

# Thermo-Druck und Thermo-Alkalische Hydrolyse von Klärschlamm

IWAMA Nationaler Workshop  
Energie- und Schlammoptimierung  
Donnerstag 28.02.2019  
Rostock

*Vahid Toutian<sup>1,2</sup>, Matthias Barjenbruch<sup>1</sup>, Christian Loderer<sup>2</sup>, Christian Remy<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Technische Universität Berlin, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft*

*<sup>2</sup>Kompetenzzentrum Wasser Berlin*



Projekt wurde finanziert von:



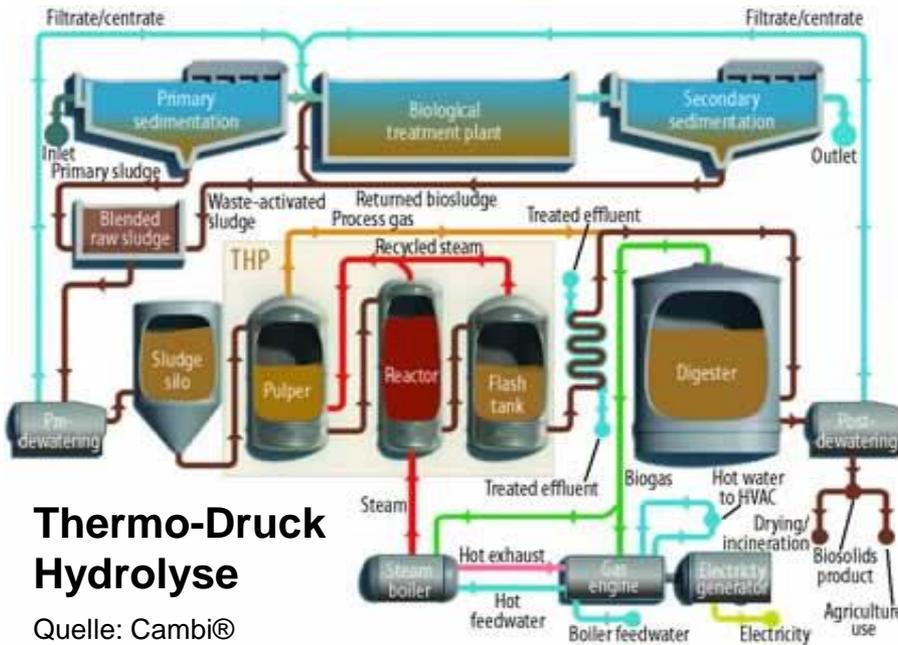
KOMPETENZZENTRUM  
WasserBerlin

Senatsverwaltung  
für Umwelt, Verkehr  
und Klimaschutz



KOMPETENZZENTRUM  
WasserBerlin

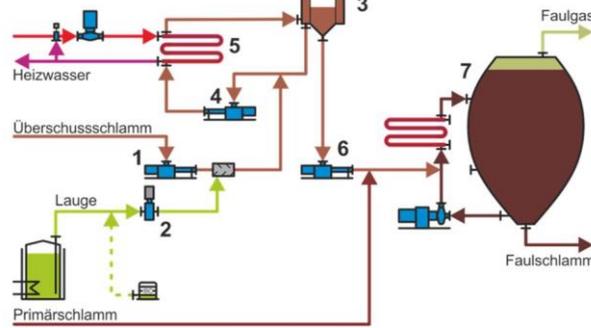
# Thermo-Druck und Thermo-Alkalische Hydrolyse



- Cambi als Marktführer
- Mehr als 50 Anlagen
- Betriebsparameter
  - Verweilzeit: 30 min
  - Temperatur: 165°C
  - Druck: 6 bar
- Batch und Kontinuierlich
- Verschiedene Konfigurationen
  - Vor der Faulung
  - Inzwischen der Faulungen (DLD)
  - Nach der Faulung (Solidstream®)

## Thermisch-chemischer Zellaufschluss

- 1 Zulauf Überschussschlamm
- 2 Natronlauge
- 3 Reaktor
- 4 Zirkulationspumpe
- 5 Aufheizung
- 6 Abzugspumpe
- 7 Zirkulation Faulung



