56	50	*182*	650	*61,5*	400
Biomüll [Archea 2001]	67,5	50	151,9	450	-	-
Bioabfall [Wiegland oJ]	60-75	30-70	-	200-600	-	-
Bioabfälle [Linke 2000]	65	45	-	400	-	-
Bioabfall [Eggersglüß 2001]	60-75	30-70	-	300-900	-	-
Biotonne [FNR 2005]	40-75	50-70	80-120	150-600	58-65	-
Spannbreite	**20-75**	**30-70**	**60-182**	**150-900**	**58-65**	**369-400**

© Fraunhofer UMSICHT
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Substratcharakterisierung bei Abfallvergärungsanlagen

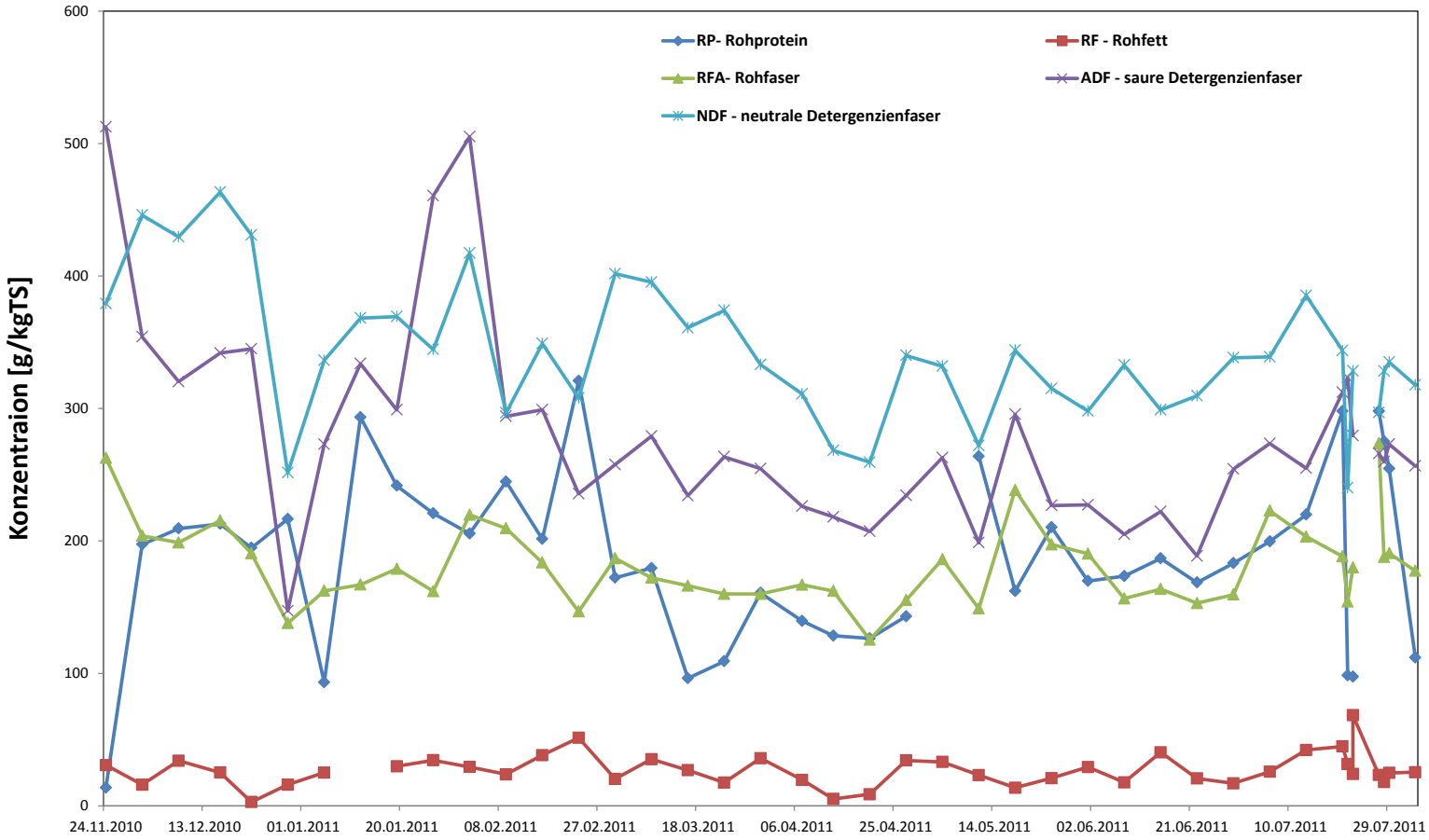
Die im Vorhaben durchgeführte intensive Beprobung und Analyse der verwendeten Substrate und die Charakterisierung der Gärsubstrate und -reste dient zur Erstellung eines Substratkatalogs und gibt die Möglichkeit der Beurteilung des Vergärungsprozesses und der eingesetzten Anlagentechnik, sowie Betriebsparameter.

