

# OptDigest-Schaum im Faulturm

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL

Abteilung 34 - Innovation, Forschung und Universität



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

Ripartizione 34 - Innovazione, Ricerca e Università

 **ATZWANGER**

**ARA**  
PUSTERTAL · PUSTERIA

**inewa**

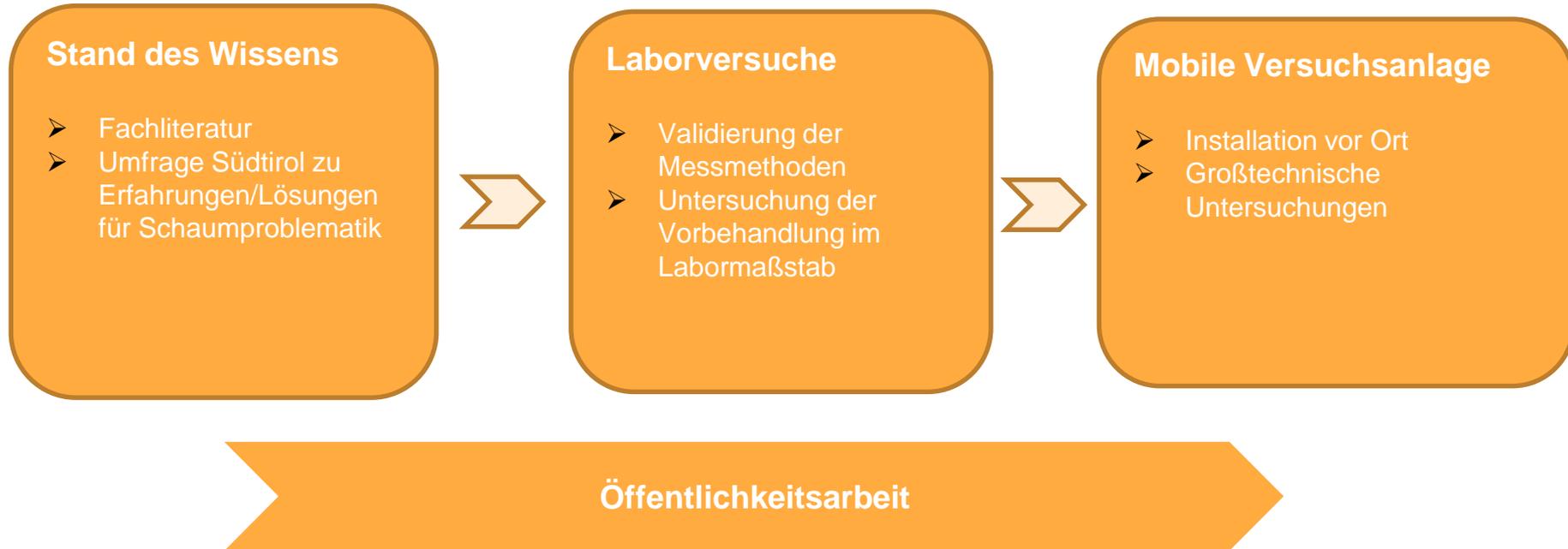
 **BioTreat**  
**GmbH**

 **STUGA**  
AUTOMATION SYSTEM

# Schaum Im Faulturm

- Überblick Projekt OptDigest
- Standes Wissens und Situation an den Kläranlagen
- Messung der Schaumbildung im Labor
- Ursachen und Einflüsse auf die Schaumbildung
- Thermische Vorbehandlung im Labor
- Vergärungsversuche im Labor
- Versuchsanlage an der ARA UP

# Projektstruktur



# Stand des Wissens Fachliteratur

- 2 Typen von Schäumen können unterschieden werden
- „Wahrer“ oder „richtiger“ Schaum (true foaming)
  - Separate Schaumkrone, so ähnlich wie im Bierglas
  - Diese Schäume werden vor allem durch die Bakterien *Microthrix parvicella* und *Gordonia (Nocardia) amarae* im Überschussschlamm verursacht
  - Auch Überlastung kann mögliche Ursache sein
  - Es gibt unterschiedlich stabile Schäume
- Zweite Form: „Rapid Volume Expansion“ oder „schnelle Volumenerweiterung“
  - Gas im Faulschlamm festgehalten, es kann nicht entweichen
  - Vergrößerung des Faulschlammvolumens, ähnlich Hefeteig

# Stand des Wissens

- Einige Untersuchungen zu Bekämpfungsmaßnahmen gegen Schaum
- Einige Publikationen dazu in Zusammenhang mit Thermodruckhydrolyse (120-160 °C) des Überschussschlammes
- Hinweise, dass auch 70 °C Vorbehandlung wirksam gegen Schaumbildung sein kann
- Zusammenhang aber noch nicht genau untersucht, keine validen Daten
- Praktische Erfahrungen ARA Tobl in diesem Zusammenhang positiv (hat thermische Vorbehandlung bei 70 °C installiert), seitdem kein Schaum mehr im Faulturm

## Voruntersuchungen zur thermischen Vorbehandlung allgemein

- Einige Voruntersuchungen im Labormaßstab zum Thema thermische und thermisch/alkalische Vorbehandlung des ÜSS schon durchgeführt: Untersuchung Methanertrag und Phosphatrücklösung
- Untersuchungen von J Kopp zu Einfluss auf Entwässerungsverhalten

# Voruntersuchungen

## Kenndaten PONDUS-Verfahren:



Parameter	Schlamm	Mittelwert Referenz	Mittelwert PONDUS	Veränderung %	Anzahl
Aufschlussgrad [%] ÜS - Pondus	ÜS	0	33		13
Behandlungstemperatur ÜS-P [°C]	ÜS		70		13
Viskosität [mPas] (5%TR-20°)	ÜS	562	269	- 52,1 %	13
Abbaugrad oTR [%]	ÜS	35	42	+ 8 %	13
Abbaugrad oTR [%]	RS	55	58	+ 3,5 %	15
Gasprod. [nL/kg <sub>oTR</sub> zugeführt]	ÜS	275	349	+ 26,9 %	13
Gasprod. [nL/kg <sub>oTR</sub> zugeführt]	RS	503	546	+ 9 %	15
pH-Wert [-]	RS	7,4	7,5	+ 0,1 pH Stufen	15
CH <sub>4</sub> -Faulgas [%]	RS	64	65	+ 1 %	15
Polymerbedarf [kgWS/MgTM]	RS	11,2	13,3	+ 2,1 kgWS	15
Entwässerungsergebnis [%TR(A)]	RS	26,7	31,3	+ 4,6 %TR	15
CSB Schlammwasser [mg/l]	RS	1041	1307	+ 266 mg/l	15
Anteil harter CSB [%]	RS	19	33	+ 14 %	2
Anteil harter CSB [mg/l]	RS	150	334	+ 184 mg/l	2
NH <sub>4</sub> -N Schlammwasser [mg/l]	RS	1212	1439	+ 227 mg/l	15
PO <sub>4</sub> -P Schlammwasser [mg/l]	RS	103	129	+ 26 mg/l	15

Mittelwerte: Laborversuche KBKopp 2011-2013

(thermisch alkalische Hydrolyse wurde auf den ÜS angewendet)

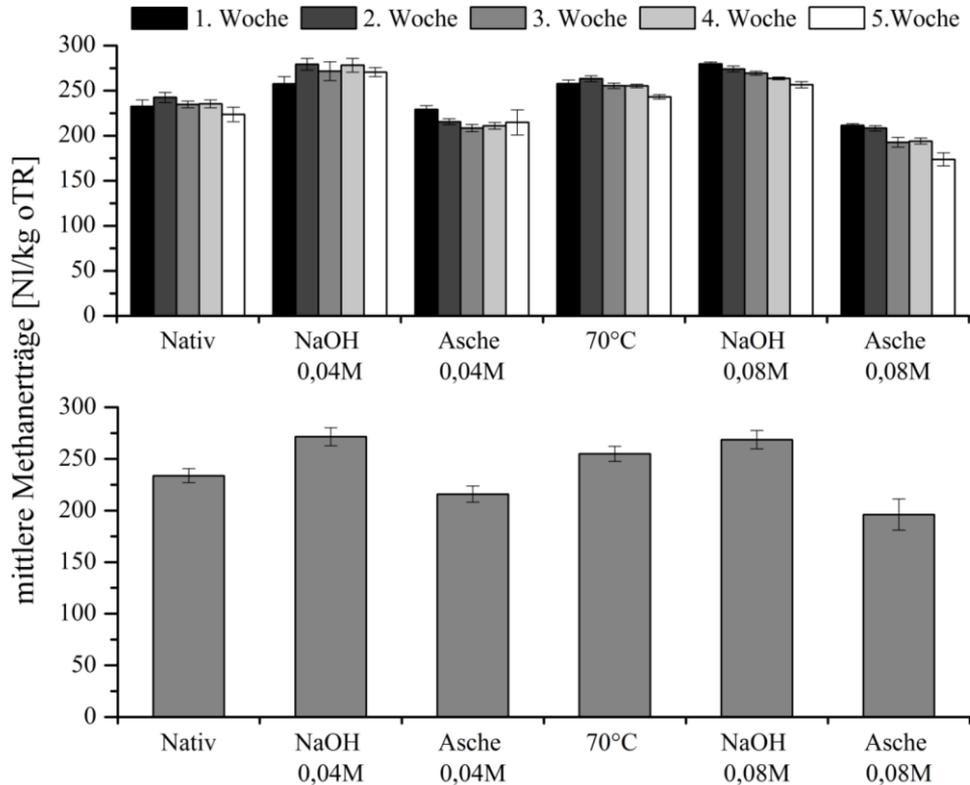
## Laboruntersuchungen von Julia Kopp 2011-2013

Zusammenfassung der Laborergebnisse zur thermisch-alkalischen Hydrolyse\* im Labor

- Mehrgasertrag durch Aufschluss (+26,9 % bei ÜSS Vergärung, + 9% bei PS/ÜSS Vergärung)
- Verbesserung der Entwässerungseigenschaften: + 4,6 % beim TR(A) Wert

\* 70 °C, 0,04 M NaOH Endkonzentration, 2 Stunden Behandlungszeit

# Voruntersuchungen

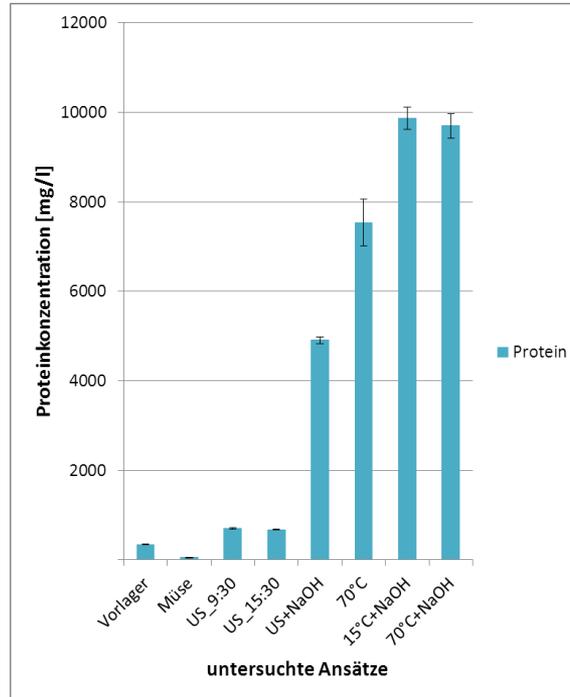
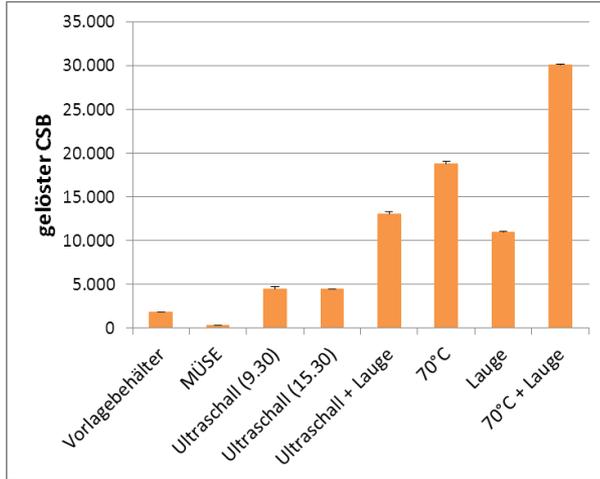


## ARA Zirl, 2014, Gärversuch mit reinem ÜSS

- Wochenbilanzen der unterschiedlichen Aufschlussvarianten erstellt
- Bei der Variante mit der Aschevorbehandlung (alkalisch) wurde ein Rückgang des Methanertrags verzeichnet
- Alle anderen Vorbehandlungsmethoden führten zu einer gesteigerten Methanausbeute

**Masterarbeit Martin Kuprian 2014.**

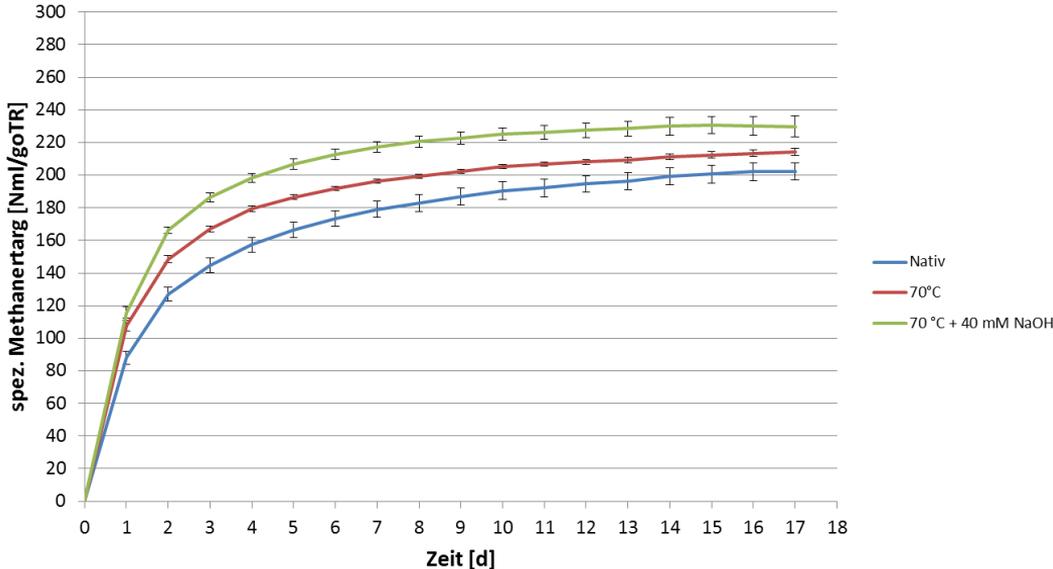
# Voruntersuchungen



## ARA Wasserfeld 2014

- Bestimmung gelöster CSB als Maß für den Aufschluss
- Vergleich von Ultraschalldesintegration, thermischer und chemischer Vorbehandlung
- Thermisch und thermisch-chemischer Aufschluss wesentlich effektiver als Ultraschall