- mehr Gas
- weniger Schlamm
- weniger Flockungshilfsmittel

Quelle: Pondus®

- Pondus als Marktführer
- 7 Großtechnische Anlagen
- Betriebsparameter
  - Verweilzeit: 2 h
  - Temperatur: 65°C
  - Druck: drucklos
  - Natronlauge: 1-2,5 mL/L Schlamm
- Kontinuierlich

# Effekte der Thermo-Druck und thermo-alkalischen Hydrolyse

## • Vorteile

- Steigerung der Gasproduktion → zusätzliche Wärme und Strom
- Verminderung der Schlamm → Verringerung der Entsorgungskosten
- Verminderung der Viskosität → Erhöhung der Kapazität des Faulturms
- Verminderung der Schaumbildung in der Faulung → Betriebskosten, Entschäumungsmittel
- Verbesserung der Entwässerbarkeit! → Verringerung der Entsorgungskosten
- Verminderung des Polymerbedarfs! → Polymerkosten
- Hygenisierung des Faulschlammes → landschaftliche Verwertung

## • Nachteile

- Bildung von hartem CSB bzw. organischen N-Verbindungen → Erhöhung des CSB im Ablauf
- Erhöhung der Rückbelastung ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) → Erhöhung des Belüftungsbedarfs bzw. zusätzlicher Substrat zur Denitrifikation
- Kapital- und Betriebskosten