Analysierte Parameter:
pH-Wert
Trockensubstanz bzw. Wassergehalt
organische Trockensubstanz
FOS
Ammonium-Stickstoff
Gesamt-Stickstoff
Futtermittelfraktionen: Rohfaser, Rohprotein, Rohfett
Brennwert

© Fraunhofer UMSICHT
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Substratcharakterisierung bei Abfallvergärungsanlagen

Änderung der Zusammensetzung der Futtermittelparameter bei einer untersuchten BGA über einen Untersuchungszeitraum von 37 Wochen



© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ

Fraunhofer UMSICHT

Fazit der Substratcharakterisierung

- Abfallvergärungsanlagen müssen in der Regel mit einem **sehr großen Spektrum sehr heterogener Substrate** arbeiten, die saisonal anfallen. Mit entsprechender Vorbehandlung können trotzdem homogene Gärreste hergestellt werden.
- Die in der Literatur **verfügbaren Substratcharakteristika lassen eine zuverlässige Auslegung** der Anlagen in der Regel **nicht zu**. Das berechnete Biogaspotenzial schwankt saisonabhängig um bis zu 40%.
- Der **Substratkatalog sollte** erweitert und **zur Auslegung von Abfallanlagen genutzt werden.**
- Aufgrund der heterogenen Substrate sind **flexible und ausreichend dimensionierte Vorlagevolumina** zu empfehlen.

© Fraunhofer UMSICHT
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Spurengasanalytik - betrachtete Stoffgruppen

Siliciumorganische Verbindungen (Siloxane)

Kosmetika, Seifen und Waschmittel, Entschäumerformulierungen, Hydraulikflüssigkeit, Formtrennmittel, Flotationsprozesse

Terpene

Pflanzen, ätherische Ölen, die aus Blüten, Blättern, Früchten, Rinden und Wurzeln gewonnen werden. Technisch relevante Terpene sind u.a. Limonen, Pinen und Camphen. Terpene werden durch Biosynthese in Pflanzen, Archaeen, Hefen, Algen, Tieren und im menschlichen Körper gebildet

