



Fachbereich



Energie
Gebäude
Umwelt

Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung einer dezentralen Brennerei

-

Zwischenergebnisse

Prof. Dr.-Ing.
Christof Wetter

Dipl.-Ing.
Elmar Brüggling, M.Sc.

B.Eng.
Daniel Baumkötter

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

Gliederung

- 1 Einleitung
- 2 Vorbehandlung
- 3 Hydrolyse
- 4 Fermentation
- 5 CO₂-neutrale Prozessenergie
- 6 Ausblick
- 7 Fazit



Fachbereich



Energie
Gebäude
Umwelt

Prof. Dr.-Ing.
Christof Wetter

Dipl.-Ing.
Elmar Brüggling, M.Sc.

B.Eng.
Daniel Baumkötter

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt



1 Einleitung

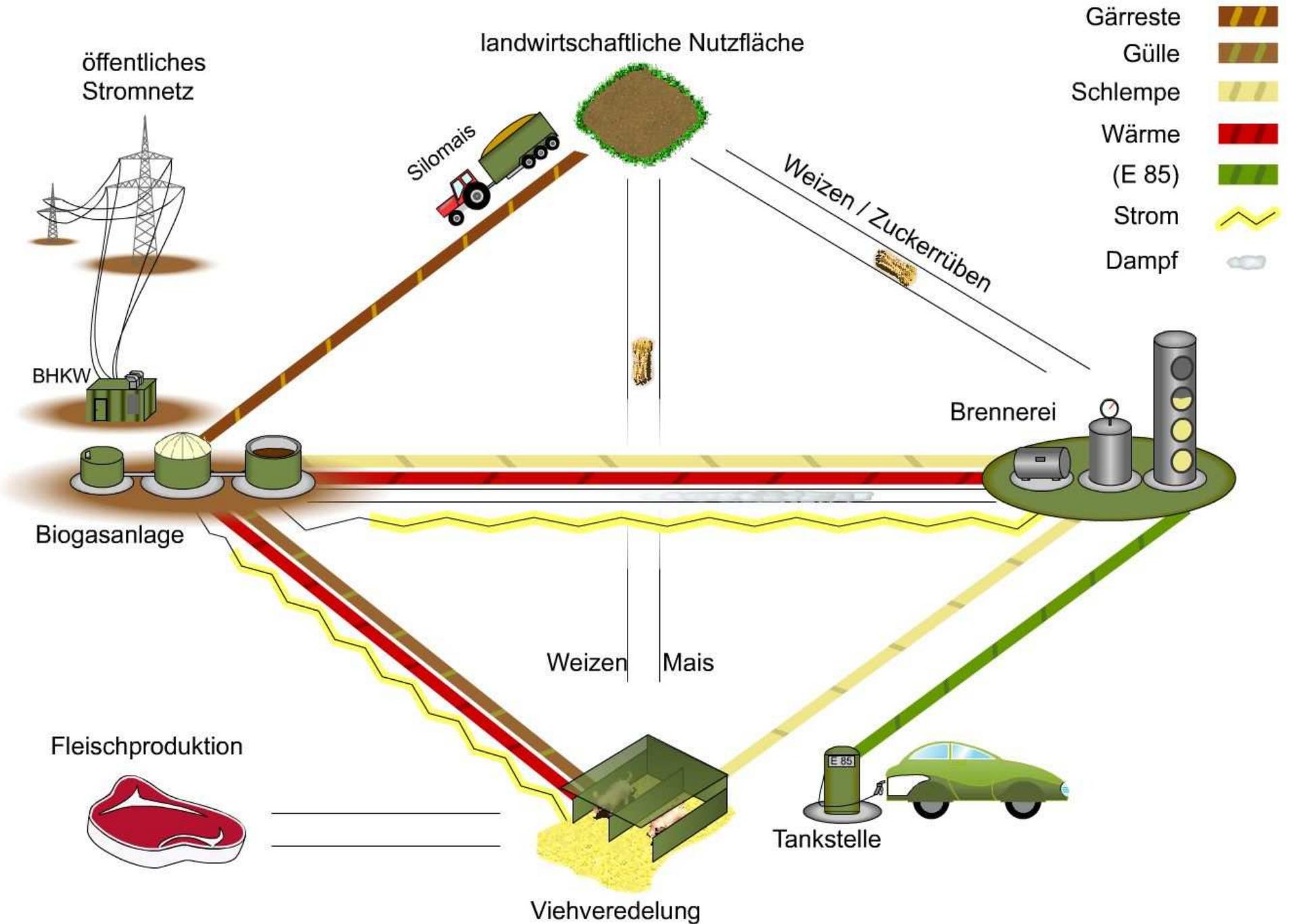
Zwischenergebnisse aus 2 F&E-Projekten:

- „Optimierung der regionalen Bioalkoholherstellung aus biogenen Reststoffen – RE₂ALKO“
 - Kooperationsprojekt mit der Goethe-Universität Frankfurt (Prof. Dr. Boles) und der Universität Hohenheim (PD Dr. Senn)
 - Zusammenarbeit von Hefe-, Anlagen-, Verfahrens-, und Energietechnik in einem Projekt
 - Umstellung der Rohstoffbasis auf biogene Rest- und Abfallstoffe
 - Erstellung eines belastbaren Konzeptes zur schrittweisen Umwandlung dezentraler Bioethanolanlagen in Anlagen zur Vergärung von regionalen Rest- und Abfallstoffen aus landwirtschaftlichen Betrieben
 - Planung einer automatisierten Pilotanlage
 - Evaluierung der Produktion von Biobutanol