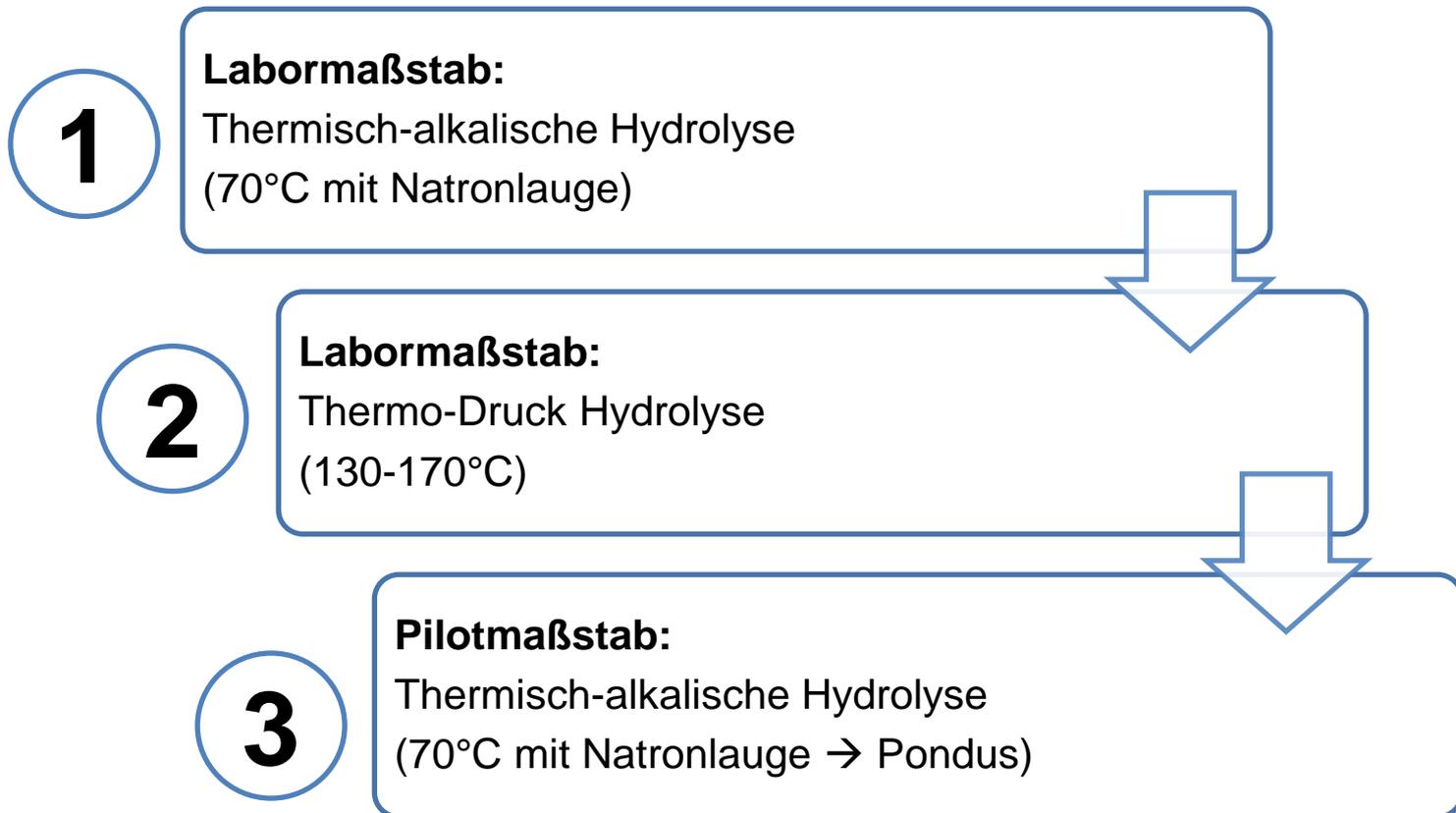
# Planung der Versuche

Evaluation von Verfahrensoptionen zur Senkung von Energiebedarf und Treibhausgasemissionen der Berliner Kläranlagen



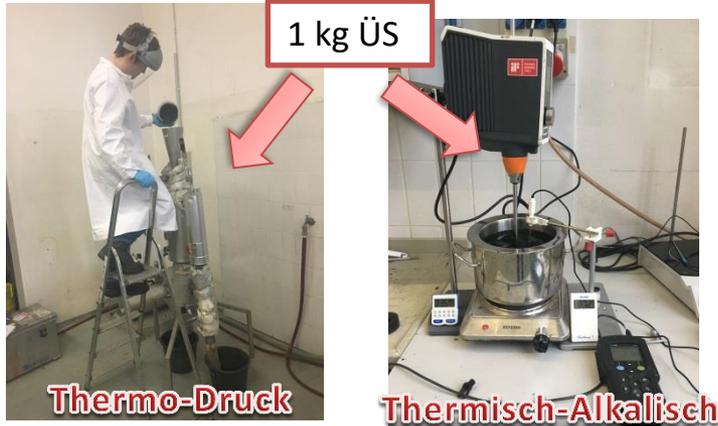
**Projektdauer** → 3 Jahre (März 2017 – Feb 2020)

**AP2** → Labor-/Pilotversuche zur thermisch-alkalischen und Thermo-Druck Hydrolyse



# Methodologie: Versuchsschritte im Labor

## Schritt 1: Hydrolyse vom Schlamm



## Schritt 2: Faulung

1,2 kg (Hydrolysiertes Schlamm + Inokulum)



## Schritt 4: Zahn Wellens Test

150 mL  
Filtrat +  
Inokulum



## Schritt 3: Entwässerung und Filtration

Passierfilter

1,2 kg  
Ausgefaulter  
Schlamm



300 mL Filtrat  
(<100 µm)