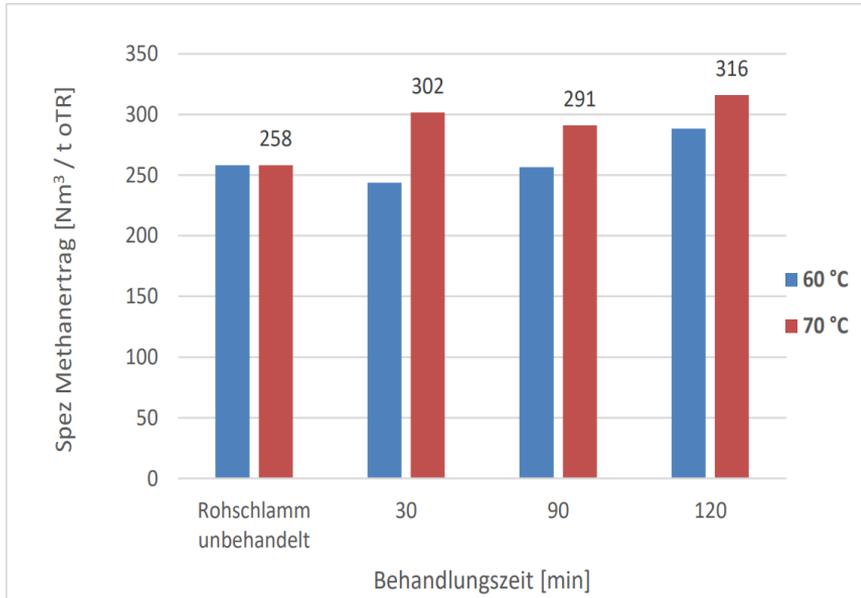
# Voruntersuchungen



## ARA Innsbruck 2018, Gärversuch mit reinem ÜSS

- **Nativer Schlamm** → geringste Methanausbeute
- **Thermisch aufgeschlossener Schlamm [70°C]** → Erhöhung der Methanausbeute im Vergleich zum unbehandelten Schlamm
- **Thermisch/alkalisch aufgeschlossener Schlamm [70°C/NaOH 40mM]** → höchste Methanausbeute in diesem Versuchsansatz

# Voruntersuchungen



## Kläranlage Tobl 2018. Batchversuch im Eudiometer (Gärversuch mit reinem ÜSS)

Deutlicher Unterschied im Bezug auf den Gasertrag zwischen 60 °C und 70 °C Aufschluss

**Thermische Behandlung 70°C** → nach einer Behandlungszeit von 30min bereits eine Steigerung zu erkennen

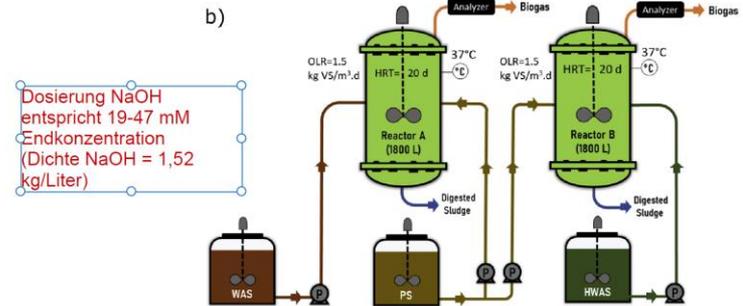
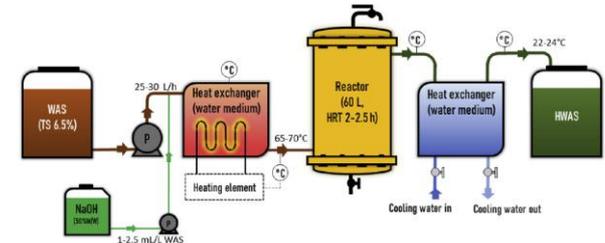
**Thermische Behandlung 60°C** → erst nach einer Behandlungszeit von 2h ein Anstieg zu erkennen

→ Erhöhung des Gasertrages des ÜSS von 250 Nm<sup>3</sup> Methan/t oTR auf etwa 300 Nm<sup>3</sup> Methan/t oTR

# Voruntersuchungen

Toutian et al (2020) Pilot study of thermal alkaline pretreatment of waste activated sludge: Seasonal effects on anaerobic digestion and impact on dewaterability and refractory COD. Water Research 182

- Schlamm wurde aufgeschlossen: in 1.800 Liter  
Reaktoren, thermisch alkalisch bei 65-70 °C und 0,019  
bis 0,047 M NaOH, Zeitraum 1 Jahr)
- Digester A → Kontrolle (unaufgeschlossener Schlamm)
- Digester B → aufgeschlossener Schlamm



# Voruntersuchungen

Toutian et al (2020) Pilot study of thermal alkaline pretreatment of waste activated sludge: Seasonal effects on anaerobic digestion and impact on dewaterability and refractory COD. Water Research 182

Pilot study of thermal alkaline pretreatment of waste activated sludge: Seasonal effects on anaerobic digestion and impact on dewaterability and refractory COD

Vahid Toutian <sup>a, b, \*</sup>, Matthias Barjenbruch <sup>a</sup>, Christian Loderer <sup>b</sup>, Christian Remy <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Department of Urban Water Management, Technical University of Berlin, Gustav-Meyer-Allee 25, 13355, Berlin, Germany  
<sup>b</sup> Berlin Centre of Competence for Water, Cicerostrasse 24, 10709, Berlin, Germany



## ARTICLE INFO

Article history:  
 Received 20 February 2020  
 Received in revised form 17 April 2020  
 Accepted 2 May 2020  
 Available online 22 May 2020

Keywords:  
 Thermal alkaline pretreatment  
 Biogas yield  
 Dewatering  
 Return load  
 Zahn-Wellens test  
 Effluent COD

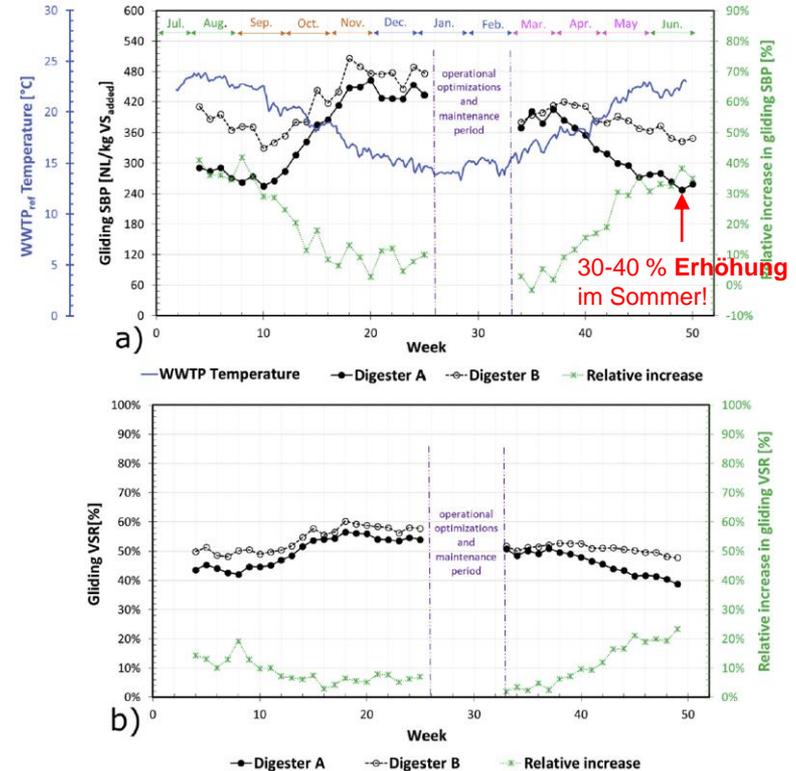
## ABSTRACT

Thermal alkaline pretreatment (TAP) of waste activate sludge (WAS) was carried out in pilot-scale over a year to investigate its seasonal effects on anaerobic digestion and its impact on dewaterability, sludge liquor quality and formation of soluble refractory COD ( $sCOD_{ref}$ ). Temperature of TAP was set at 65–70 °C and pH was increased by initial dosing of sodium hydroxide [NaOH] (50% w/w, 1–2.5 mL/L sludge) as alkali agent following 2–2.5 h reaction time. Pilot digesters were fed with primary sludge (PS) and hydrolyzed WAS (HWAS) and compared to a reference digester fed with PS and untreated WAS. Biogas yield increase due to TAP of WAS showed a sinusoidal trend throughout the year with maximum in summer (+42%), minimum in winter (+3%) and average of +20%, indicating a strong seasonal effect on TAP efficiency. Ammonium [ $NH_4^+ - N$ ], orthophosphate [ $PO_4^{3-} - P$ ] and sulphate [ $SO_4^{2-}$ ] in sludge liquor increased by 34.6%, 17.0% and 21.6% with TAP, respectively. Centrifugation tests showed no significant difference in dewaterability of both digestates with respect to total solids of sludge cake. Normalized capillary suction time of digestate increased due to TAP, indicating a lower capability for water release. Furthermore, detected  $sCOD_{ref}$  after batch aerobic biodegradation tests showed an increase of 30.3% with TAP. Hence, implementation of TAP of WAS in full-scale will potentially lead to an increase of 0.8–1.1 mg/L of  $sCOD_{ref}$  in effluent of six wastewater treatment plants (WWTP) in Berlin. In conclusion, TAP of WAS leads to increase in biogas production with a slighter negative impact on effluent COD quality than high-temperature thermal hydrolysis.

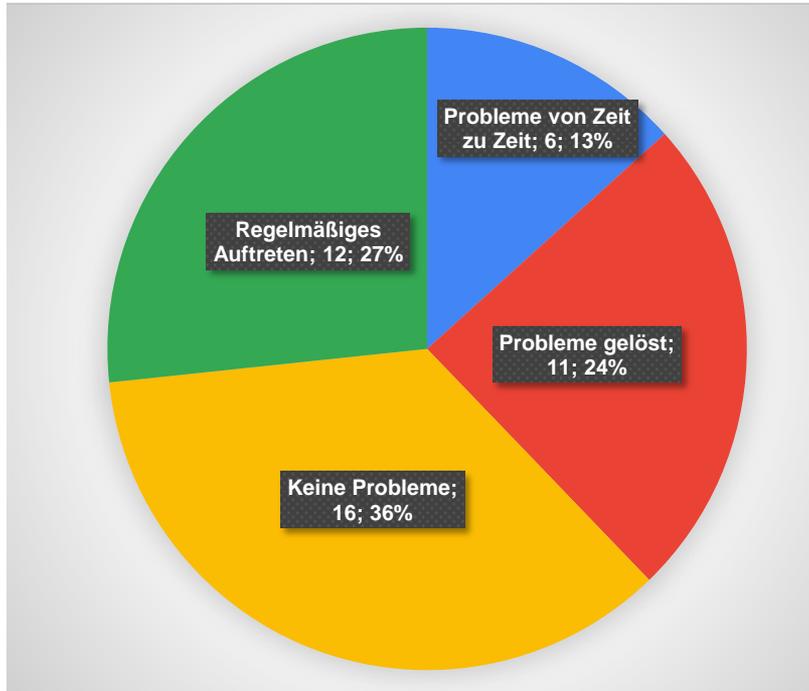
© 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Steigerung der Bio gasausbeute des Mischschlammes:  
 3% im Winter, 30-40 % im Sommer!

V. Toutian et al. / Water Research 182 (2020) 115910



# Umfrage Schaumproblem in Südtirol und Nordtirol



- In Südtirol wurden 17 Anlagen kontaktiert, in Nordtirol 39 Anlagen (gesamt 56 Anlagen)
- An der Umfrage haben sich schlussendlich 46 Anlagen beteiligt, von 10 Anlagen kam keine Rückmeldung
- Schaumprobleme oft in Zusammenhang mit Fadenbakterien
- Einsatz von Antischaummitteln
- Verbesserung durch Fällmittel auf Aluminiumbasis

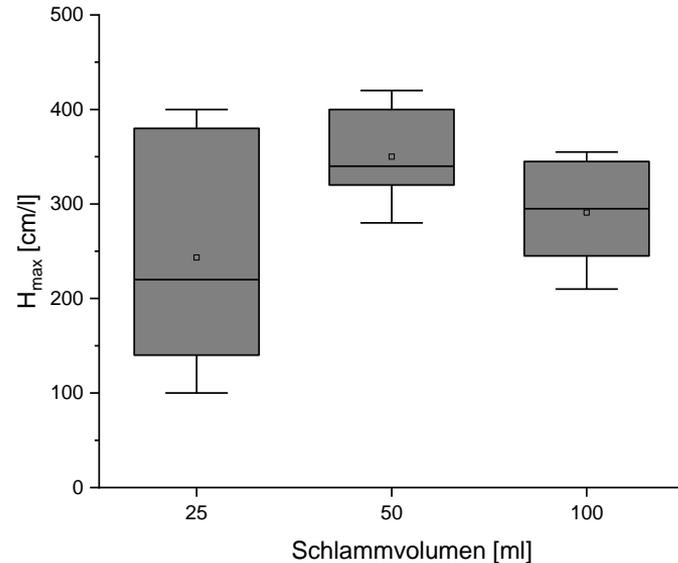
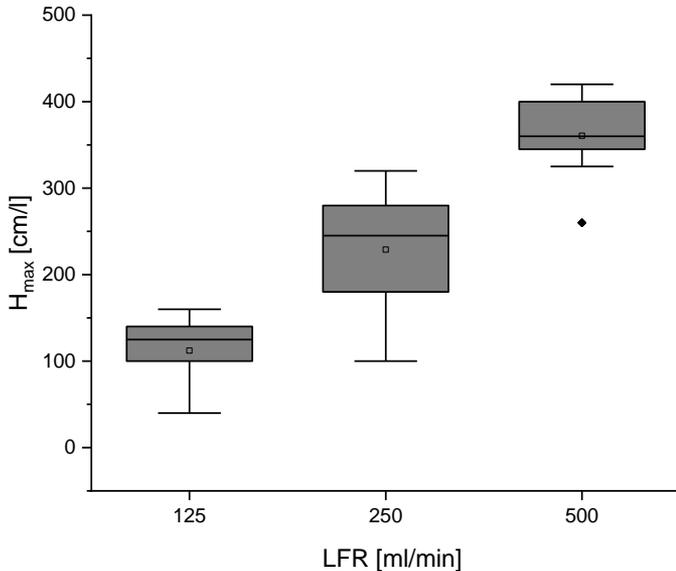
# Messmethode Schaumtest