1 Einleitung



- „CO₂-neutrale Dampferzeugung zur Bioethanolproduktion“
 - Reduzierung der CO₂-Emissionen für eine weitestgehende CO₂-neutrale Bioethanolproduktion
 - Nutzung der thermischen Energie des Abgaswärmestromes von mit Biogas betriebenen BHKW in einem Abhitzedampferzeuger
 - Optimierung sowie ökologische und wirtschaftliche Bewertung der CO₂-neutralen Dampfproduktion
- Hintergrund:
 - Ungenügende Klimabilanz der heutigen Bioethanolproduktion
 - Diskussion über energetische Nutzung von Nahrungsmittel



2 Vorbehandlung



- Erste Versuche wurden mit Stroh, Heu, Grassilage und Maissilage durchgeführt
- Vorbehandlung:
 - Mechanische Zerkleinerung (Prallreaktor)
 - Dämpfen des Materials
 - Kein Einsatz starker Säuren

Prof. Dr.-Ing.
Christof Wetter

Dipl.-Ing.
Elmar Brüggling, M.Sc.

B.Eng.
Daniel Baumkötter

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt



Fachbereich



Energie
Gebäude
Umwelt

Prof. Dr.-Ing.
Christof Wetter

Dipl.-Ing.
Elmar Brüggling, M.Sc.