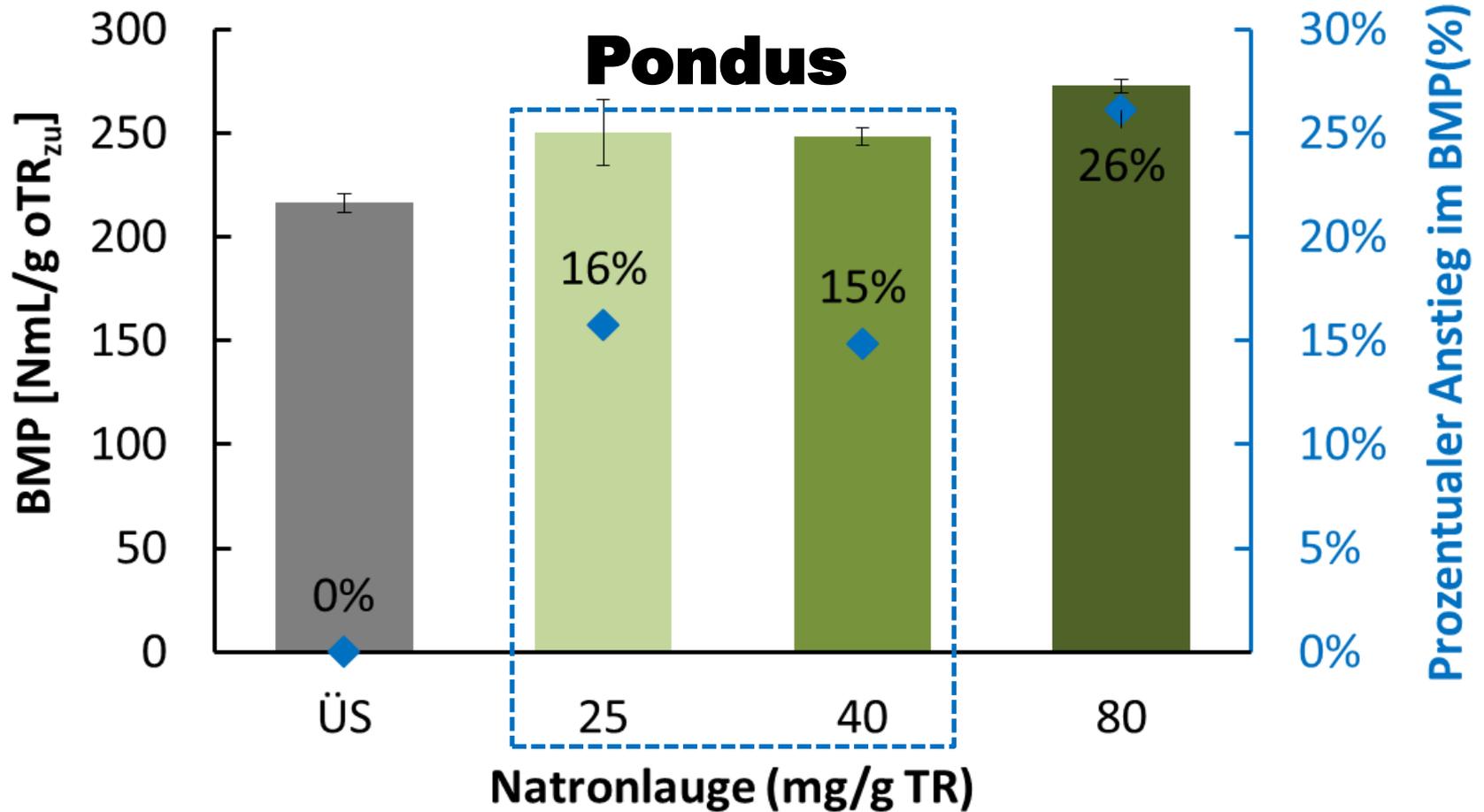
Zentrifugation



**1**

# **Thermisch-alkalische Hydrolyse im Labormaßstab (Temp. 70°C)**

# BMP Test



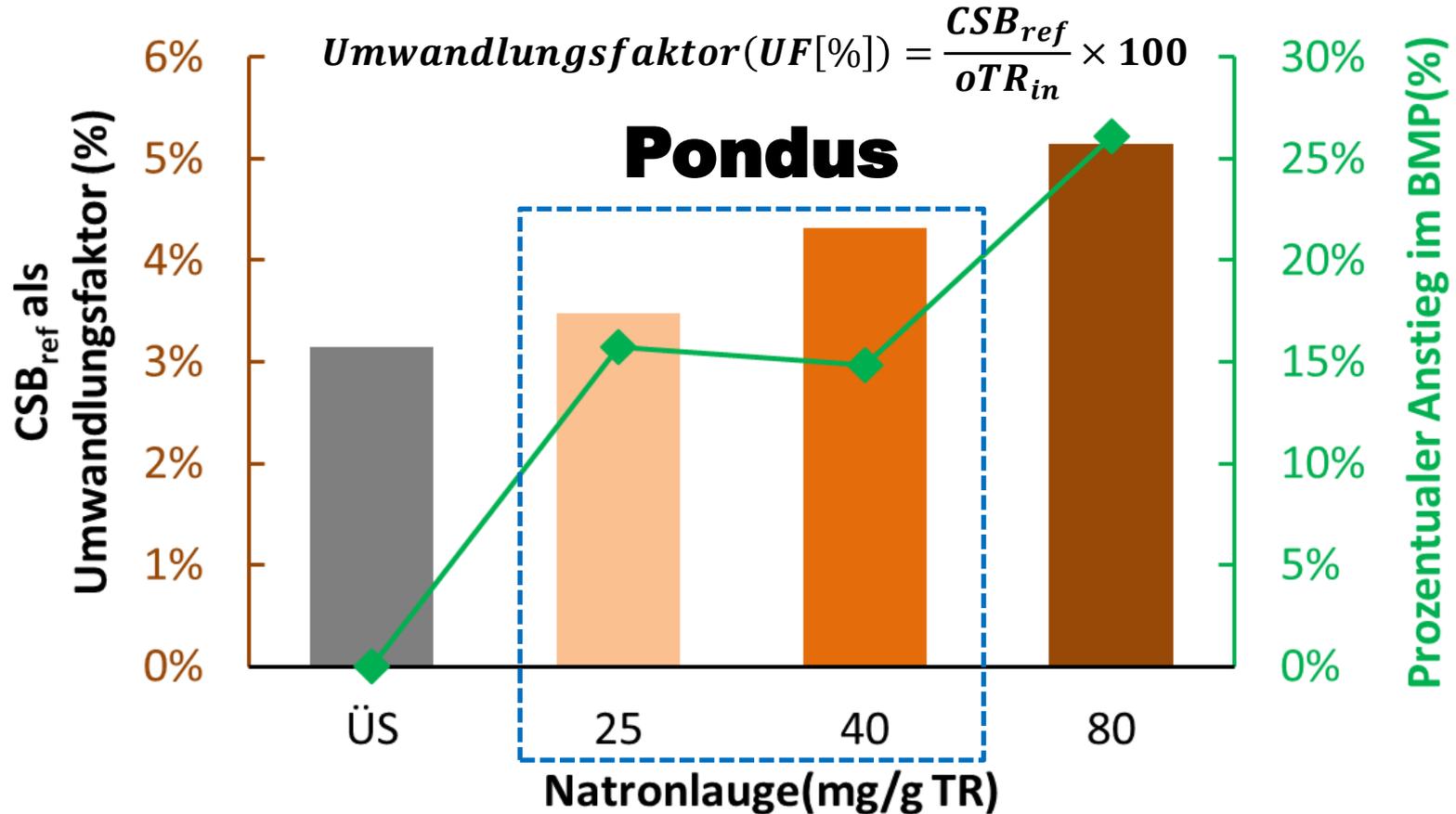
Gassteigerung maximal → +26% (nur ÜS)