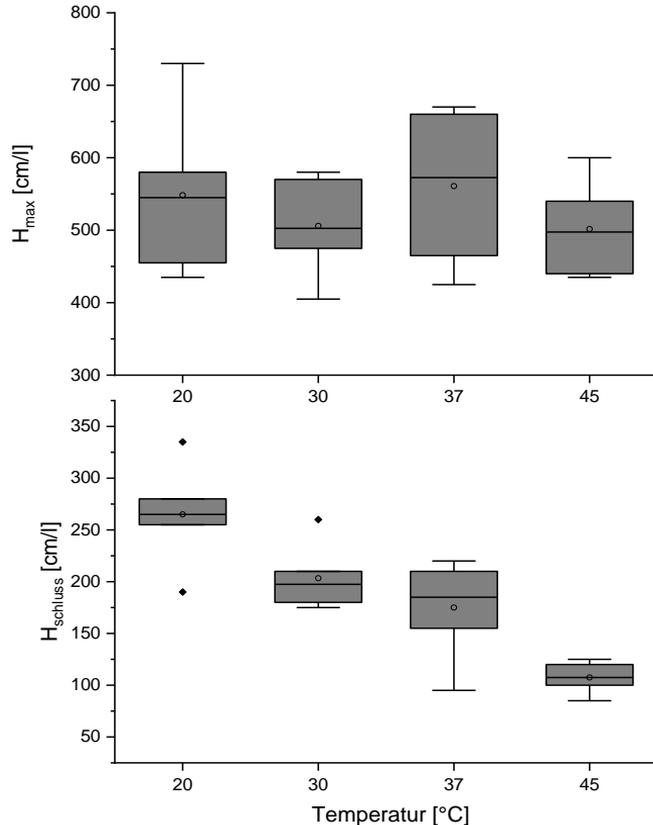
- Suche nach standardisierter Methode um das Problem Schaum systematisch aufzuschlüsseln
- Plexiglasröhre, welche mit Schlamm befüllt und mit Druckluft durchströmt wird, wodurch die Schaumbildung angeregt wird  
→ Schaumbildung/Schaumhöhe dokumentiert
- Generierung von zuverlässigen und reproduzierbaren Daten

# Validierung Schaumtest - Versuchsparameter

- Verwendete **Luftflussrate** zeigte großen **Einfluss** auf die Schaumhöhe
- **Schlammvolumen von 25 ml** zeigte **starke Schwankungen** → ungeeignet!
- 50 ml Faulschlamm ideales Volumen

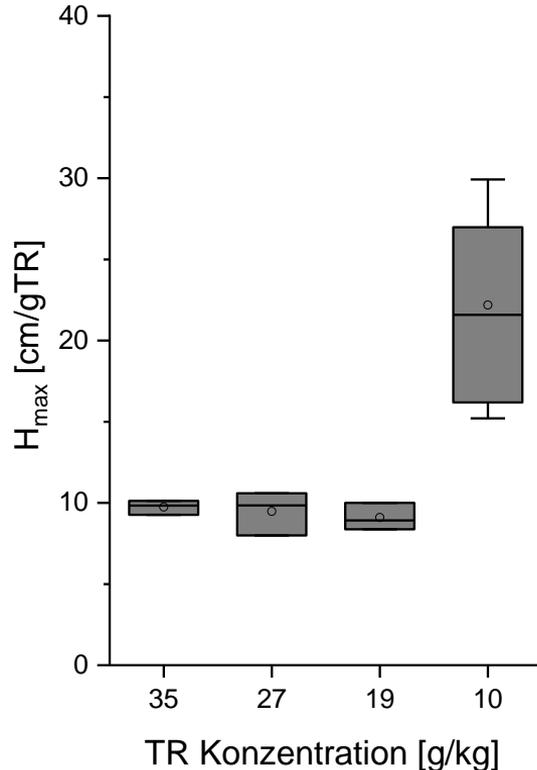


# Validierung Schaumtest - Temperatur



- Für die **maximale Schaumhöhe** zeigt sich **keine Beeinflussung** durch die Temperatur  
→ Schaum bildet sich zu Beginn des Versuches bei allen Temperaturen in einem ähnlichen Ausmaß
- Bei **höheren Temperaturen sackt der Schaum rasch wieder zusammen**  
→ Schaumhöhen bereits nach 5 min bei höherer Temperatur deutlich niedriger
- **Bei Schaumproblemen Temperatur erhöhen könnte Verbesserung bringen**

# Validierung Schaumtest – TR Gehalt



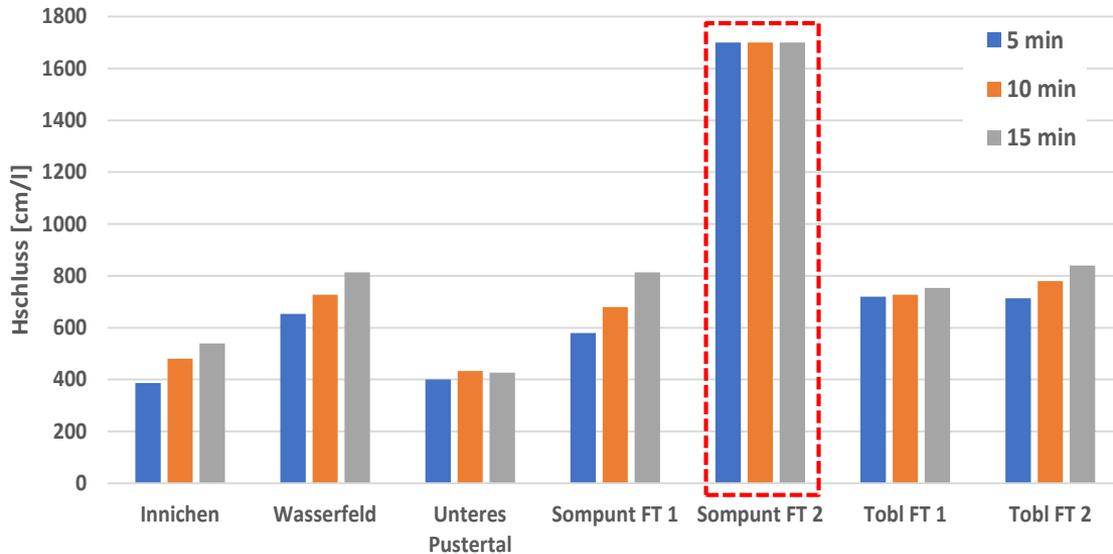
- Vor allem für den Vergleich verschiedener Anlagen besonders interessant
- Faulschlammprobe **einer Anlage** mit Filtrat verdünnt → unterschiedliche TR-Konzentrationen
- Im Bereich zwischen **2 – 3,5 % Schaumhöhen bezogen auf den jeweiligen TR Gehalt sehr stabil**
- TR Gehalt von **1 %** liefert **deutlich andere Messwerte mit sehr großer Streuung!**

# Einsatz Schaumtest



- Schaumneigung von Faulschlämmen bzw. Anlagen zu **monitoren**
- Bei Schaumereignissen geeignet um **richtiges Antischaummittel auszuwählen**
- Messmethode um **die Auswirkung der Vorbehandlung** zu messen
- Grundsätzlich : Schaumneigung in Korrelation mit anderen Parametern zu setzen

# Erste Schaummessung der Anlagen im Pustertal

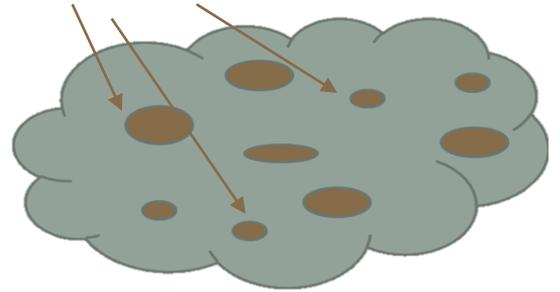


- Sompunt FT2 hatte zu dieser Zeit Schaumprobleme
- Labortest hat das sehr deutlich angezeigt!
- Schaumverhalten der anderen Anlagen deutlich niedriger
- Schaumverhalten zeigte keinen Zusammenhang mit  $\text{NH}_4^-$  bzw.  $\text{PO}_4^-$ -Messung

# EPS im Schlamm

- **Extrazelluläre polymere Substanzen**
- Mikroorganismen sind in einer Flockenstruktur eingebettet
- Gerüst aus Proteinen, Kohlenhydraten und Huminstoffen
- Hydrophobe Wechselwirkungen und die Vernetzung divalenter Kationen
- Kann 50 % des organischen Anteils ausmachen
- **Zusammenhang zwischen EPS-Gehalt und Schaumbildung?**

Mikroorganismen

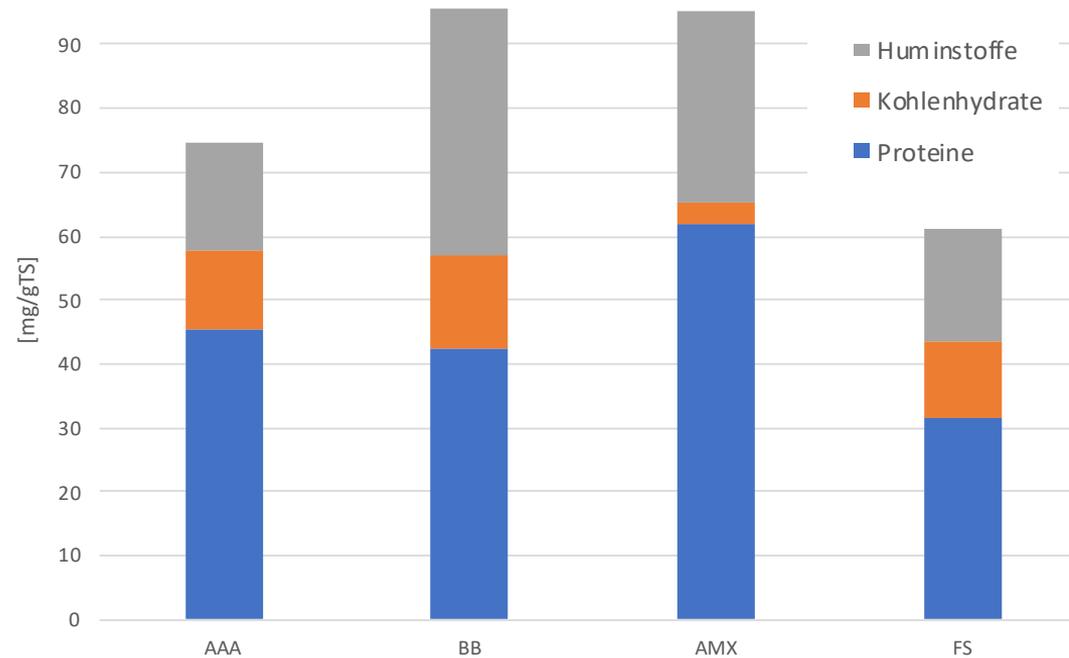


**EPS**

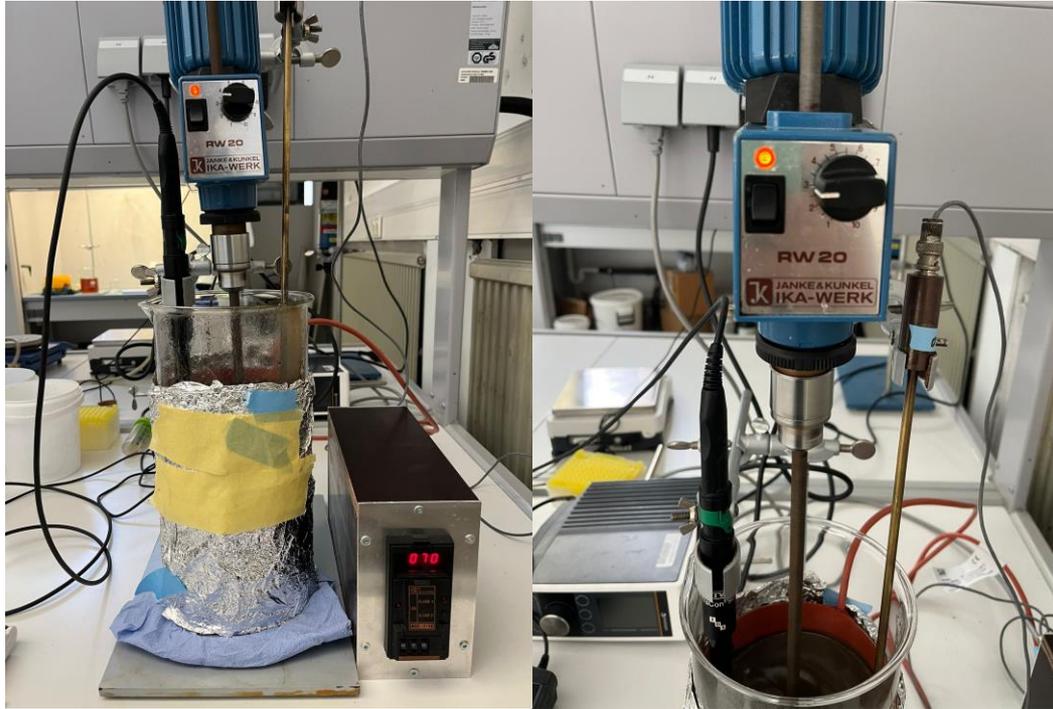
(Proteine, Kohlenhydrate, Huminstoffe)

# EPS und Schaum

- Optimierung der Extraktionsmethode anhand eines spezifischen Schlammes
- Vergleich verschiedener Schlämme
- Schaumaktivität und EPS in Faulschlammproben verschiedener Anlagen bestimmen
- Messung der EPS Konzentration und der Schaumaktivität mit und ohne thermischer Behandlung

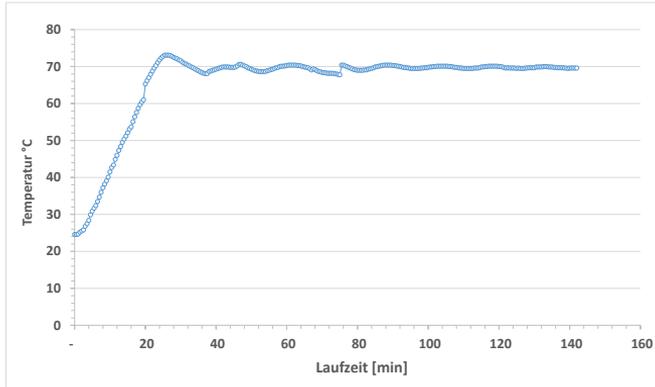


# Vorbehandlung des ÜSS im Labor

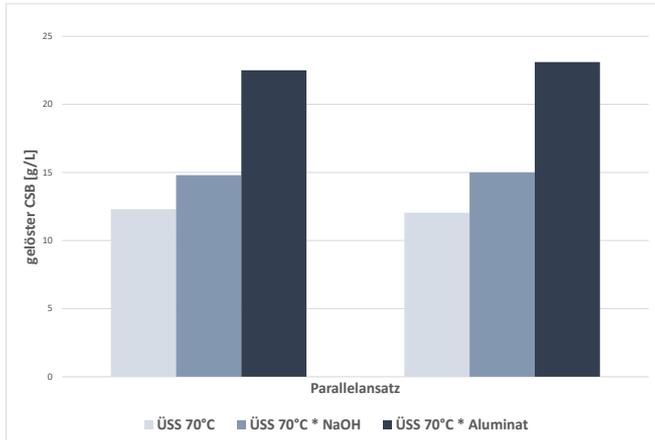


- Versuche bis jetzt im Wasserbad mit manueller Temperatureinstellung
  - Für dieses Projekt automatisierte Laboranlage gebaut
  - 3 Liter Becherglas
  - Laborrührwerk
  - Spezielle Heizmatte und Temperatur-Regler
  - pH und LF Aufzeichnung
- **Aufschlussprozess standardisiert!**