B.Eng.
Daniel Baumkötter

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt



- Erste Versuch
- Maissilage o
- Vorbehandl
- Mechanis
- Dämpfen o
- Kein Einsa

2 Vorbehandlung



Stroh: 8 mm Siebdurchmesser



Stroh: 2 mm Siebdurchmesser



2 Vorbehandlung



Heu: 8 mm Siebdurchmesser

2 Vorbehandlung



Grassilage: 10 mm Siebdurchmesser

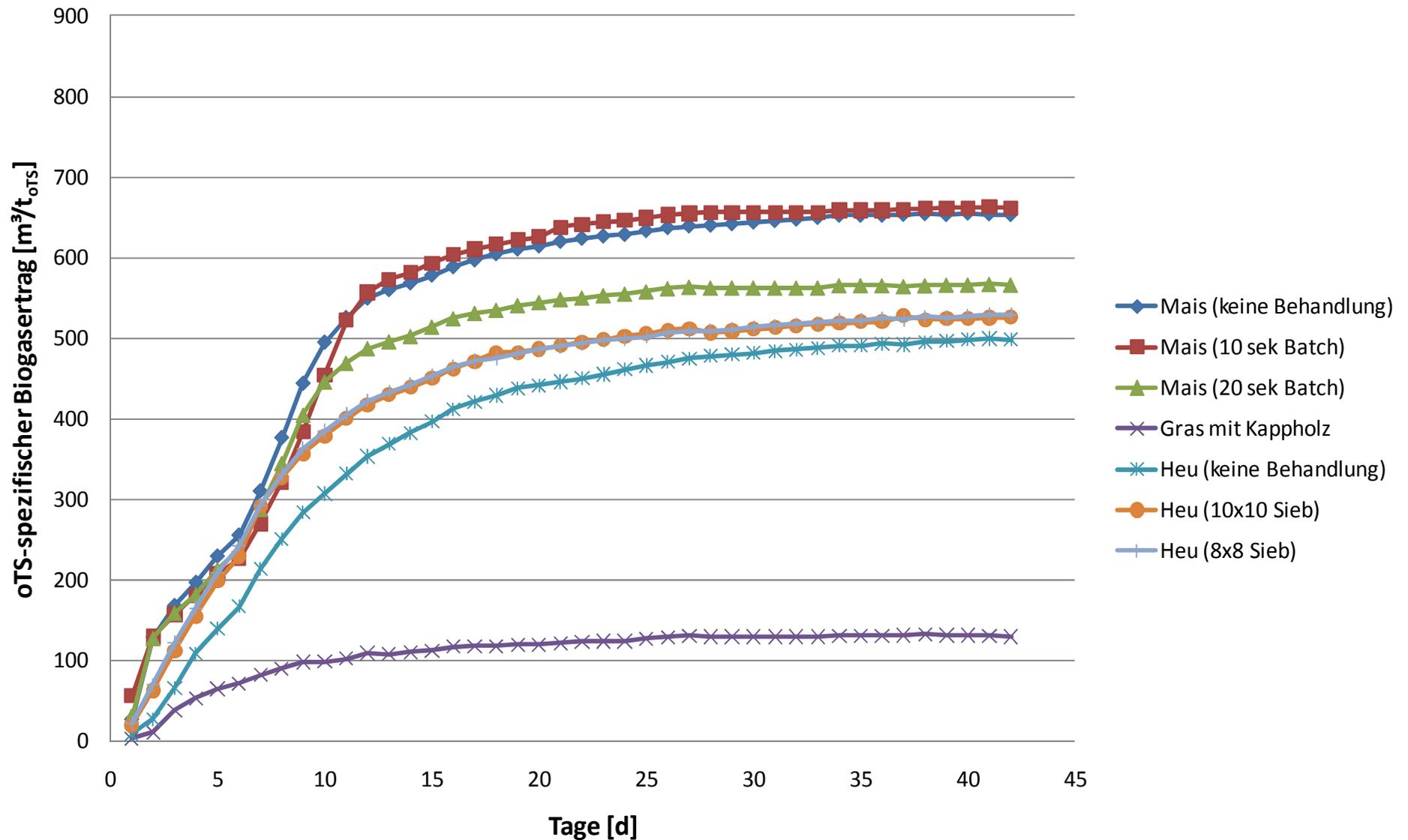
2 Vorbehandlung



Maissilage: 10 mm Siebdurchmesser

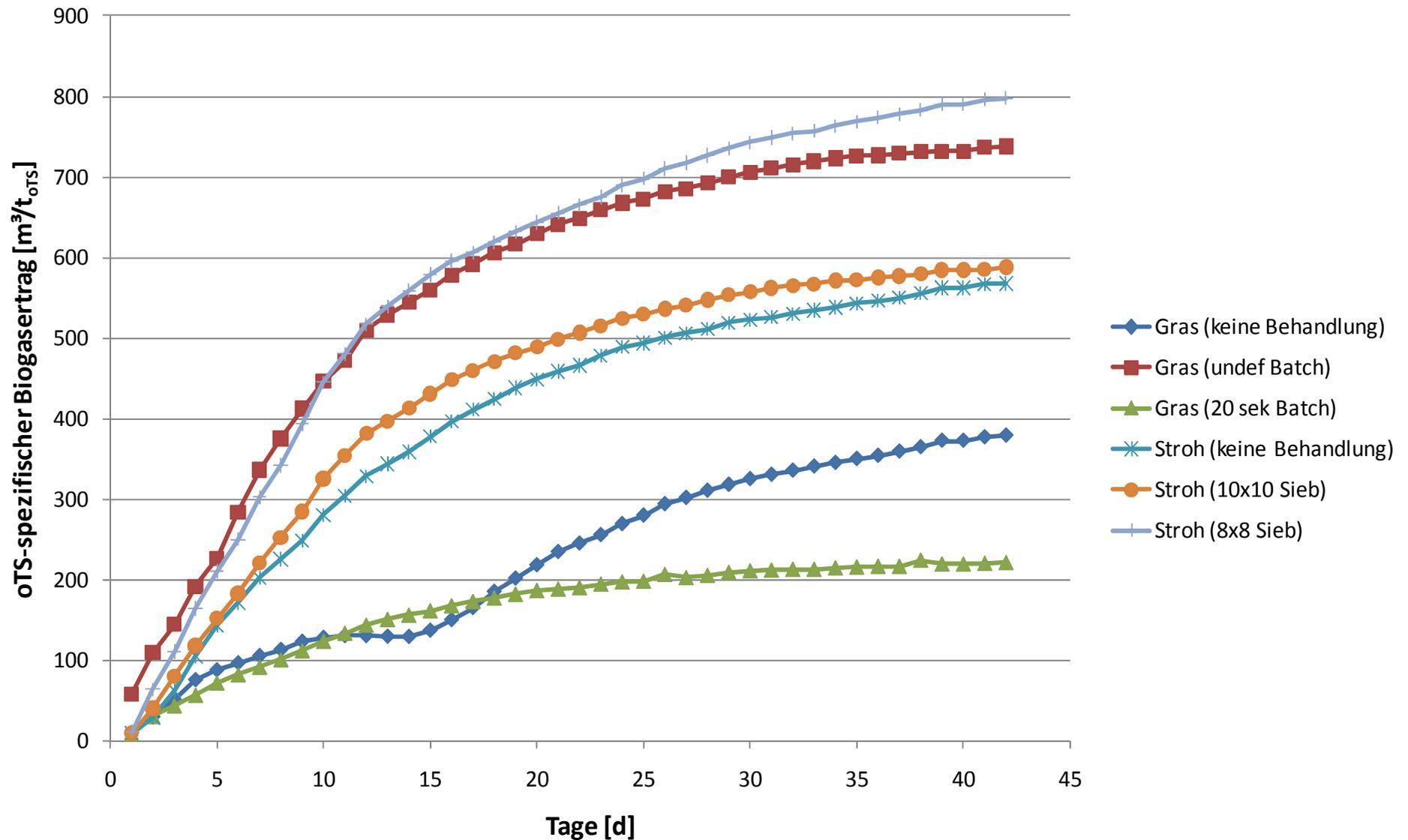
2. Vorbehandlung

oTS-spezifischer Biogasertrag



2. Vorbehandlung

oTS-spezifischer Biogasertrag





3 Hydrolyse

- Optimierung der enzymatischen Hydrolyse unter Einsatz neuer Enzymmischungen
- Cellulosehaltige Maischen mit einem Trockensubstanzgehalt bis zu 28 % können bereits in fermentierbare Zucker abgebaut werden
- In weniger als drei Tagen werden 80 % der Cellulose in Glucose abgebaut (Maissilage)
- Eingesetzte Enzymsysteme:

Rohstoff	Amylasen	C ₁ -&C _x -Cellulasen	B-Glucosidase	Xylanasen
Maissilage	x	x	x	x
Stroh		x	x	x
Heu		x	x	x
Grassilage		x	x	x



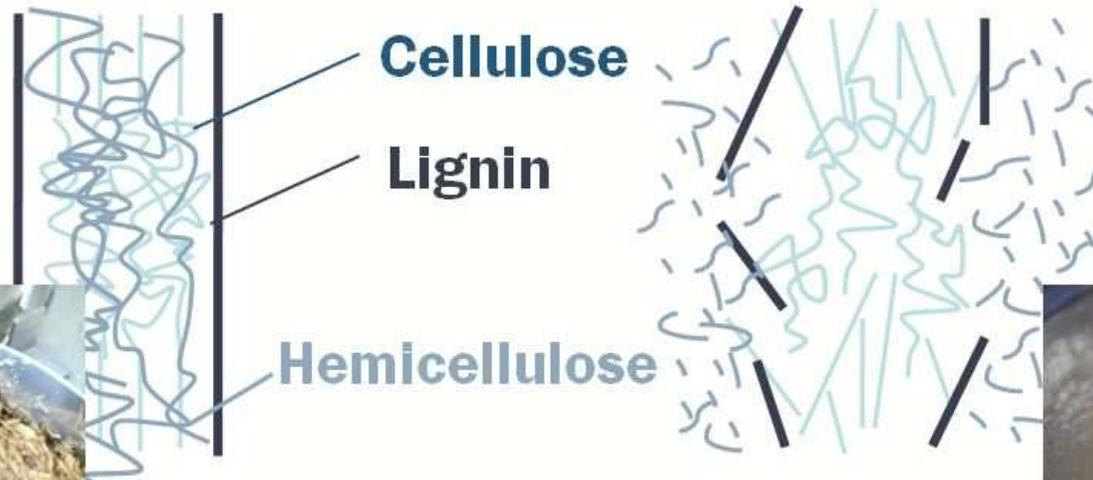
3 Hydrolyse

- Menge an Enzymen: ca. 100 – 200 g/tTS
- Prinzipielle Verfahrensbedingungen der Ethanolherstellung aus Cellulose auf 100 kg Rohstoff-TS bezogen:

Rohstoff	Glucangehalt [%]	Pentosegehalt [%]	Theoretische Ethanolausbeute [LA/100 kg TS]	Möglicher TS-Gehalt im Prozess [%]	Ethanol in der Maische [Vol.-%]
Maissilage	30-50	15-20	30,5-47,0	29 (22)	8,8-13,6 (6,7-10,3)
Stroh	32	21	31	15	4,7
Grassilage	25	21	28,5	10	2,85
Heu	sehr breite Streuung, je nach Schnittzeitpunkt und -häufigkeit				



3 Hydrolyse



**Weizenstroh mit 10 %
Trockensubstanzgehalt
vor der Hydrolyse**



**Hydrolysiertes Stroh
im Fermenter nach
48 Stunden**



Heu gedämpft 18,5 % TS (Ansatz)



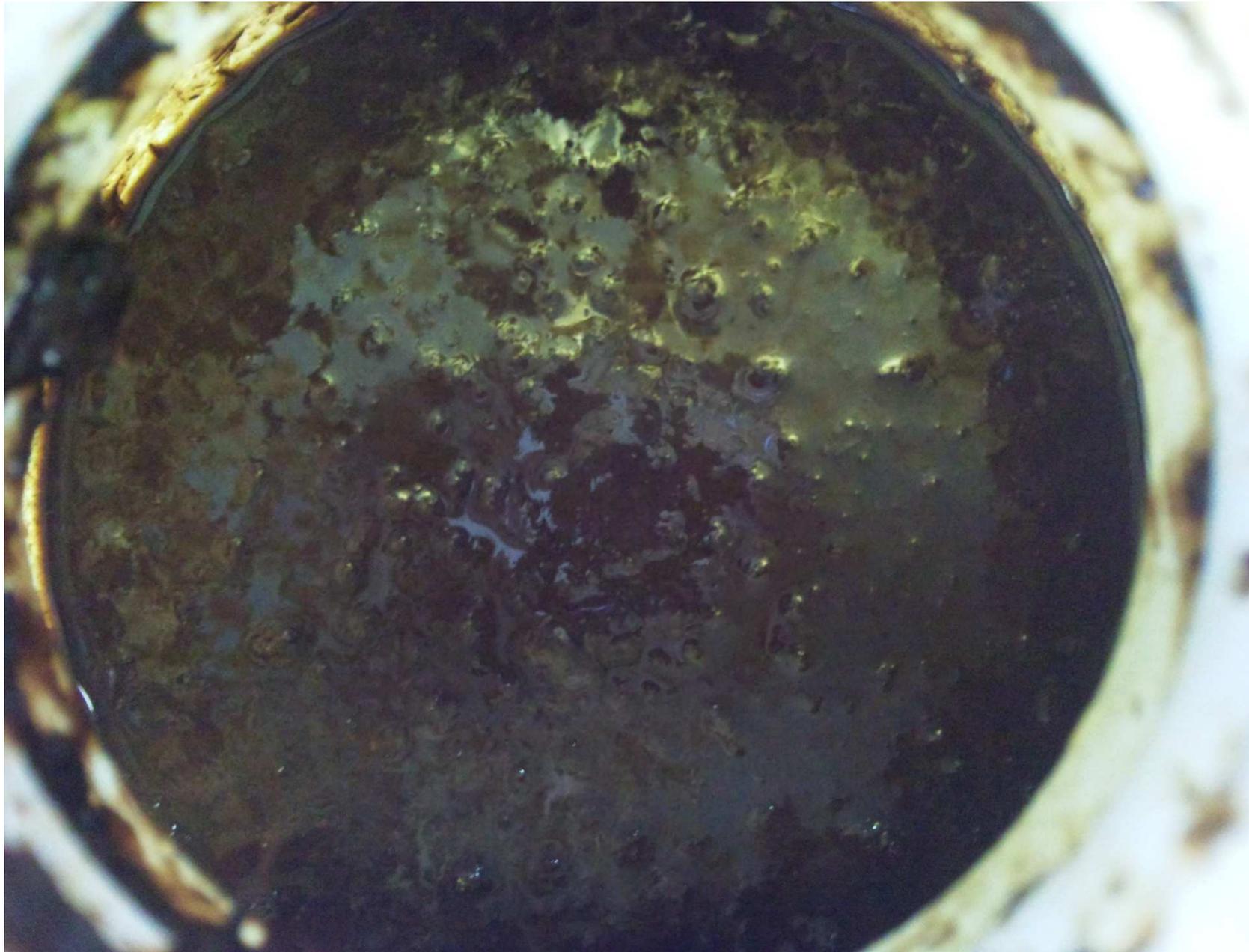
Heu gedämpft 18,5 % TS (Tag 3)



Heu gedämpft 18,5 % TS (Tag 5)



Maissilage 21,5 % TS (Ansatz)



University of
Applied Sciences



Fachbereich



Energie
Gebäude
Umwelt

Prof. Dr.-Ing.
Christof Wetter

Dipl.-Ing.
r Brüggling, M.Sc.