Schwefelverbindungen

Pflanzen, Gülle, organische Abfälle

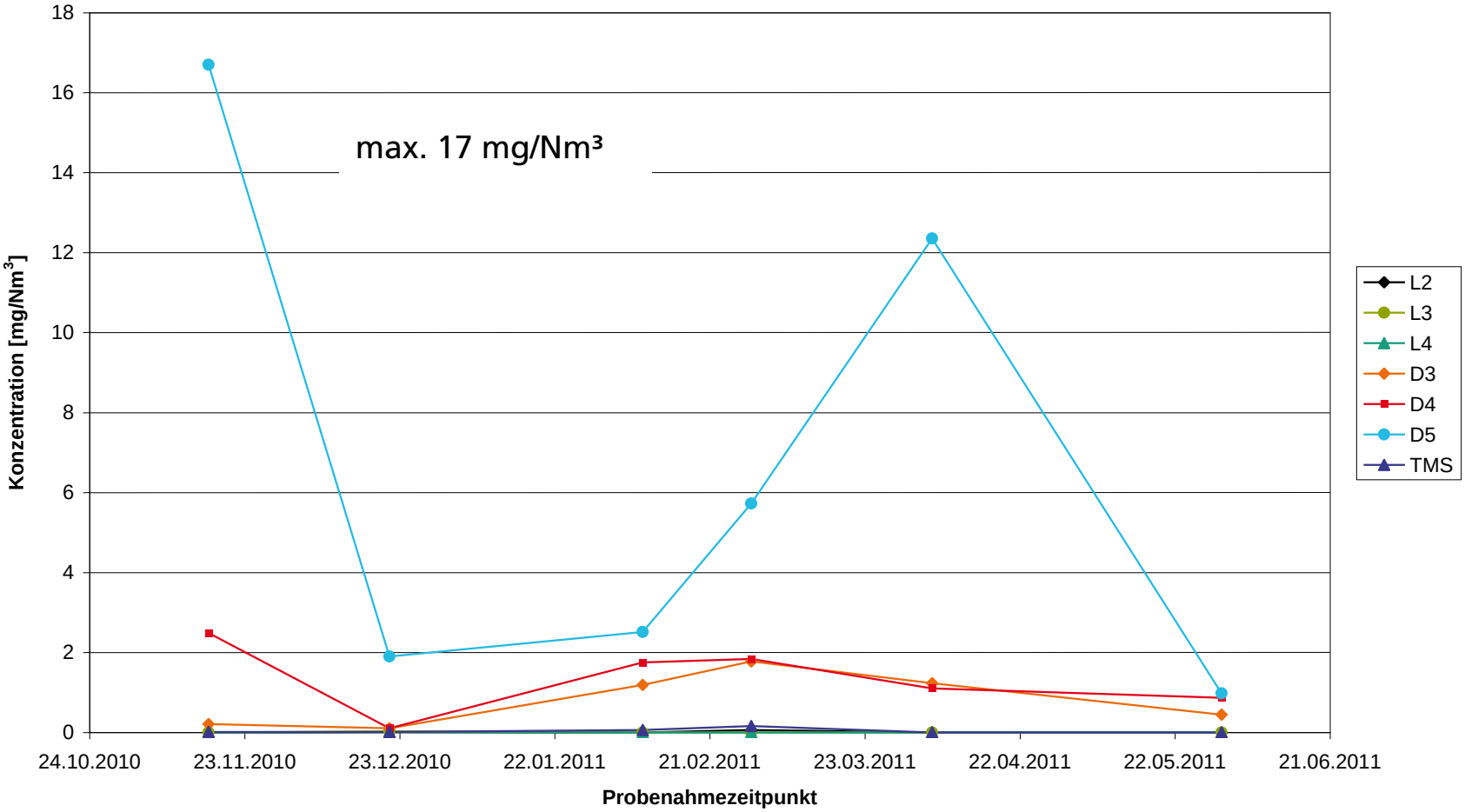
Ester

Ester sind Reaktionsprodukte von Carbonsäuren und Alkoholen. Die Ester kurz- bis mittelkettiger Carbonsäuren und Alkohole werden auch als Fruchtester bezeichnet, da sie **Bestandteile von Fruchtaromen** sind. Es sind über 400 Fruchtester bekannt.

© Fraunhofer UMSICHT
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Spurengasanalytik