# Zahn-Wellens Test

## Umwandlungsfaktor aus Massenbilanzierung:

$CSB_{ref}$  = Fracht des restgebliebenen refraktären CSB nach ZW-Test

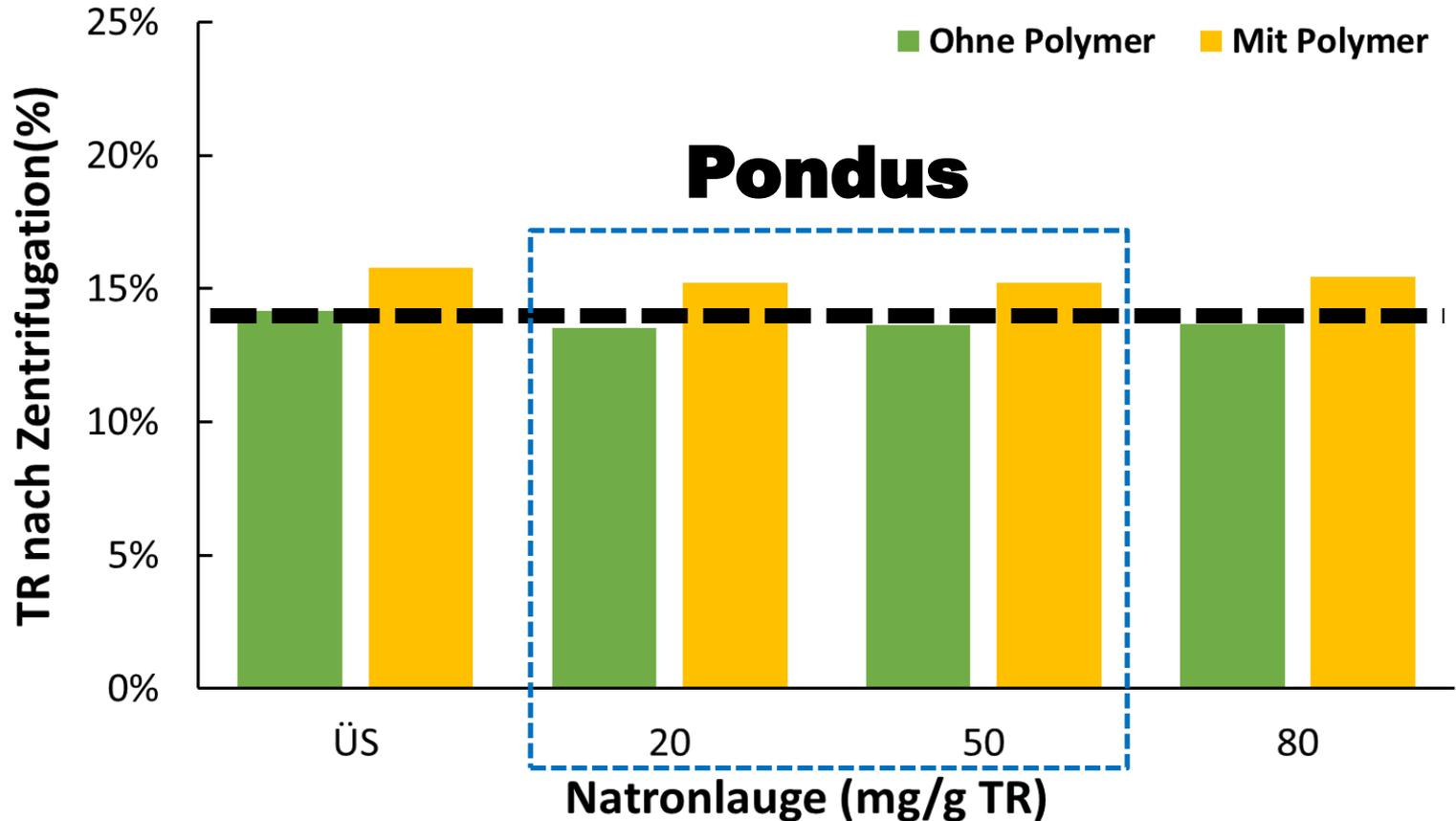
$oTR_{in}$  = reingefügte Menge vom oTR in die Faulung



Anstieg in refraktären CSB → von 3% auf 5%  
(relativer Anstieg 67% im Zentrat)

# Test der Entwässerbarkeit mit Zentrifuge

- Zentrifuge mit 25000G (30 min)
- Polymerzugabe: 12 g/kgTR



Thermisch-alkalische Hydrolyse:

keinen Effekt auf die Entwässerbarkeit

→ Entspricht der Ergebnisse von Pondus-Anlage in Ülzen (Dünnebeil 2018)