B.Eng.
aniel Baumkötter

gerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

Maissilage 21,5 % TS (Tag 2)



Maissilage 21,5 % TS (Tag 3)



Maissilage 21,5 % TS + Stroh 23,1 %TS (Ansatz)



Maissilage 21,5 % TS + Stroh 23,1 %TS (Tag 1)



Maissilage 21,5 % TS + Stroh 23,1 %TS (Tag 2)



Maissilage 21,5 % TS + Stroh 23,1 %TS (Tag 5)

4 Fermentation



Fachbereich



Energie
Gebäude
Umwelt

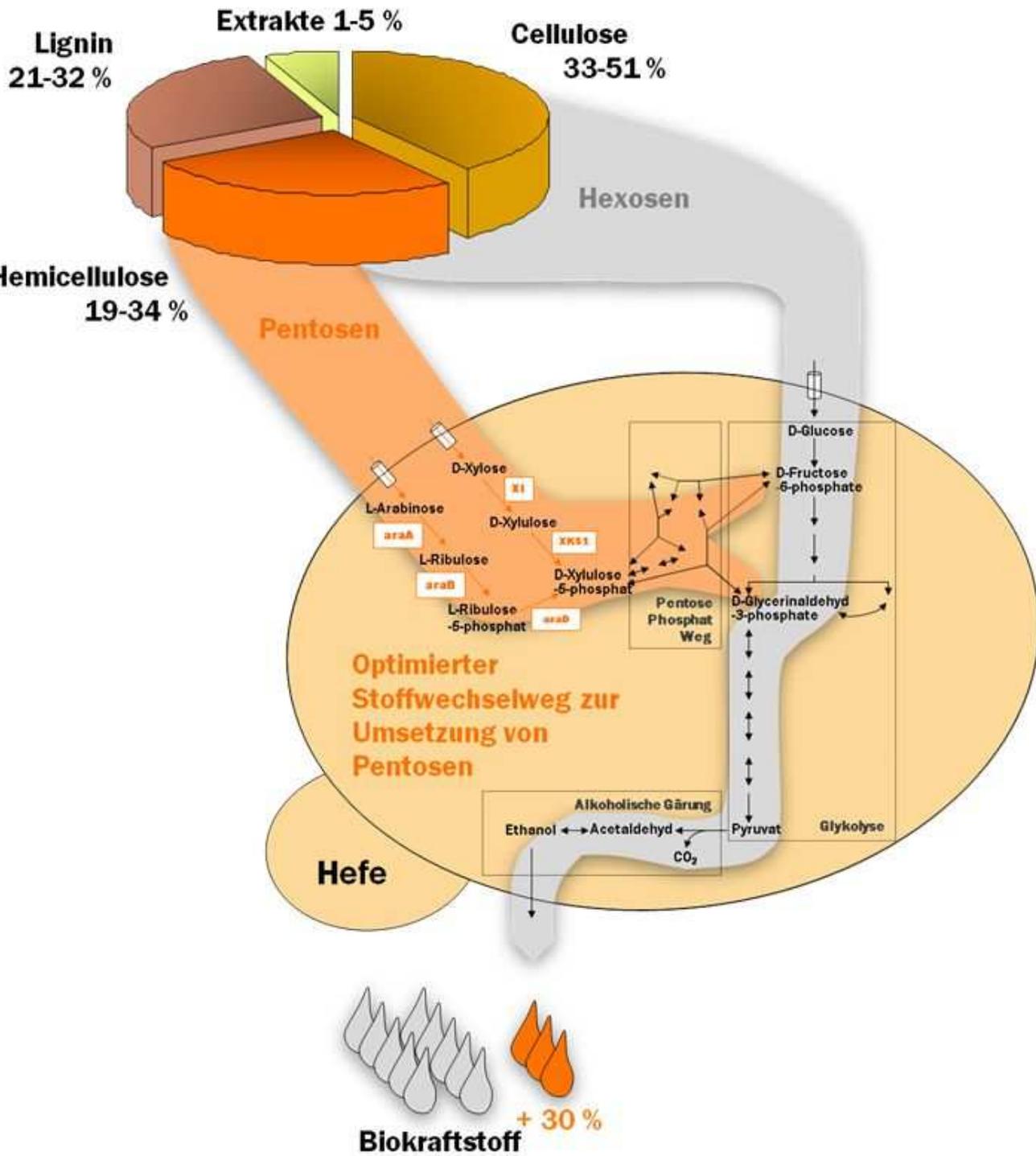
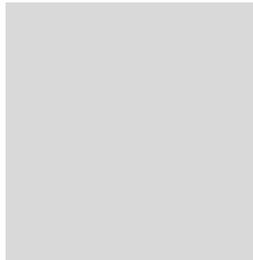
- Entwicklung von Strategien zum Pentosenabbau
- Mit der Umsetzung von Pentosen (5-fach Zucker) aus biogenen Reststoffen kann die Ausbeute an Bioethanol um bis zu 30 % gesteigert werden
- Der optimierte Stoffwechselweg zur Umsetzung von Pentosen kann in beliebige Industriehefen eingebracht werden
- In einer ersten Fermentation konnten die Hefen dadurch effektiv die Pentosen zu Biokraftstoff umsetzen

Prof. Dr.-Ing.
Christof Wetter

Dipl.-Ing.
Elmar Brüggling, M.Sc.