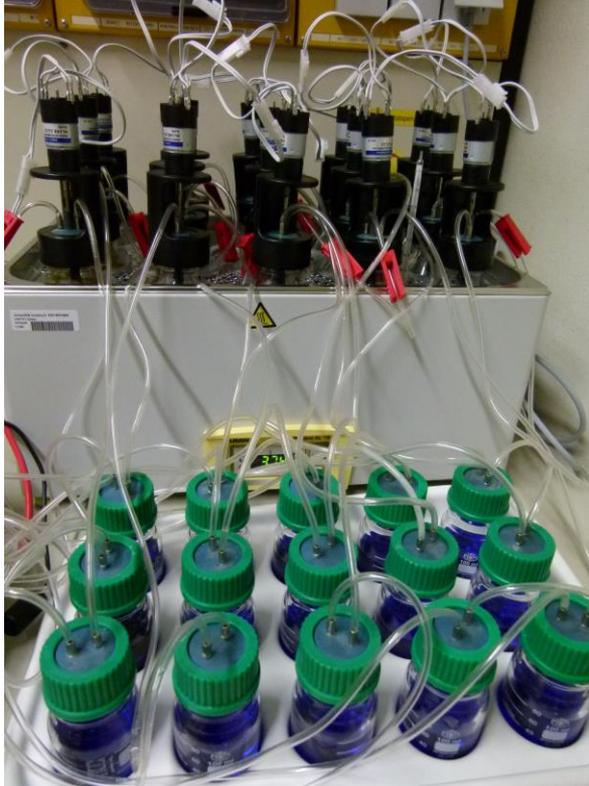
# Vorbehandlung des ÜSS im Labor



- Soll Temperatur konnte ausreichend gut gehalten werden
- Effizienz des Aufschlusses wurde mittels Bestimmung des gelösten CSB ermittelt
- Mit Aluminat deutlich verbesserter Aufschluss im Vergleich zu NaOH

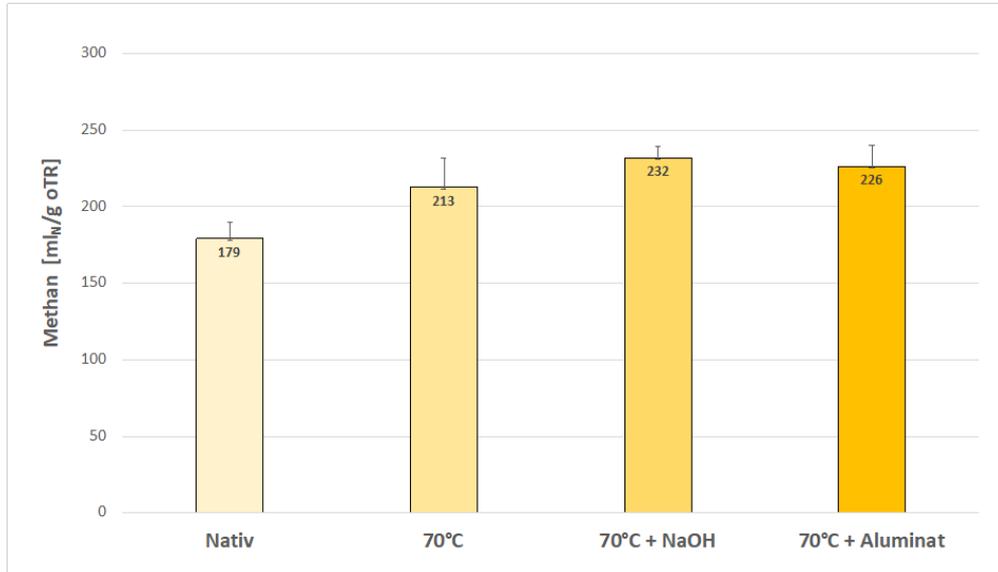


# Labor: Batchversuch



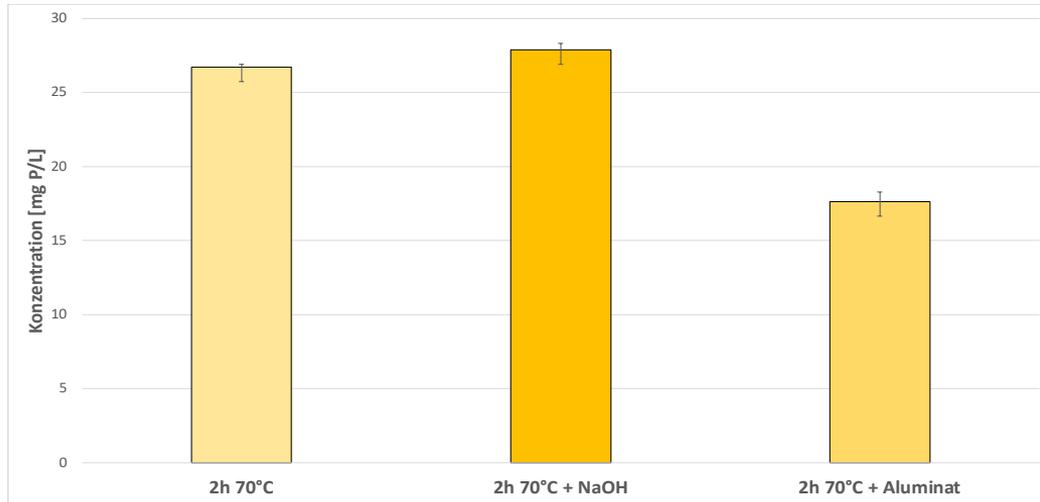
- Batch Versuche mit automatischem System (AMPTS) durchgeführt
- Faulschlamm und Substrat wird einmal eingefüllt und Abbau durchgeführt
- Eignet sich z.B. für Untersuchung Einfluss Vorbehandlung auf Biogasausbeute, eignet sich nicht für Auswirkung auf Schaumverhalten, Entwässerung etc.

# Labor: Batchversuch mit reinem ÜSS



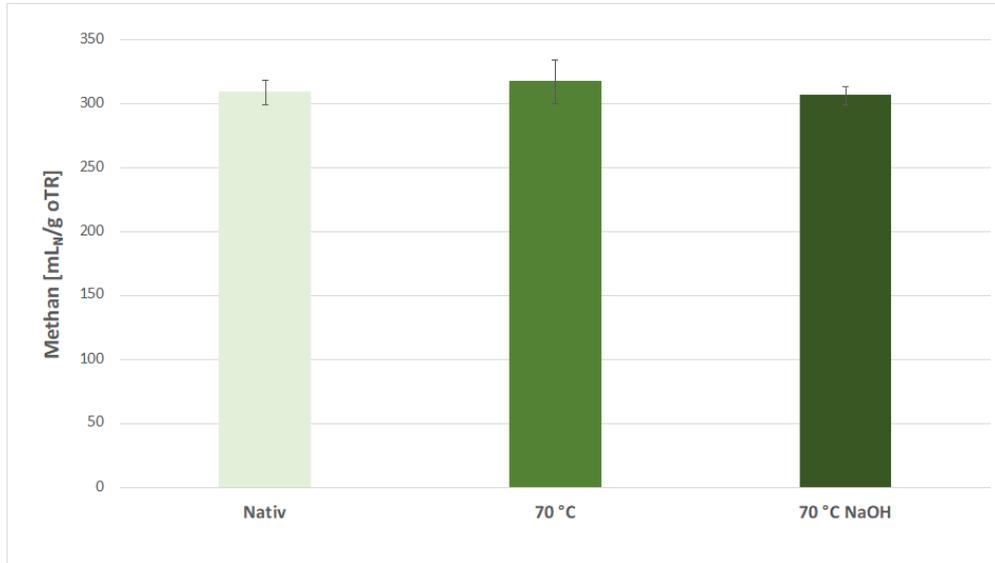
- Verschiedene Vorbehandlungen durchgeführt
- Nur thermisch bei 70 °C, 70°C + NaOH bzw. Aluminat (je 0,04 M Endkonzentration)
- Leichte Steigerung des spezifischen Methanertrages (im Falle der 70 °C Behandlung nicht signifikant wegen Streuung)
- Sehr ähnliche Ergebnisse bei Untersuchungen mit anderen Schlämmen
- Ansatz nur mit ÜSS allein durchgeführt
- Relativ geringe Änderungen, großtechnisch schwierig nachzuweisen

# Labor: Batchversuch mit reinem ÜSS



- Auswirkung des Aufschlusses auf die Phosphatkonzentration im Schlamm gemessen
- Mit Aluminat könnte man beim Aufschluss das Phosphat zugleich fällen
- Mit Aluminat aber Verschlechterung der Entwässerungseigenschaften möglich

# Labor: Batchversuch mit PS/ÜSS



- In diesem Versuch Batch Gärversuch mit der Schlammischung PS/ÜSS wie an der ARA
- PS und ÜSS von ARA UP verwendet
- Verhältnis PS/ÜSS wie auf ARA UP eingestellt
- Keine Steigerung der Biogasproduktion sichtbar

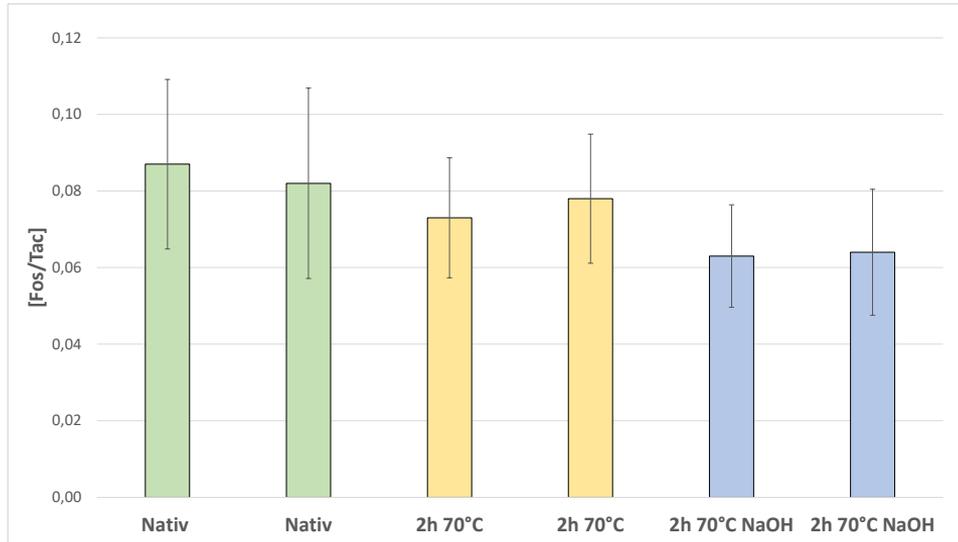
# Labor: Fed Batch Versuch 1



- Fed Batch Versuch in Eudiometern durchgeführt
- Werden 2 x pro Woche gefüttert, kontinuierlicher Ansatz
- Gleiche Belastung und Aufenthaltszeit wie ARA UP
- Schlammischung mit gleichem PS/ÜSS Verhältnis von ARA UP
- Kontinuierliche Vergärung, mit Faulturm gut vergleichbar
- Gute Erfahrung mit dem System
- Start am 08.11.22, Betrieb bis 03.03.2023.  
4 Monate Betrieb
- 2 Parallelansätze pro Behandlung

# Labor: Fed Batch Versuch 1

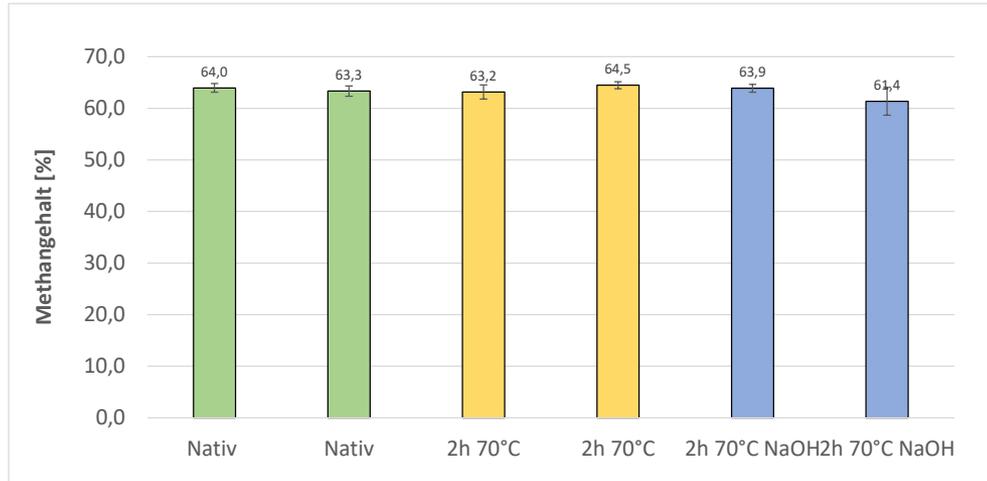
FOS/TAC der verschiedenen Ansätze



- Bestimmung FOS/TAC Wert über Titration
- Biologisch sehr stabile Vergärung möglich
- Gesamtalkalinität steigt nach thermischem und thermisch alkalischem Aufschluss