**2**

# **Thermo-Druck Hydrolyse im Labormaßstab**

# Vorstellung der Anlage

**Gemietet für 8 Monate:**

Feb. 2018-Okt. 2018

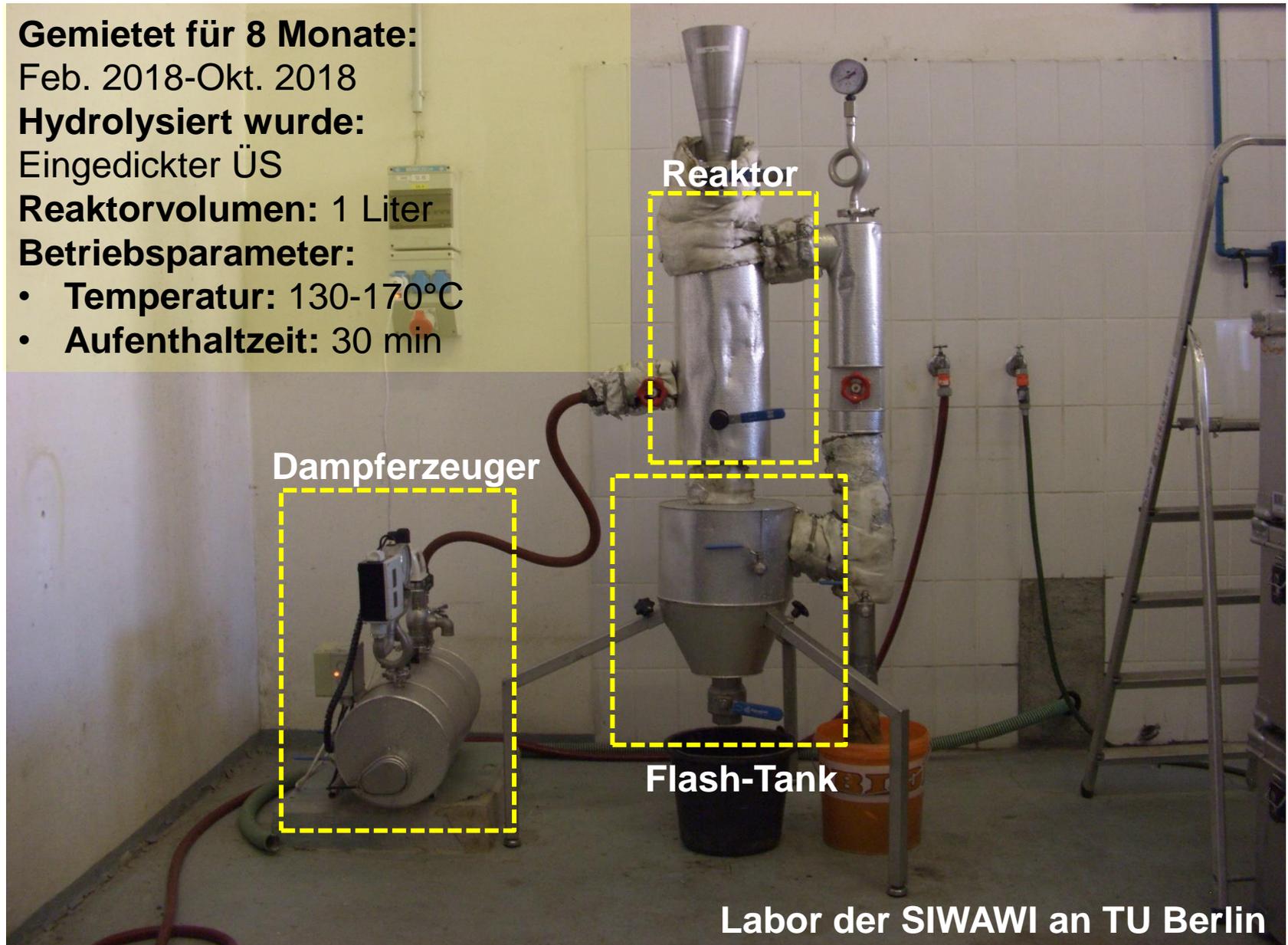