B.Eng.
Daniel Baumkötter

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt



- Entw
- Mit c
- Der c
- In eir



5 CO₂-neutrale Prozessenergie



- Dampfbereitstellung durch Nutzung der thermischen Energie des Abgaswärmestromes von mit Biogas betriebenen Blockheizkraftwerken in einem Abhitzedampferzeuger
- Nutzung der Abwärme für den Prozess
- Daten Dampferzeuger
 - 348 kW_{th}, 470 kg/h Dampf, 6 bar_ü, 165 °C
 - ca. 50 % der thermischen Leistung der BHKW (340 und 250 kW_{el}) steht für die Dampfproduktion zur Verfügung
 - Bei fehlender Dampfabnahme → Wärmetauscher



5 CO₂-neutrale Prozessenergie



Optimierungsmaßnahmen:

- Einbau der Umkehrosmose
 - Verringerung der elektrischen Leitfähigkeit im Speisewasser von 1.030 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf 13 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- Einbau von Siebblechen im Zu- und Ablauf des Rieselentgasers: → Steigerung der Effizienz
- Optimierung der Steuerung des Dampferzeugers:
 - Beschickung mit Speisewasser in kleineren und kürzeren Intervallen
 - Bisher: 40 – 60 % Füllstand
 - Jetzt: 57 – 60 % Füllstand
 - Parameter für Absalzung wurden niedriger gesetzt
 - Bisher: 3.000 – 3.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$
 - Jetzt: 700 – 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

5 CO

Optimierungs

- Einbau der
 - Verringerung von 1.030
- Einbau von Rieselentgas
- Optimierung
 - Beschickungsintervallen
 - Bisher
 - Jetzt:
 - Parameter
 - Bisher
 - Jetzt:



5 CO₂-neutrale Prozessenergie



- Auswirkungen auf Wasser- und Energieverluste über die Absalzung
 - Vorher:
ca. 26 % der Dampfleistung, entspricht 123 kg/h Dampf
 - Nachher:
ca. 0,5 % der Dampfleistung, entspricht 2,5 kg/h Dampf

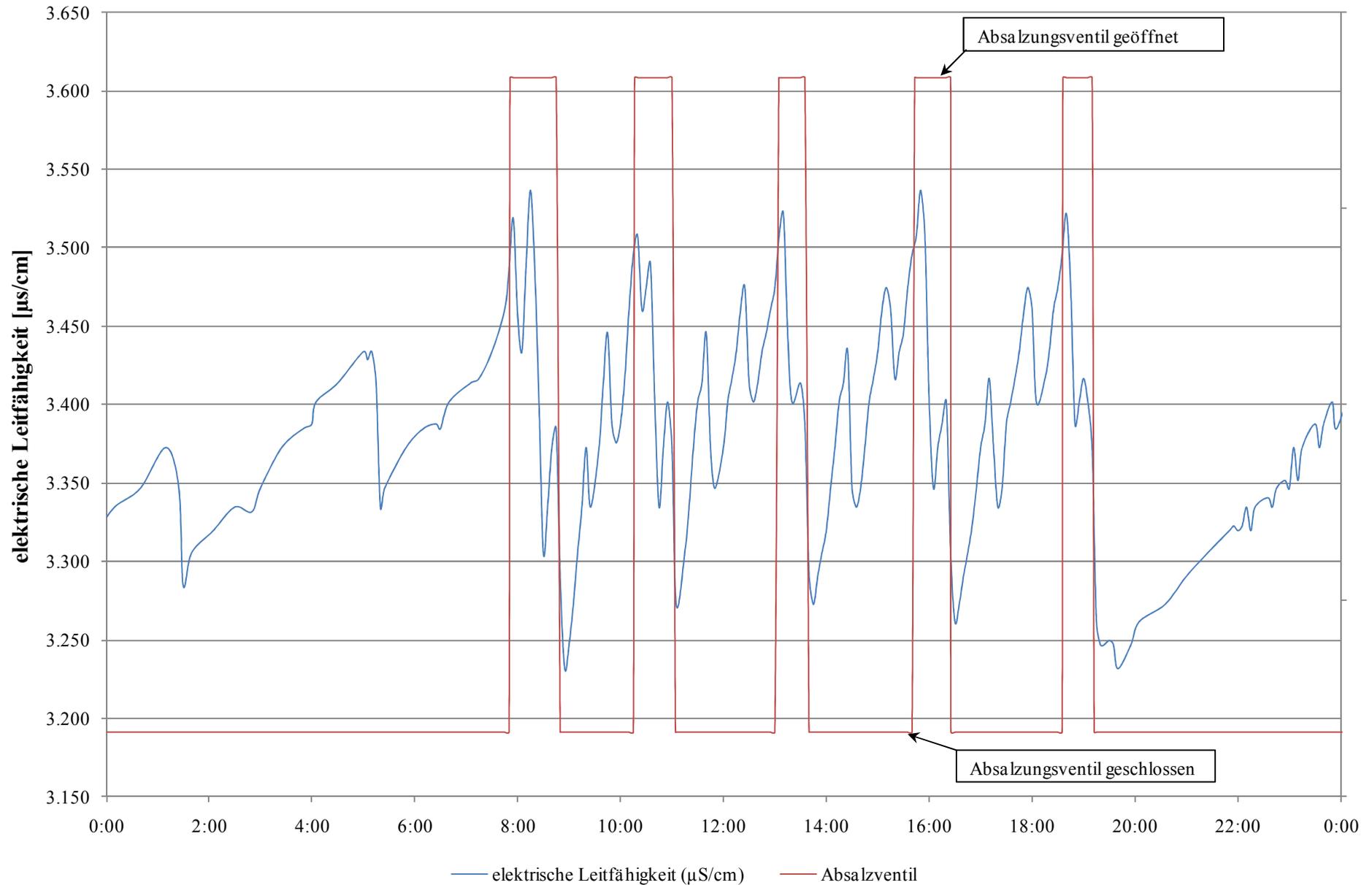
Prof. Dr.-Ing.
Christof Wetter

Dipl.-Ing.
Elmar Brüggling, M.Sc.