# Labor: Fed Batch Versuch 1

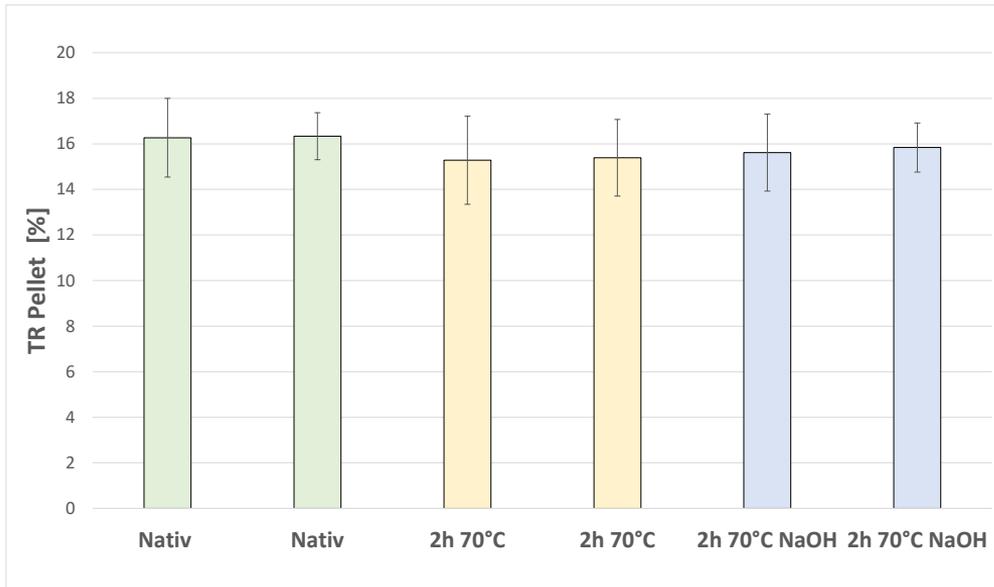
Methankonzentration im Biogas



- Methangehalt im Biogas: keine signifikante Veränderung, sehr stabile Situation

# Labor: Fed Batch Versuch 1

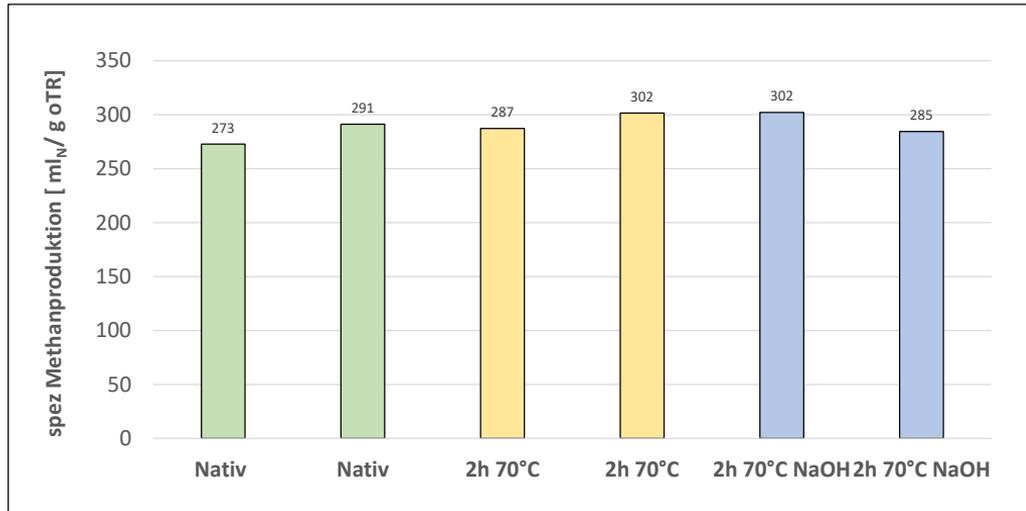
## Entwässerbarkeit der Faulschlämme



- Entwässerungsverhalten, Versuch mit Laborzentrifuge: Keine signifikante Veränderung zwischen den Varianten
- Viele Diskussionen inwieweit die Ergebnisse des Zentrifugentests auf grosstechnische Entwässerung übertragbar sind
- Untersuchungen J Kopp: Immer Verbesserung des TR(A) Wertes durch therm-alka Vorbehandlung gemessen

# Labor: Fed Batch Versuch 1

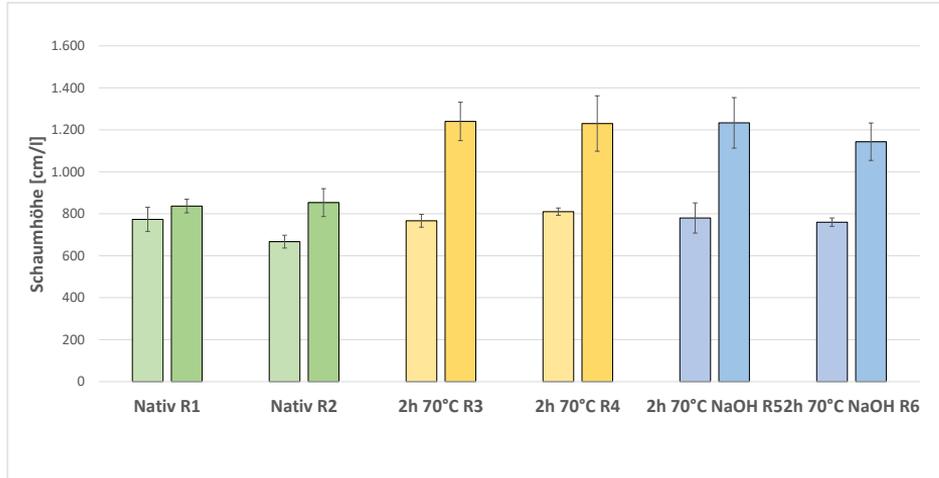
## Spezifische Methanproduktion



- Spezifische Methanproduktion: keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten

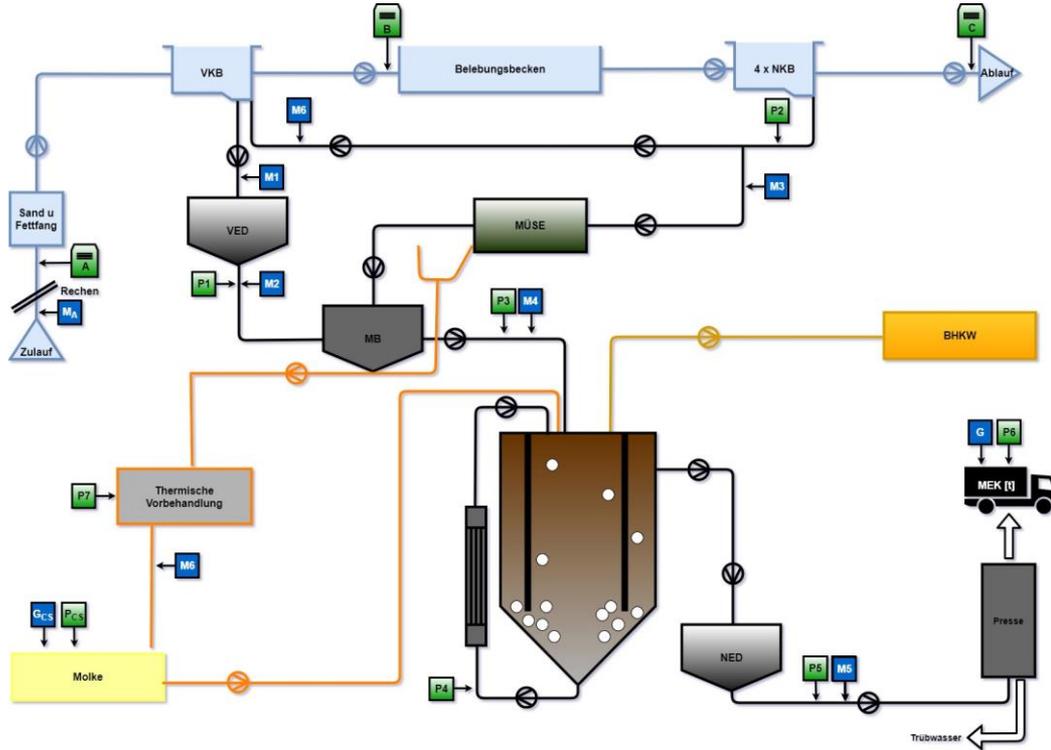
# Labor: Fed Batch Versuch 1

## Schaumverhalten



- Schaumverhalten: Die Vorbehandlungen haben keinen Einfluss auf die Schaumhöhe am Ende ( $H_{\text{end}}$ ) aber **eine signifikante Auswirkung auf die maximale Schaumhöhe ( $H_{\text{max}}$ )**
- Naheliegende Interpretation: Schaumproblem verstärkt sich durch Vorbehandlung
- Deckt sich nicht mit den praktischen Erfahrungen
- Mögliche Erklärung: Schaumtest bildet nicht die Realität im Faulturm ab!

# Grosstechnischer Versuch ARA Unteres Pustertal



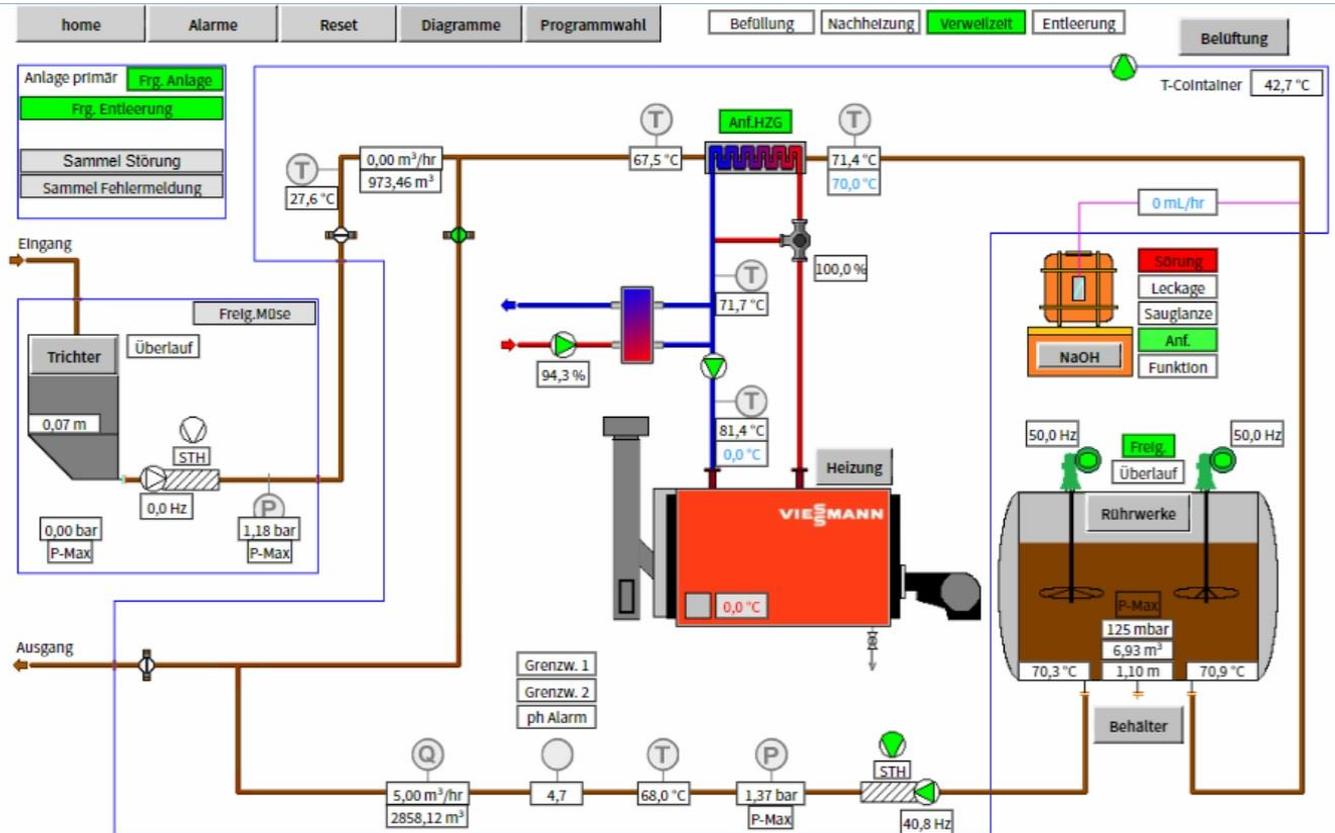
- Normalerweise wird PS und ÜSS im Mischbehälter vermischt
- PS, ÜSS und MS regelmäßig beprobt
- ÜSS nach MÜSE über Versuchsanlage geführt
- Behälter für Molke dient als Speicher vor der Zudosierung in den Faulturm

# Vorstellung Versuchsanlage

- Container mit Wärmetauscher 200kW thermisch, Ölkessel mit Heizöltank 950l sowie Umwälzpumpe
- Reaktortank 15m<sup>3</sup> mit zwei Rührwerken
- Zubringerpumpe für eingedickten ÜSS
- Geplant und gebaut von Fa. Atzwanger AG



# Funktion



- Befüllen und Aufheizen des ÜSS auf 70°C
- Verweilzeit für Aufschluss 2h
- Entleerung in Speichertank
- Steuerung und Visualisierung: STUGA KG

# Probleme

- Anlage wurde mit Ölbrenner als Wärmequelle geplant
- Ölpreis deutlich gestiegen. Zu hohe Kosten und Umweltauswirkungen
- Nachrüsten Wärmetauscher für Nutzung BHKW Abwärme. Herausforderung das Temperaturniveau von 70 °C zu erreichen
- Größerer Druck in der Zuführungsleitung als erwartet
- Inbetriebnahme in ersten Augustwoche 2022
- Probleme mit Geruchsbildung. Verschiedene Maßnahmen, um die Geruchsbildung zu reduzieren
- Betrieb 2 Monate (bis Ende September)
- Ausfall Pumpe, Ersatz hätte 3 Wochen Lieferzeit gehabt. Sicherer Betrieb nur in der frostfreien Zeit möglich.