Siliciumorganische Verbindungen



© Fraunhofer UMSICHT

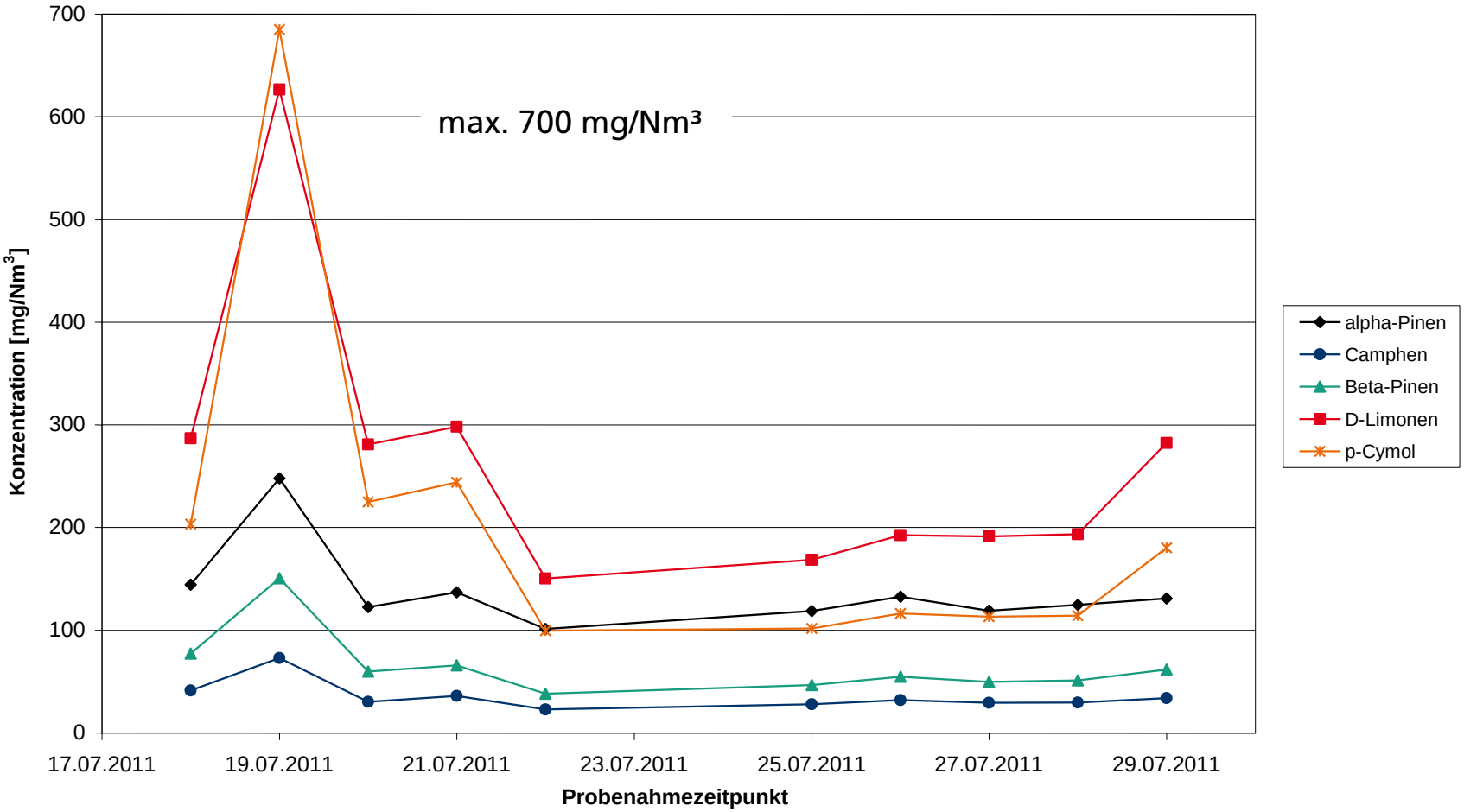
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ

Fraunhofer UMSICHT

Spurengasanalytik

Terpene



© Fraunhofer UMSICHT

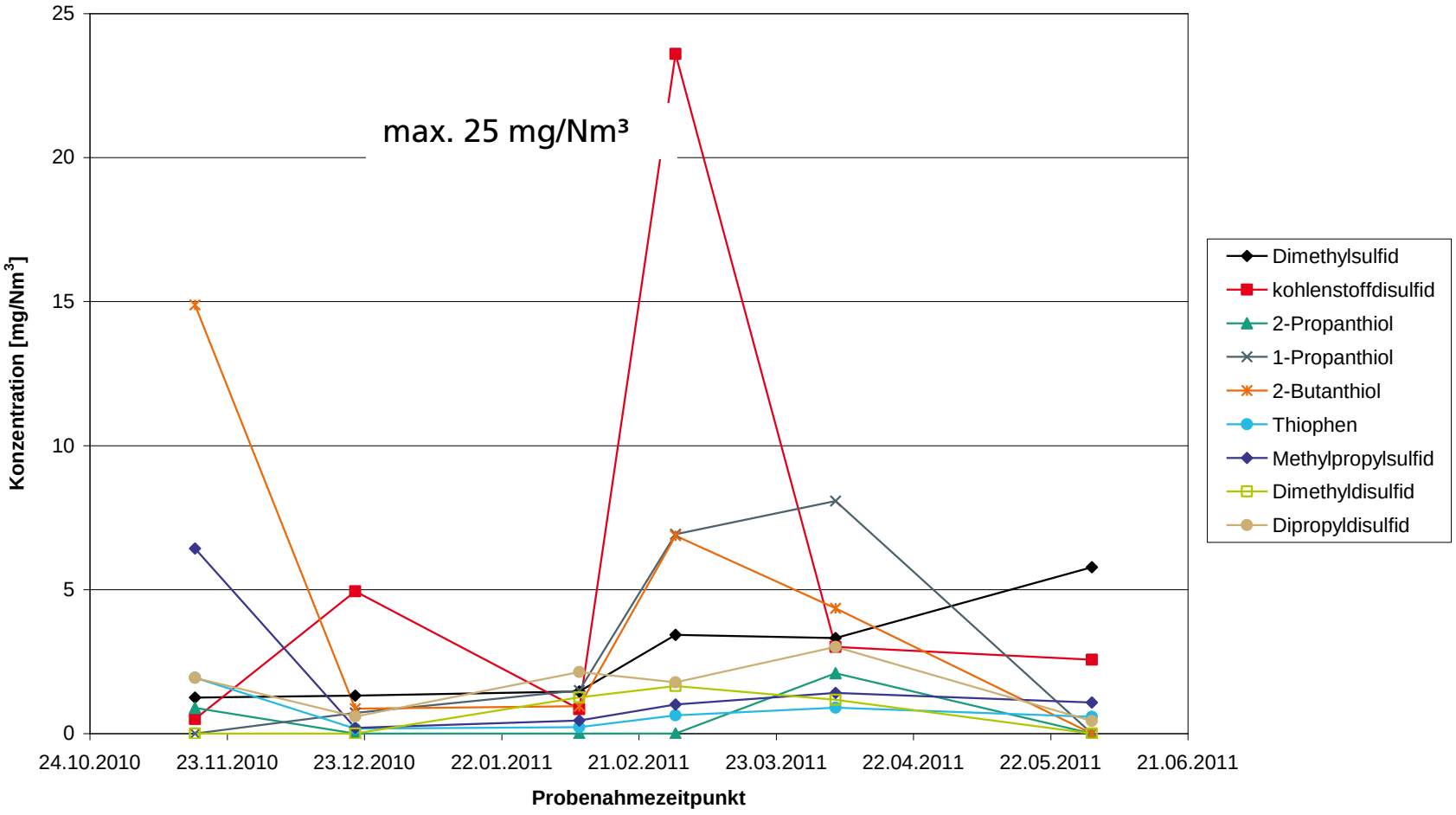
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ

Fraunhofer UMSICHT

Spurengasanalytik

Schwefelverbindungen

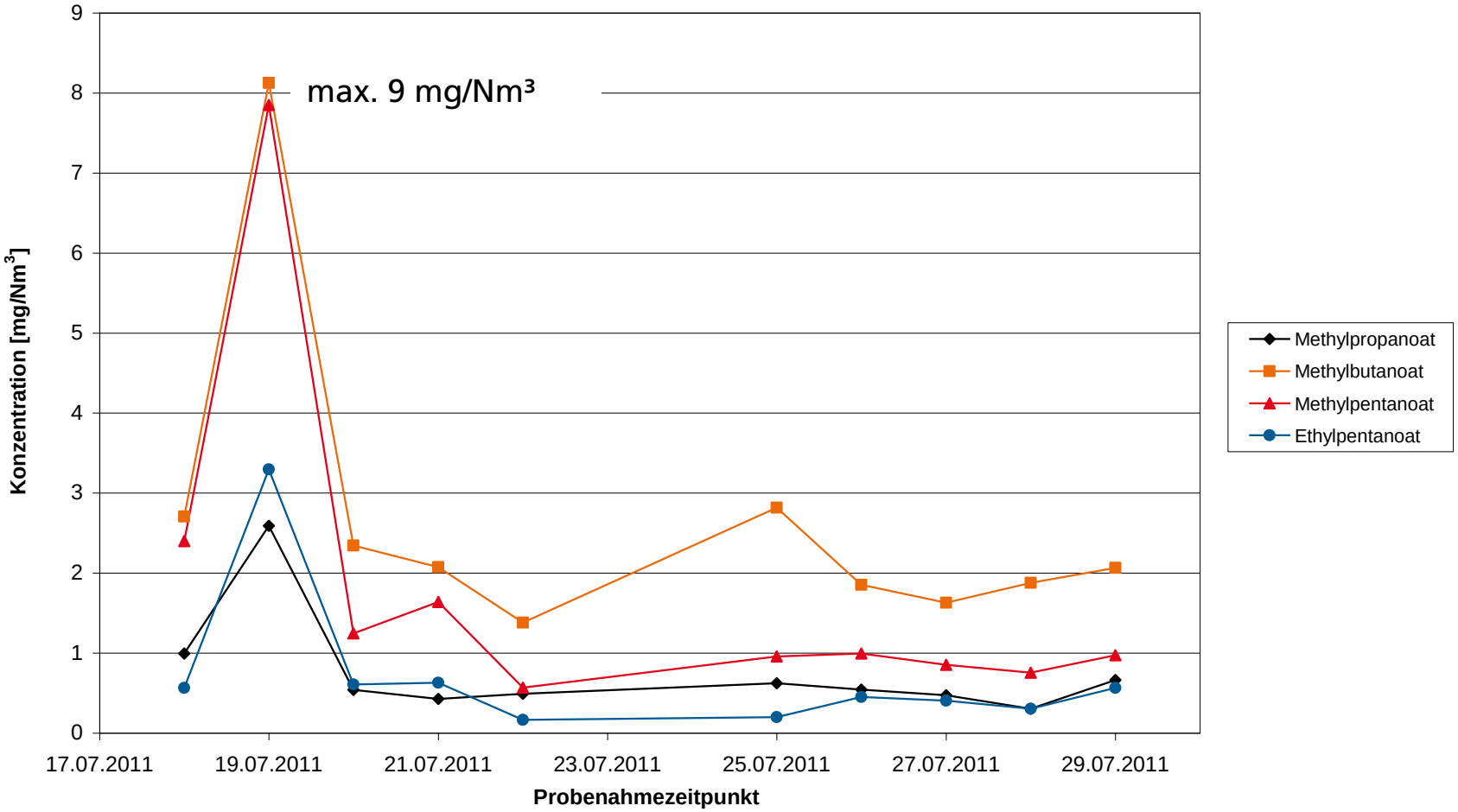


© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit
DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Spurengasanalytik

Ester



© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit
DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Spurengasanalytik - betrachtete Stoffgruppen

Aromaten

Mit Ausnahme von o-Cymol sind BTXE-Aromaten **keine natürlichen Bestandteile der eingesetzten Substrate**, sie werden aber in vielen Bereichen bspw. als **Lösemittel oder Industriechemikalien** eingesetzt, so dass sie möglicherweise als Verunreinigungen der verwendeten Substrate in den Fermenter gelangen können. Aromatische Verbindungen **werden auch während des anaeroben Prozesses über den Abbau von Lignin produziert.**

Furane

Furan kann in **Lebensmittel** durch Erhitzungsprozesse gebildet werden. Das Furan-Strukturelement ist deshalb in vielen aromawirksamen Komponenten enthalten, z. B. **erhitztem Fleisch und Brot**. Es wird angenommen, dass Furan thermisch aus Aminosäuren bzw. Kohlenhydraten im Rahmen der Maillard-Reaktion oder durch Oxidation mehrfach ungesättigter Fettsäuren gebildet wird.