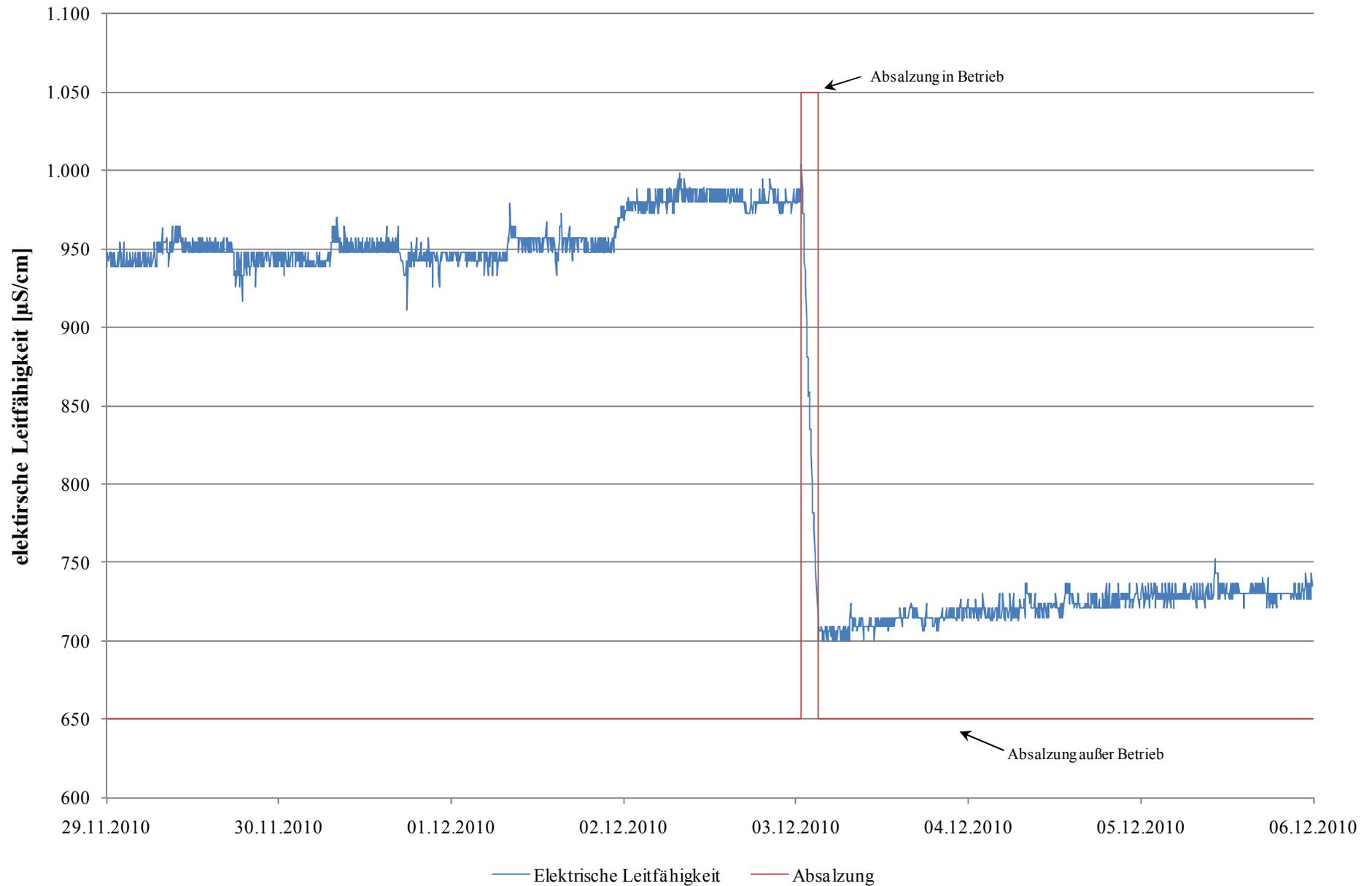
B.Eng.
Daniel Baumkötter

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

5 CO₂ neutrale Prozessenergie



5 CO₂ neutrale Prozessenergie



5 CO₂-neutrale Prozessenergie



Fachbereich



Energie
Gebäude
Umwelt

- Auswirkungen auf den Heizölverbrauch:
 - Einbau Dampferzeuger: von 19 l/hl auf ca. 5 l/hl
 - Einbau Umkehrosmose: um ca. 50 % auf ca. 2,5 l/hl
 - Optimierung Steuerung: < 2 l/hl
 - Bereits mehrere Tage in Folge ohne Heizöl gebrannt!