# Großtechnischer Versuch

- Nachweis der Effekte von Maßnahmen an Kläranlagen im großtechnischen Versuch ist oft eine große Herausforderung
- Selten ideale Versuchsbedingungen
- Das kann sehr leicht dazu führen, dass Wirkungen falsch eingeschätzt werden
- Folge: Möglicherweise wirkungslose Prozessmittel oder Verfahren im Einsatz
- **Wichtig:** Man muss dem Ergebnis neutral gegenüberstehen

# Großtechnischer Versuch

- Versuche können selten parallel gemacht werden
- Meistens hintereinander in Untersuchungsphasen
- Anlag sollte im gesamten Zeitraum möglichst stabil laufen
- Prozess soll möglichst gut überwacht werden können
- Schlammlinie:
  - Möglichst gleichmäßige Beschickung
  - Hochwertige Prozesskontrolle durchführen
  - Aussagekräftige Kennzahlen berechnen und vergleichen
- Wirkung der thermischen Vorbehandlung soll umfassend untersucht werden (nicht nur Schaumverhalten, auch Abbauverhalten, Entwässerungsverhalten etc, Prozessstabilität etc)

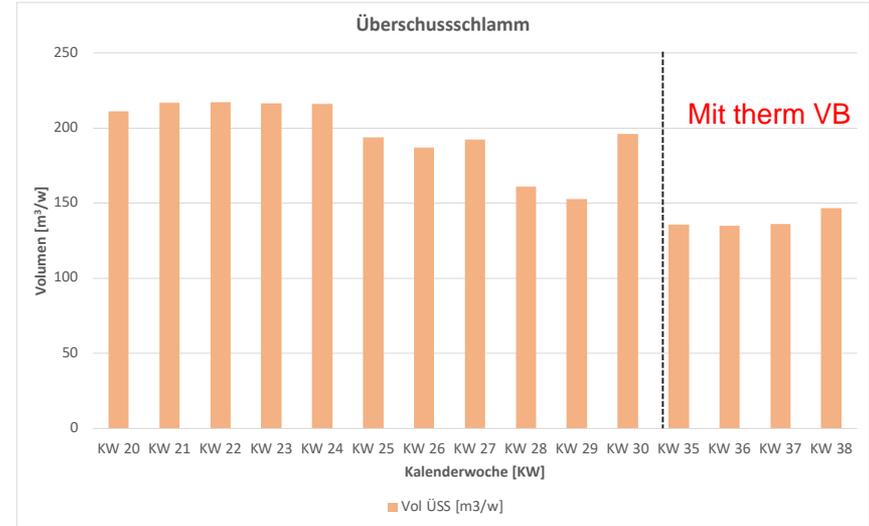
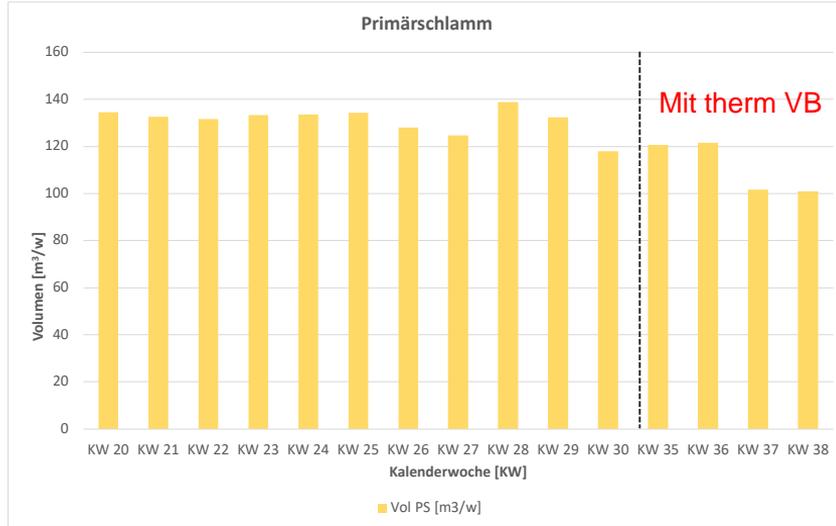
# Versuchsplan

- **Bestimmung Abbauverhalten**
  - Tägliche Beprobung aller Schlammarten, TR und oTR Bestimmung (PS, ÜSS, MS, FS)
  - Herstellen von Wochenmischproben der Schlämme, CSB Bestimmung in Wochenmischproben
  - Tägliche oTR Frachten können in CSB Frachten umgerechnet werden
  - Zusätzlich: Bestimmung des Restgaspotentials
  - Schaumtest in gekühlter Wochenmischprobe
- **Entwässerungsverhalten**
  - Entwässerungstest in gekühlter Wochenmischprobe
- **Biologische Stabilität:**
  - pH, LF, FOS/TAC und Einzelsäuren im Filtrat der gekühlten Wochenmischprobe
- **EPS im Faulschlamm**

# Versuchsplan

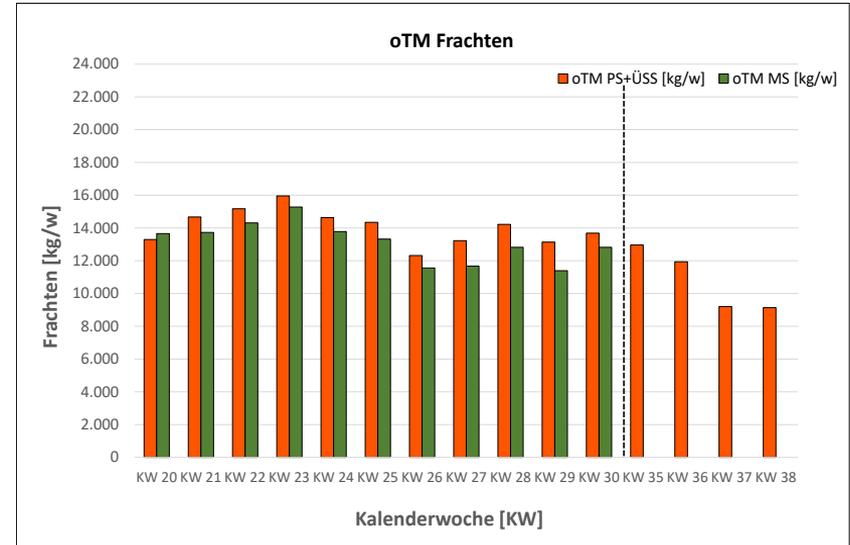
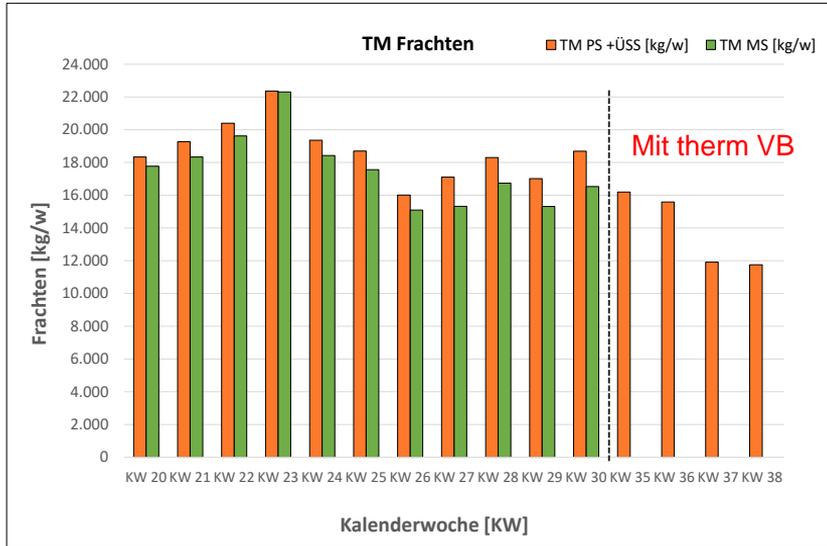
- KW 20 bis KW 30: Überprüfung und Bilanzierung Referenzzeitraum
- **KW 31: Inbetriebnahme der Aufschlussanlage**
- Ab KW 35 bis KW 38: Probenahme, Analytik Zeitraum mit Aufschluss
- KW 39 Abbruch des Versuches wegen
  - Ausfall einer Pumpe, 3 Wochen Lieferzeit
  - Nahender Winter, Frostsicherheit nicht gewährleistet
  - Geplanter Umbauarbeiten an der Kläranlage

# Volumen der Schlämme



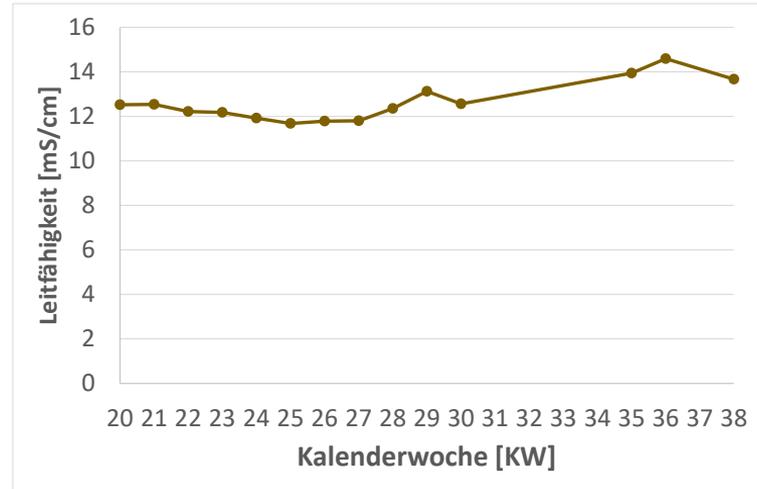
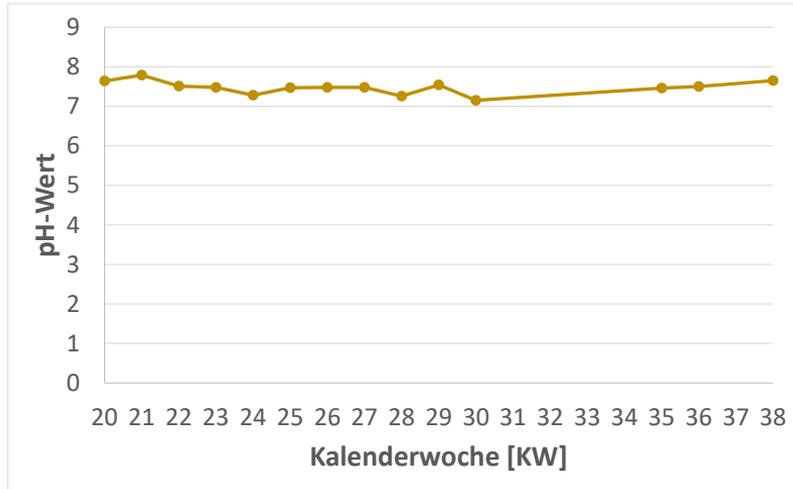
- Primärschlamm und Überschussschlamm:  
Abnehmende Volumen über den Versuchszeitraum
- ÜSS Mengen mussten reduziert werden, da die Versuchsanlage nicht mehr Durchsatz erlaubt hat.  
Schlammalter angestiegen!

# Frachten



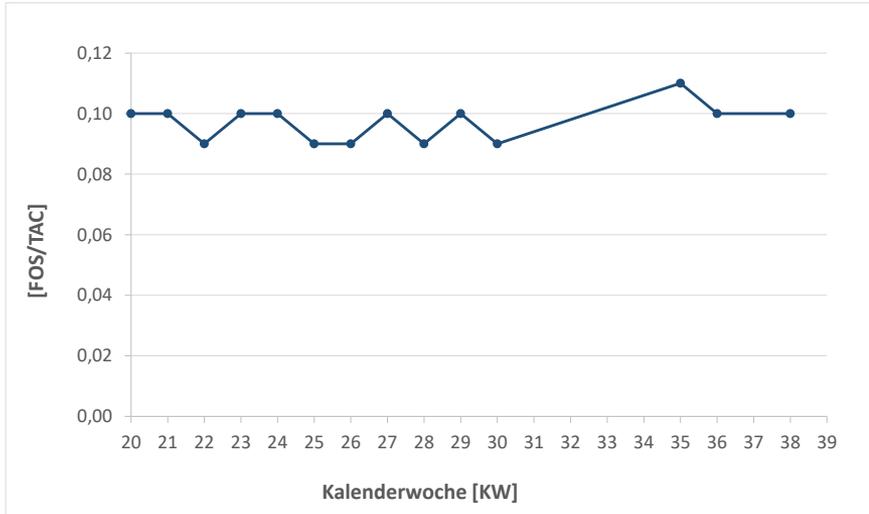
- Zu-/Ablauf der TM und oTM Frachten bestimmt
- Vergleich von Summe PS + ÜSS mit Mischschlamm: Gute Über
- Abnahme der Frachten von KW 35 bis KW 38
- Im großtechnischen Versuch immer Schwankungen vorhanden!!

# Prozessstabilität



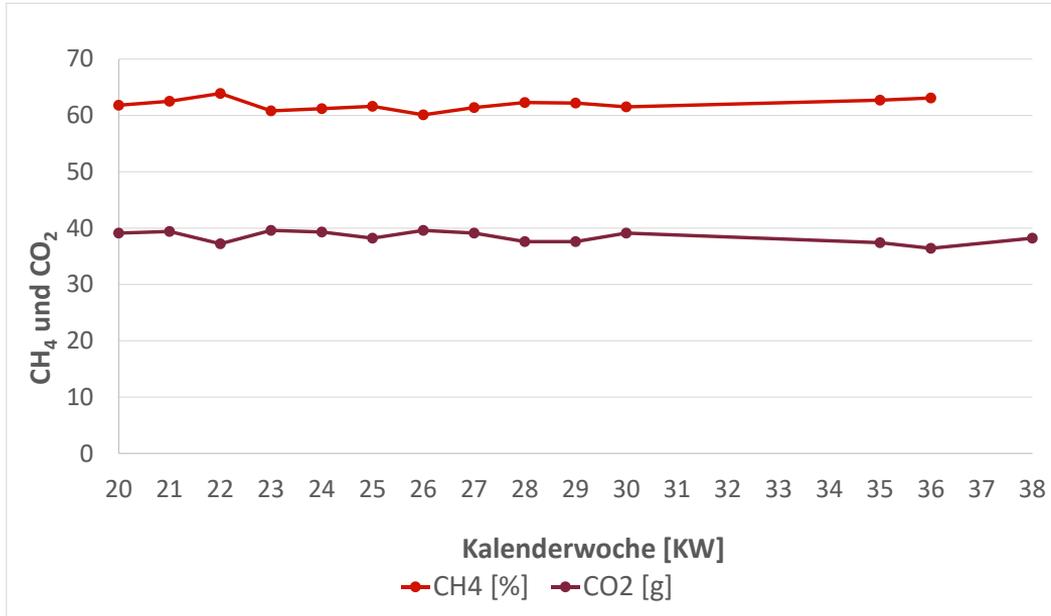
- **pH Wert** → stabil
- **Leitfähigkeit** → leichter Anstieg durch thermischen Aufschluss