Ketone und Alkohole

Ketone und Alkohole **können während der anaeroben Fermentation der Biomasse als Produkte entstehen**. Das Bakterium Clostridium acetobutylicum verfügt bspw. über die Fähigkeit, durch Vergärung von Kohlenhydraten Aceton und Butanol zu produzieren.

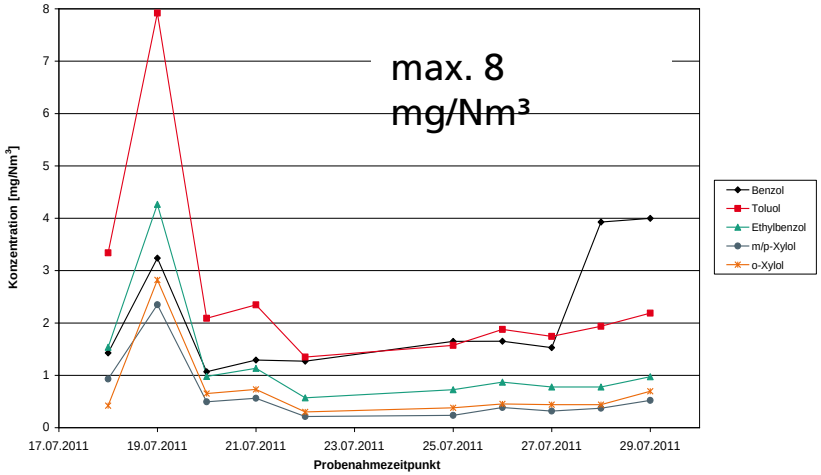
Alkane

Längerkettige Alkane wie n-Nonan oder n-Tetradecan kommen als **Bestandteile von Ölen oder als Inhaltstoffe von Früchten vor.**

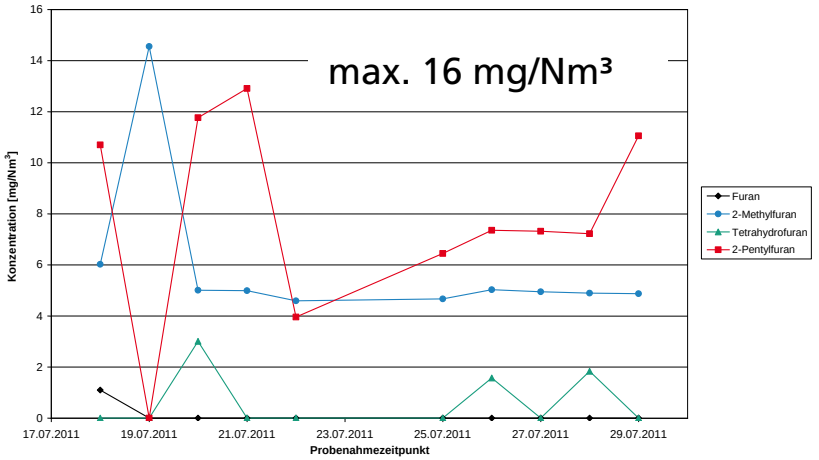
© Fraunhofer UMSICHT
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Spurengasanalytik