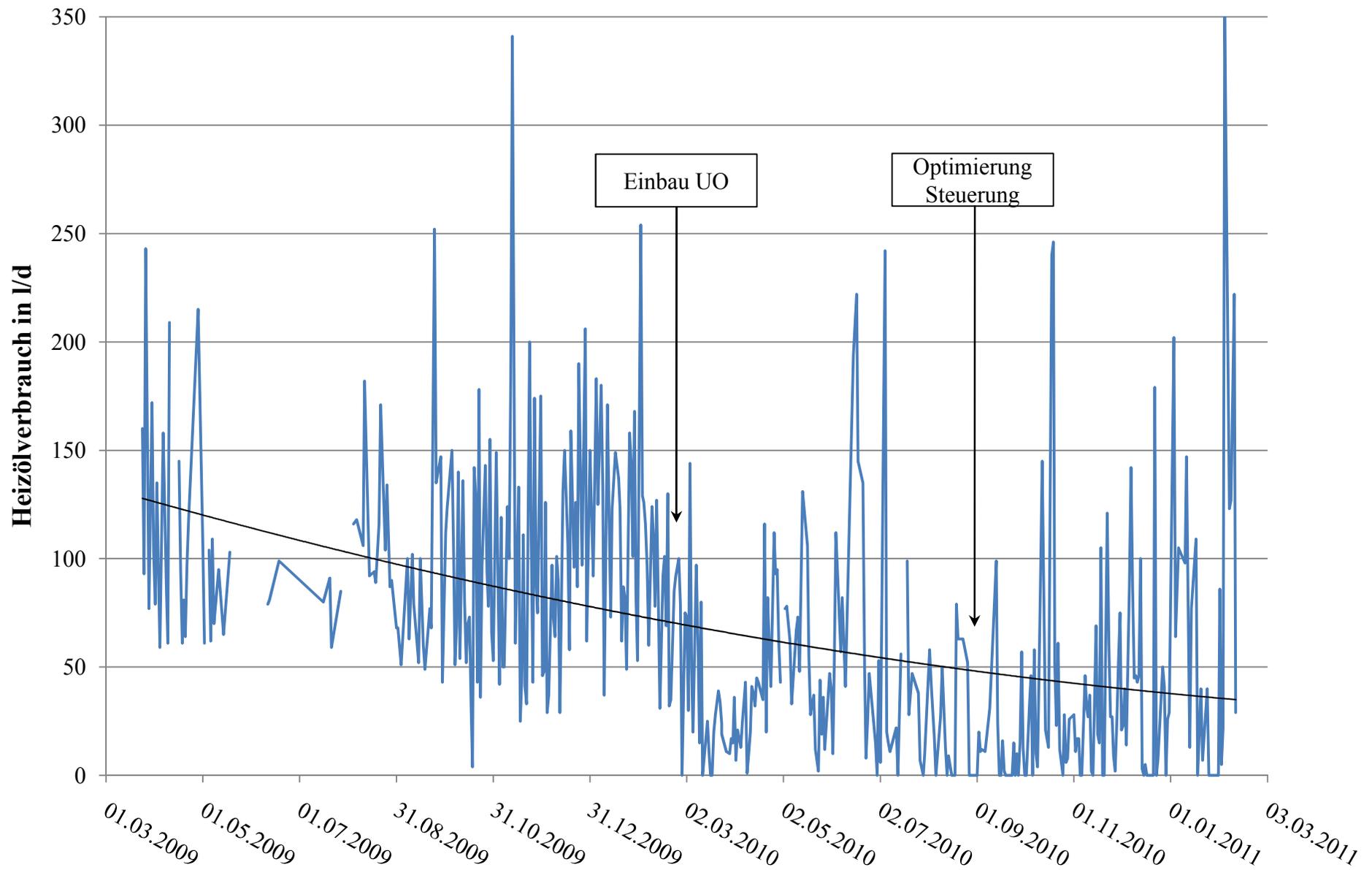
Prof. Dr.-Ing.
Christof Wetter

Dipl.-Ing.
Elmar Brüggling, M.Sc.

B.Eng.
Daniel Baumkötter

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

5 CO₂-neutrale Prozessenergie





Fachbereich



Energie
Gebäude
Umwelt

Prof. Dr.-Ing.
Christof Wetter

Dipl.-Ing.
Elmar Brüggling, M.Sc.

B.Eng.
Daniel Baumkötter

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

6 Ausblick

- Optimierte Produktion von Lignocellulose-Ethanol/Butanol aus Rest- und Abfallstoffen
- Vergleichsweise hohes Treibhausgasverminderungspotenzial und Ersatz fossiler Energieträger
→ nachhaltige und klimafreundliche Produktion von Bioethanol
- Schließung regionaler Stoff-, Energie- und Finanzströme
- Implementierung der gewonnenen Erkenntnisse in eine bestehende dezentrale gekoppelte Bioethanol-/Biogasanlage



Fachbereich



Energie
Gebäude
Umwelt

Prof. Dr.-Ing.
Christof Wetter

Dipl.-Ing.
Elmar Brüggling, M.Sc.

B.Eng.
Daniel Baumkötter

Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

7 Fazit

- Bis heute ist es nicht gelungen, einen wirtschaftlich und energetisch konkurrenzfähigen Prozess zur Bereitstellung des Biokraftstoffs Ethanol aus lignocellulosehaltigen Materialien zu entwickeln
- Ganzheitliches Projekt durch die Zusammenführung von an unterschiedlichen Stellen gemachten Fortschritten
- Einzigartige Verknüpfung zwischen Konzeptentwicklung, Forschung und der praktischen Umsetzung durch die Unterstützung beteiligter Unternehmen
- Einmalige Option einer direkt anschließenden Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in einer landwirtschaftlichen Brennerei

Kontakt Daten



Prof. Dr. C. Wetter
(Projektkoordinator)
Dipl.-Ing. E. Brüggling M.Sc.
D. Baumkötter B.Eng.
Fachhochschule Münster
Stegerwaldstr. 39
48565 Steinfurt
Tel.: +49 (0) 2551 9-62725
Fax : +49 (0) 2551 9-62717
E-Mail: wetter@fh-
muenster.de



Prof. Dr. E. Boles
Dipl.-Ing. H. Dietz
Goethe-Universität
Frankfurt
Max-von-Laue-Str. 9
60438 Frankfurt
Tel.: +49 (0) 69 798-29513
E-Mail: e.boles@bio.uni-
frankfurt.de



PD Dr. T. Senn
Dipl.-Agr. Biol. M. Buck
Universität Hohenheim
Garbenstr. 23
70599 Stuttgart
Tel.: +49 (0) 711 459-23353
Fax : +49 (0) 711 459-23638
E-Mail: thomas.senn@uni-
hohenheim.de



Prof. Dr.-Ing.
Christof Wetter
Dipl.-Ing.
Elmar Brüggling, M.Sc.
B.Eng.
Daniel Baumkötter
Stegerwaldstraße 39
48565 Steinfurt

www.fh-muenster.de/egu/bioethanol