# Prozessstabilität



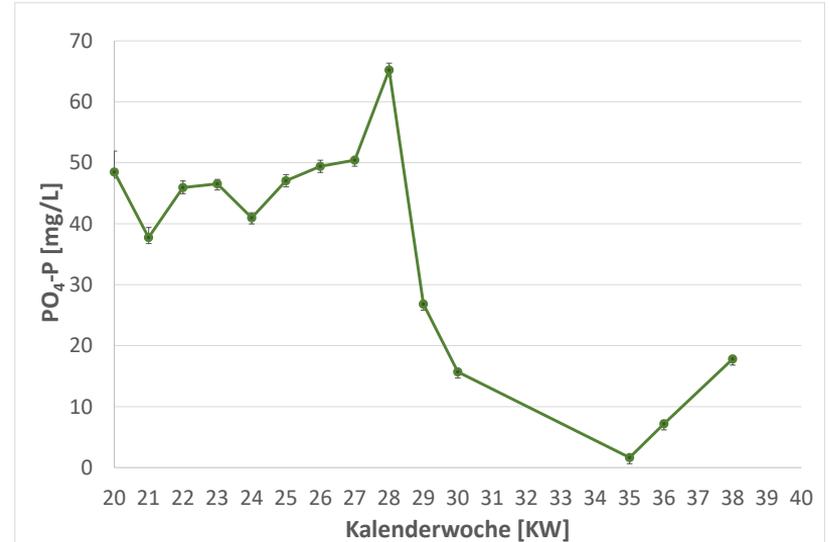
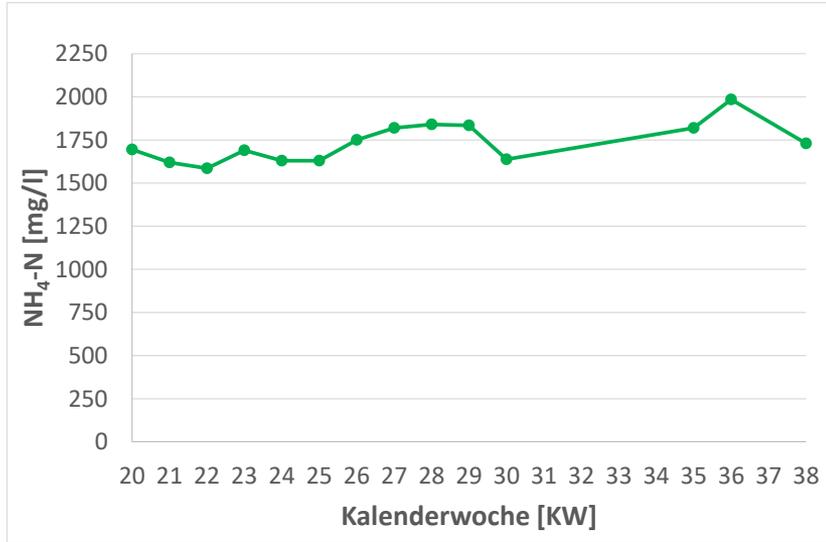
- **Organische Säuren** über die gesamte Phase unauffällig und sehr niedrig
- Zudem wurden die **Einzelsäuren** mittels HPLC untersucht:
  - Über der gesamte Phase unter der Bestimmungsgrenze
  - Messung wurde überprüft, frische Probe und durchgehende Kühlung: Ergebnis bestätigt

# Prozessstabilität



- Methan [CH<sub>4</sub>] und Kohlenstoffdioxid [CO<sub>2</sub>] Gasmessung im Faulturm über den gesamten Zeitraum sehr stabil

# Prozessstabilität



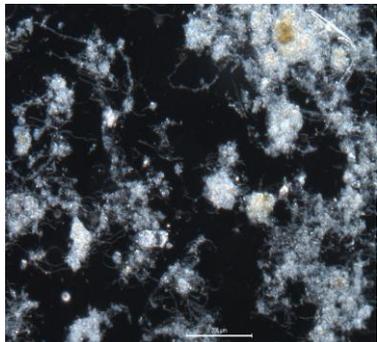
- **Ammoniumstickstoff** → stabil
- **$\text{PO}_4$**  → Ab KW 28 starker Abfall da eine Fällung im Faulturm durchgeführt wurde!
- Kein reines Fällmittel sondern Nebenprodukt aus der Metallindustrie
- Eventuell Hemmung durch Überdosierung

# Mikroskopie

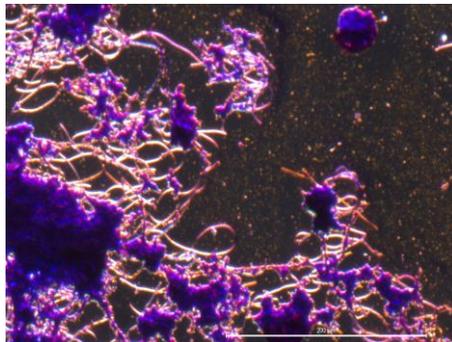
Mühlbach - Unteres Pustertal (Biomontan)

Datum Probe	22.06.22	27.06.22	11.07.22	18.07.22	01.08.22	05.09.22	13.09.22	26.09.22	06.10.22
Fädigkeit Kunst	6-7	6	6	6	6	5-6	5-6	5-6	6
<i>Microthrix parvicella</i>	2	4	4	4	4	4	4	4	3
<i>Nostocoida limicola</i> I	5	3	4	4	3	3	3	3	5
Typ 0041/0675	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Typ 1851	-	2	2	2	1	1	1	1	1

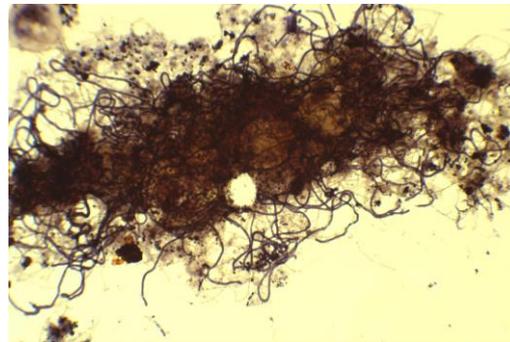
Lebendpräparat 18.07. 2022



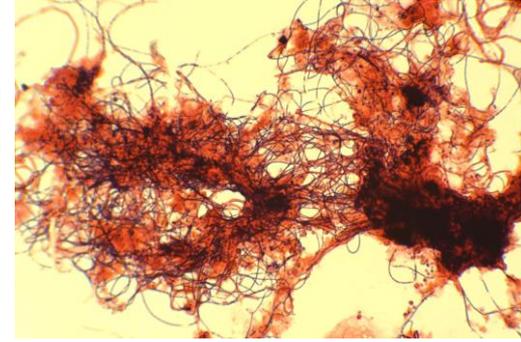
Kristallviolett-Färbung 18.07. 2022



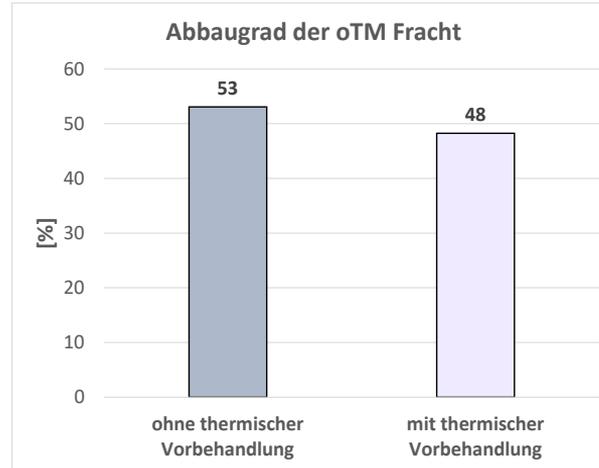
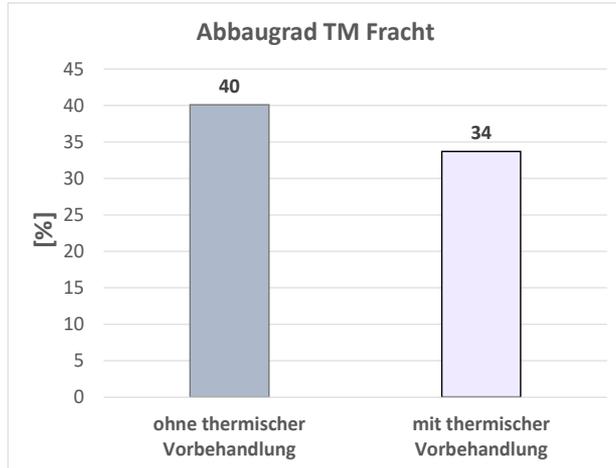
Neisser-Gram-Färbung 18.07. 2022



Gram-Färbung 18.07. 2022

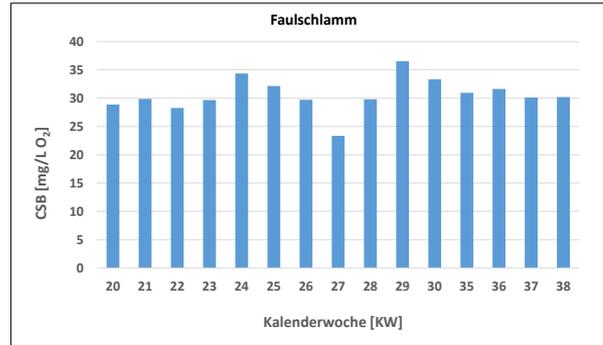
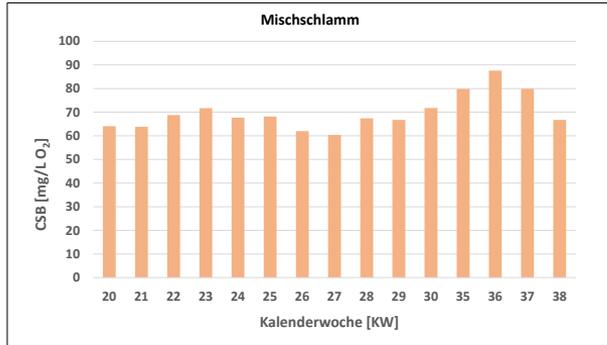
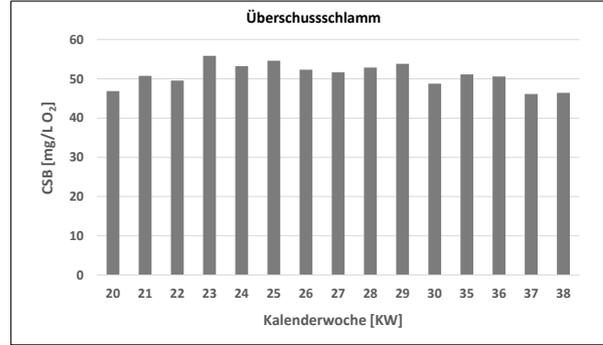
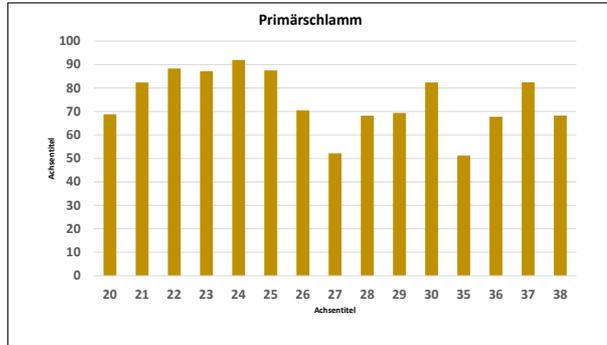


# Abbaugrade TM und org TM

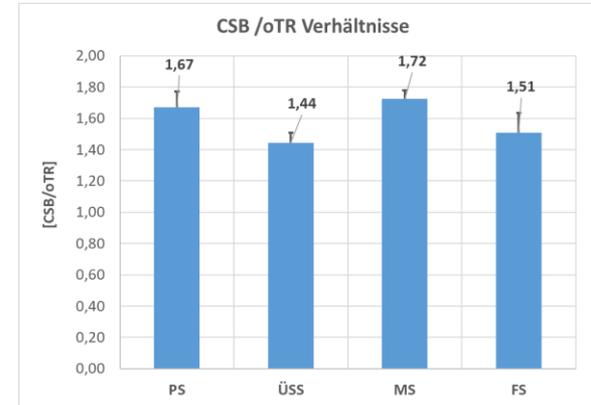


- Abbaugrad der Trockenmasse und organischen Trockenmasse Frachten über den Zeitraum von 4 Wochen bilanziert
- **Abnahme sowohl bei TM als auch beim oTM Abbaugrad**

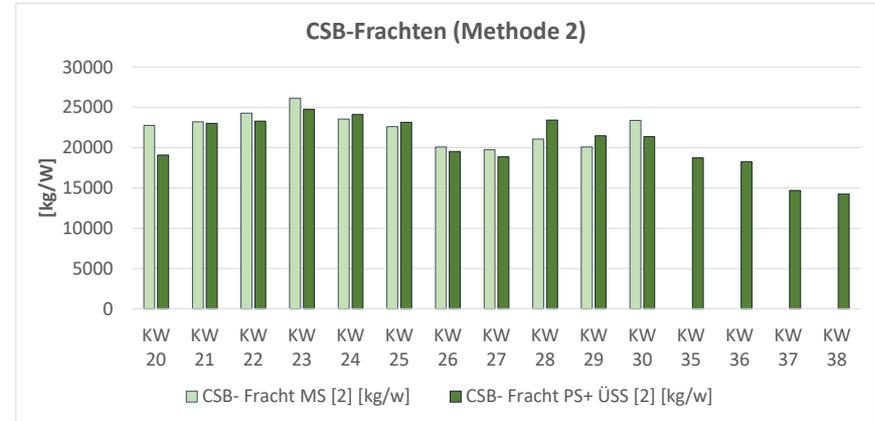
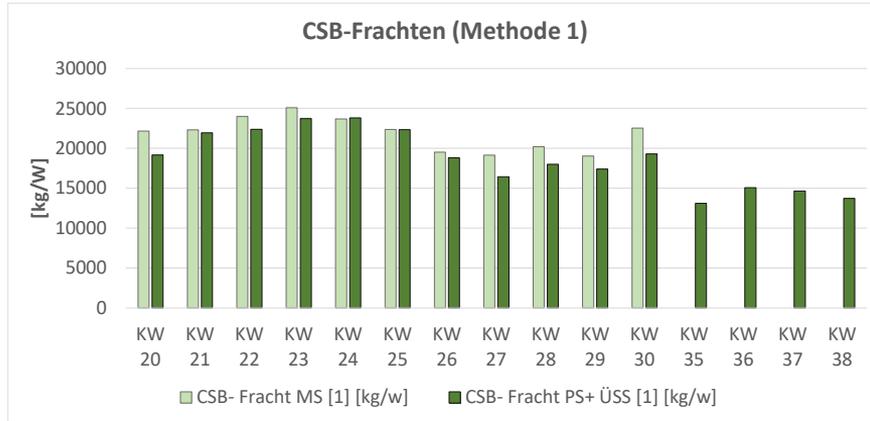
# CSB-Bilanzierung



- CSB Bestimmung in Wochenmischproben
- CSB /oTR Verhältnis für jede Mischprobe berechnet
- Mit den Daten wurde die CSB Bilanzierung durchgeführt

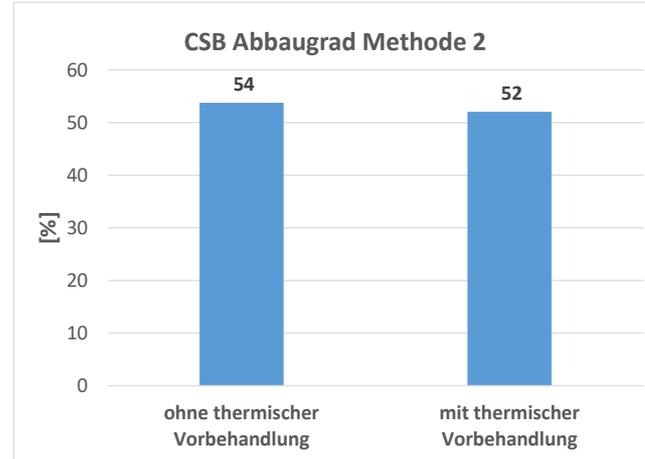
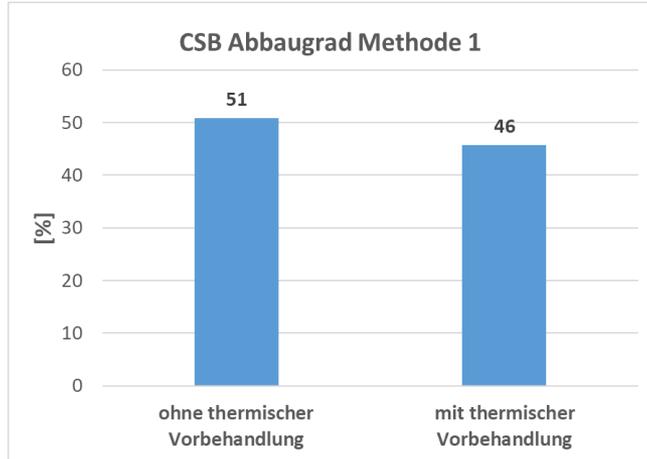