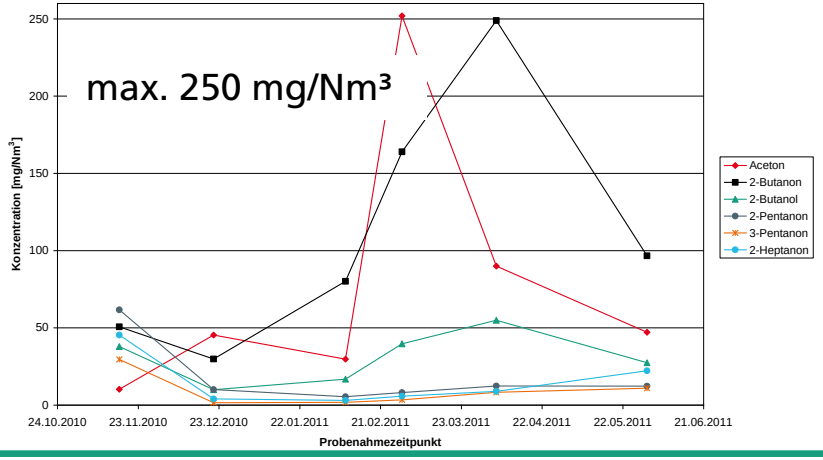
Aromaten



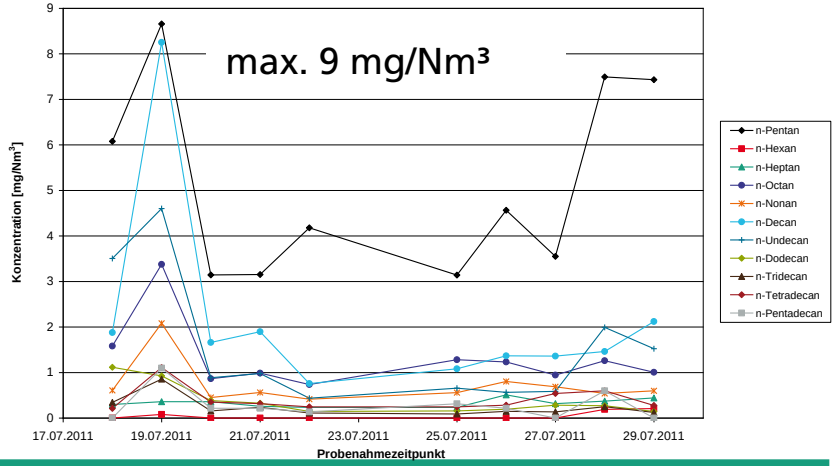
Furane



Ketone/Alkohole



Alkane



© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit
DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Fazit der Spurengasanalytik

- In den Gasen **aller Anlagen** wurden silizumorganische Verbindungen, Terpene, Aromaten, Furane, Ketone, Alkane, Ester und Schwefelverbindungen gefunden.
- **Alle Konzentrationen zeigen deutliche Fluktuationen**
- Roh-Biogase zeigten zum Teil **relativ hohe Konzentrationen für organische Siliciumverbindungen als (>10 mg Si/Nm³ CH_4).**
- Siliciumorganische Verbindungen führen zu Ablagerungen in Motoren und anderen Geräteteilen und daher zu einem hohen Verschleiß an Anlagenteilen. **Eine Entfernung aus dem Roh-Biogas ist daher empfehlenswert**.
- Aufgrund der **Fluktationen und konkurrierender Adsorption** der Spurengase ist eine **sorgfältige Auslegung der Gasreinigung** erforderlich

© Fraunhofer UMSICHT
Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
In Zusammenarbeit mit DBFZ
Fraunhofer UMSICHT

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Foto: photocase.de

Kontakt Fraunhofer UMSICHT

Joachim Krassowski

Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT

Osterfelder Str. 3, 46047 Oberhausen

Tel.: +49 (0)208 8598-1162

Fax : +49 (0)6208 8598-1424

E-Mail: joachim.krassowski@umsicht.fraunhofer.de

Kontakt DBFZ

Elmar Fischer

DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH

Torgauer Straße 116, 04347 Leipzig

Tel.: +49 (0)341 2434-452

Fax : +49 (0)341 2434-133

E-Mail: info@dbfz.de

© Fraunhofer UMSICHT

Gefördert durch Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

In Zusammenarbeit mit DBFZ