# CSB Bilanz - Abbau



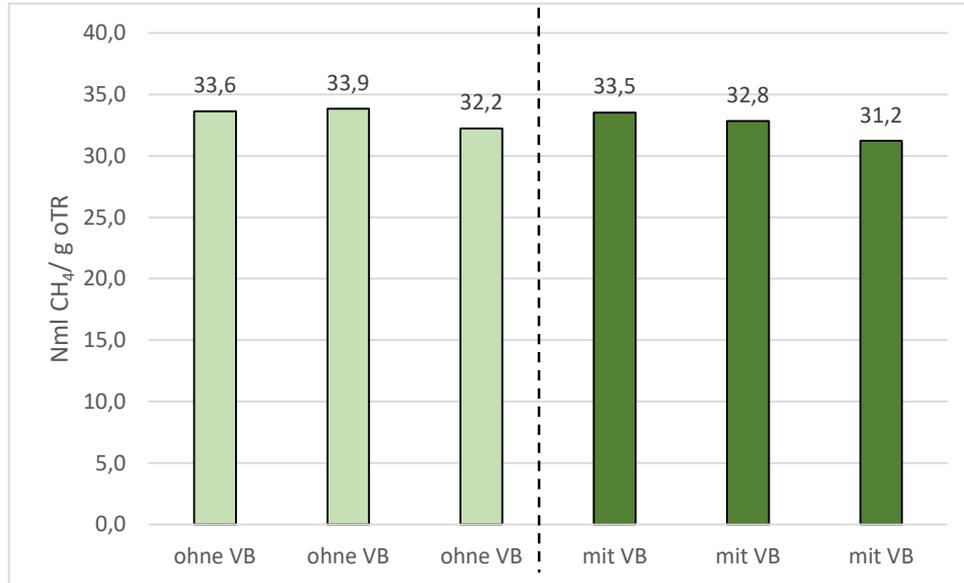
- **Methode 1:** CSB Konzentration x Wochenmenge
- **Methode 2:** Tägliche oTM Frachten x CSB/oTR Faktoren
- Bei beide Methoden wurde jeweils der Vergleich zwischen Mischschlamm und der Summe Primärschlamm+ Überschussschlamm
- Gute Übereinstimmungen

# CSB Bilanz - Abbau



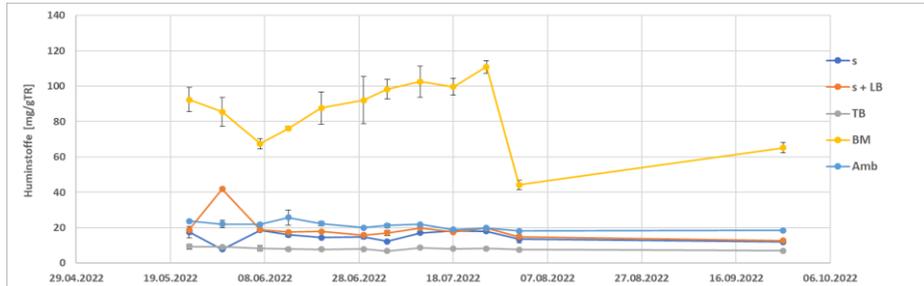
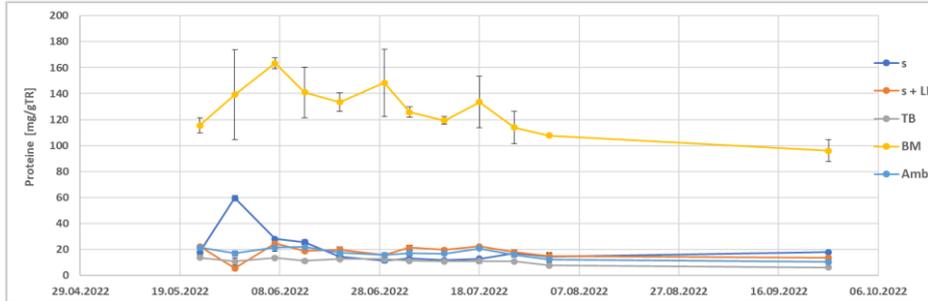
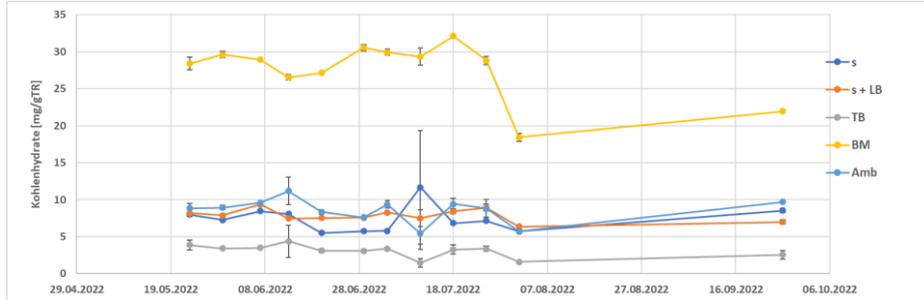
- Beide Rechenwege bestätigen die Reduktion des Abbaugrades

# Restgaspotential - AMPTS



- Es wurde eine Wochenmischprobe jeweils aus dem Zeitraum ohne und eine aus dem Zeitraum mit Vorbehandlung analysiert (in 3 parallelen Ansätzen)
- Vergleichsproben zeigen gleiches Restgaspotential an (keine deutlichen Unterschiede feststellbar).
- Die ähnlichen Restgaspotentiale deuten auf einen ähnlichen Abbaugrad hin

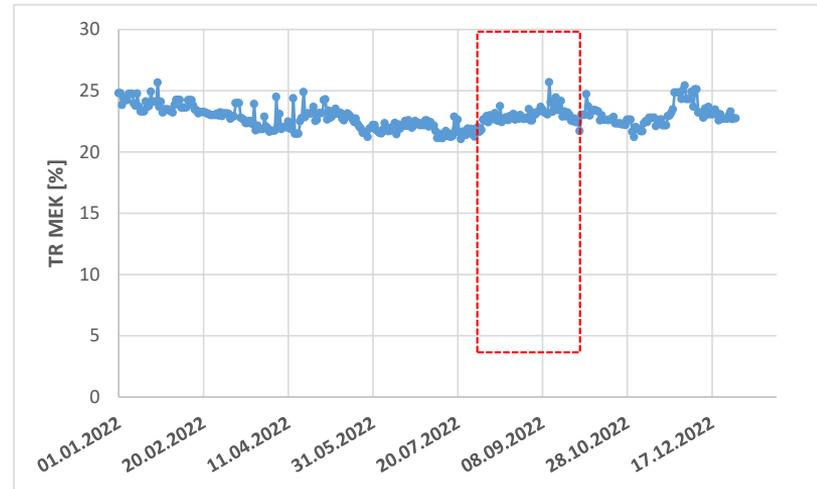
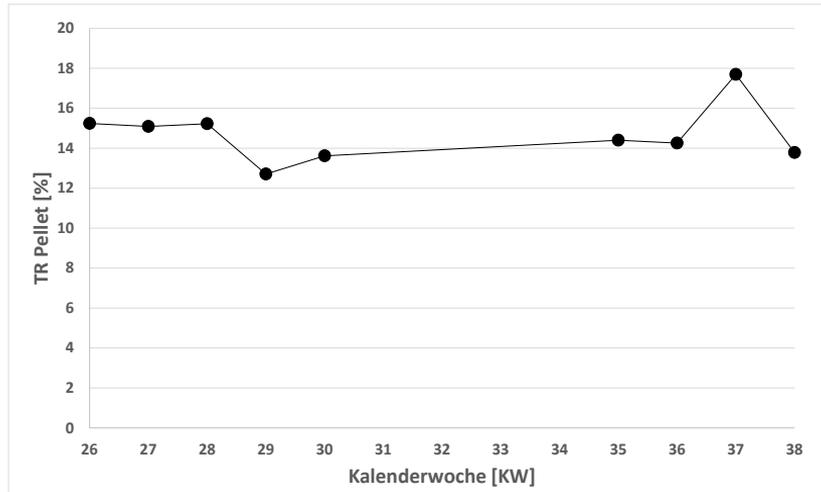
# Extrazelluläre polymere Substanzen (EPS)



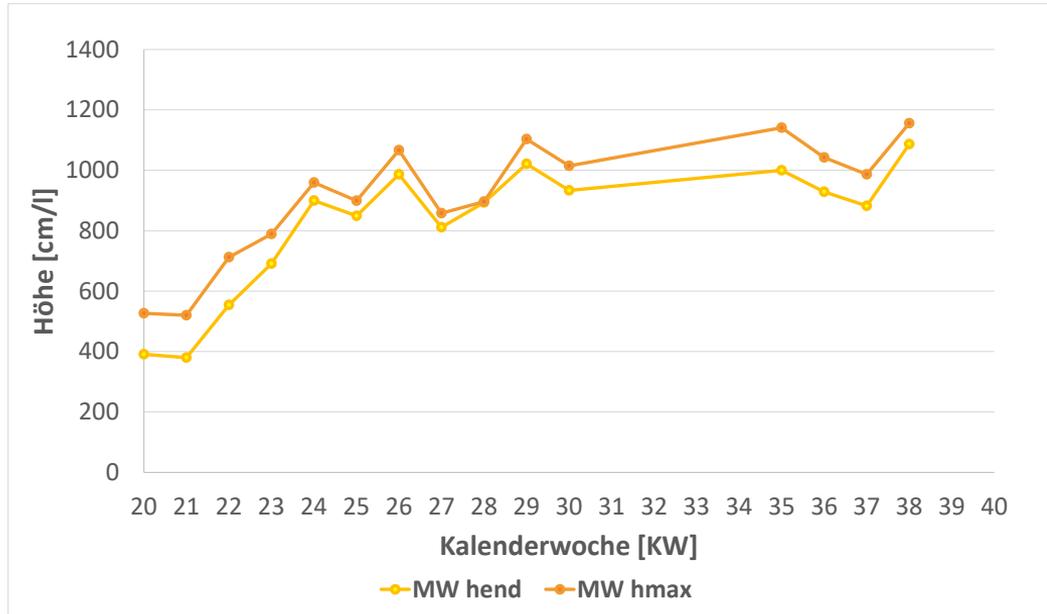
- Keine Aussage möglich
- Zeitraum mit thermischer Vorbehandlung war zu kurz; dadurch war nur mehr ein Messpunkt zeitlich möglich

# Entwässerungseigenschaften

- Versuche mit Laborpresse durchgeführt
- Es konnten keine plausiblen Ergebnisse gewonnen werden
- Zentrifugationsversuch im Labor und großtechnische Daten zeigen keine Veränderung der Entwässerungseigenschaften



# 8. Schaumverhalten



- Schaumbildung ist von Kalenderwoche 20 bis 25 angestiegen
- Nach der Umstellung auf die thermische Vorbehandlung nahezu gleichgeblieben
- Somit kein Einfluss der thermischen Vorbehandlung feststellbar auf das Schaumverhalten bei der Labormessung feststellbar

# Zusammenfassung

- Untersuchungen im Batchbetrieb: mit reinem ÜSS leichte Steigerung der Biogasausbeute, mit PS/ÜSS Mischung kein signifikanter Effekt durch die Vorbehandlung messbar
- Untersuchungen im Fed Batch Betrieb: Vorbehandlung hat keinen Einfluss auf die Biogasausbeute und das Entwässerungsverhalten
- Schaumverhalten im Fed Batch Betrieb: Die Vorbehandlungen haben keinen Einfluss auf die Schaumhöhe am Ende ( $H_{\text{end}}$ ) **aber eine signifikante Auswirkung auf die Schaumhöhe maximale Schaumhöhe ( $H_{\text{max}}$ ). Die maximale Schaumhöhe steigt durch die Vorbehandlung an**
- Untersuchungen Versuchsanlage vor Ort: Versuch zu kurz gelaufen wegen Verzögerungen und Pumpenausfall. Versuch führte zu ähnlichen Ergebnissen wie im Labor: Stabiler Prozess, kein Einfluss auf Entwässerungsverhalten, keine Verbesserung des Schaumverhaltens. Aber: Abbaugrad wurde durch Behandlung reduziert. Im Zeitraum der Umstellung wurden größere Mengen Eisen-Fällmittel dosiert → Hemmung? **Insgesamt können aus diesem Großversuch noch keine gültigen Schlüsse gezogen werden**

# Zusammenfassung

- Wenn man alle Ergebnisse und Erfahrungen aus Literatur und dem vorliegenden Projekt versucht zusammenzufassen, **ergibt sich ein uneinheitliches Bild!**
- Labormaßstab: CSB Aufschlussgrad der thermischen VB gut reproduzierbar. Biogas: Wenn nur ÜSS alleine vergärt wird (Batch oder Kontroversuch) dann **Mehrerträge durch Aufschluss meistens nachweisbar (+10-20 %).** Wenn Mischschlamm (PS/ÜSS) eingesetzt wird, dann Unterschiede oft nicht signifikant
- Untersuchungen von **Toutian et al 2021-2022: 0-40 % mehr Biogas aus Mischschlamm.** Einjähriger Versuch. Minimum im Winter, Maximum im Sommer.
- Entwässerungseigenschaften: Keine signifikante Veränderung in den vorliegenden Versuchen. J. Kopp: Signifikante Veränderung des Entwässerungskennwertes TR(A)
- Schaumverhalten: Signifikante Veränderung (Erhöhung!) der maximalen Schaumhöhe durch Vorbehandlung im Labor Fed Batch Versuch, würde somit **einen negativen Effekt auf das Schaumverhalten** bedeuten. **Stimmt nicht mit Literaturhinweisen und Erfahrung der ARA Tobl zusammen**
- **Somit konnten insgesamt noch keine eindeutigen Schlüsse gezogen werden.**

# Offene Fragen

- **Inwieweit schwanken die Ergebnisse von Kläranlage zu Kläranlage?**
- **Inwieweit hat die Zusammensetzung des Überschussschlammes einen Einfluss**
  - auf die Veränderung des Gasertrages
  - auf die Veränderung der Entwässerungseigenschaften
  - auf das Schaumverhalten
- **Weiterführende Untersuchungen sind notwendig!**