**Hydrolysiert wurde:**

Eingedickter ÜS

**Reaktorvolumen: 1 Liter**

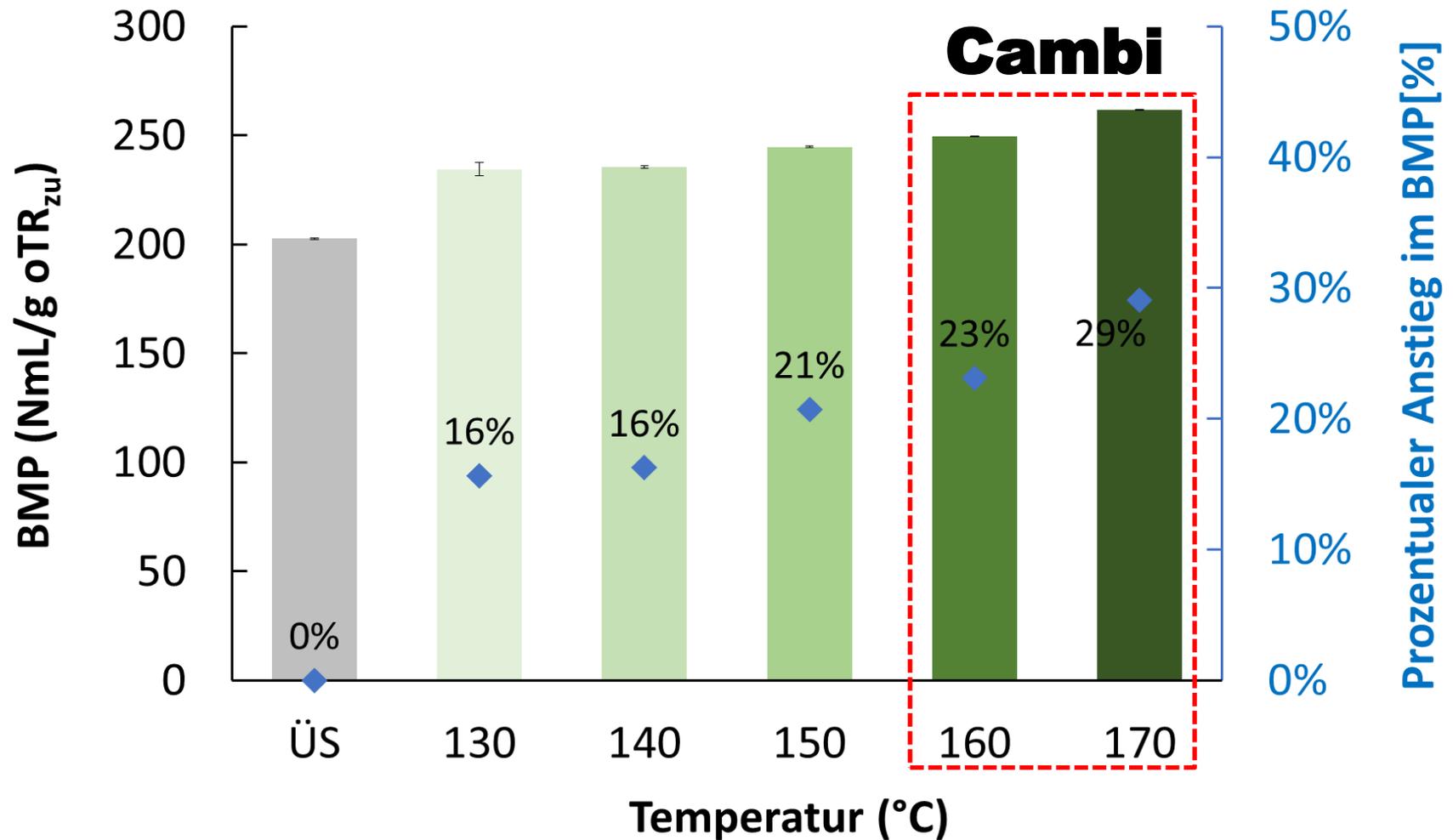
**Betriebsparameter:**

- **Temperatur: 130-170°C**
- **Aufenthaltszeit: 30 min**



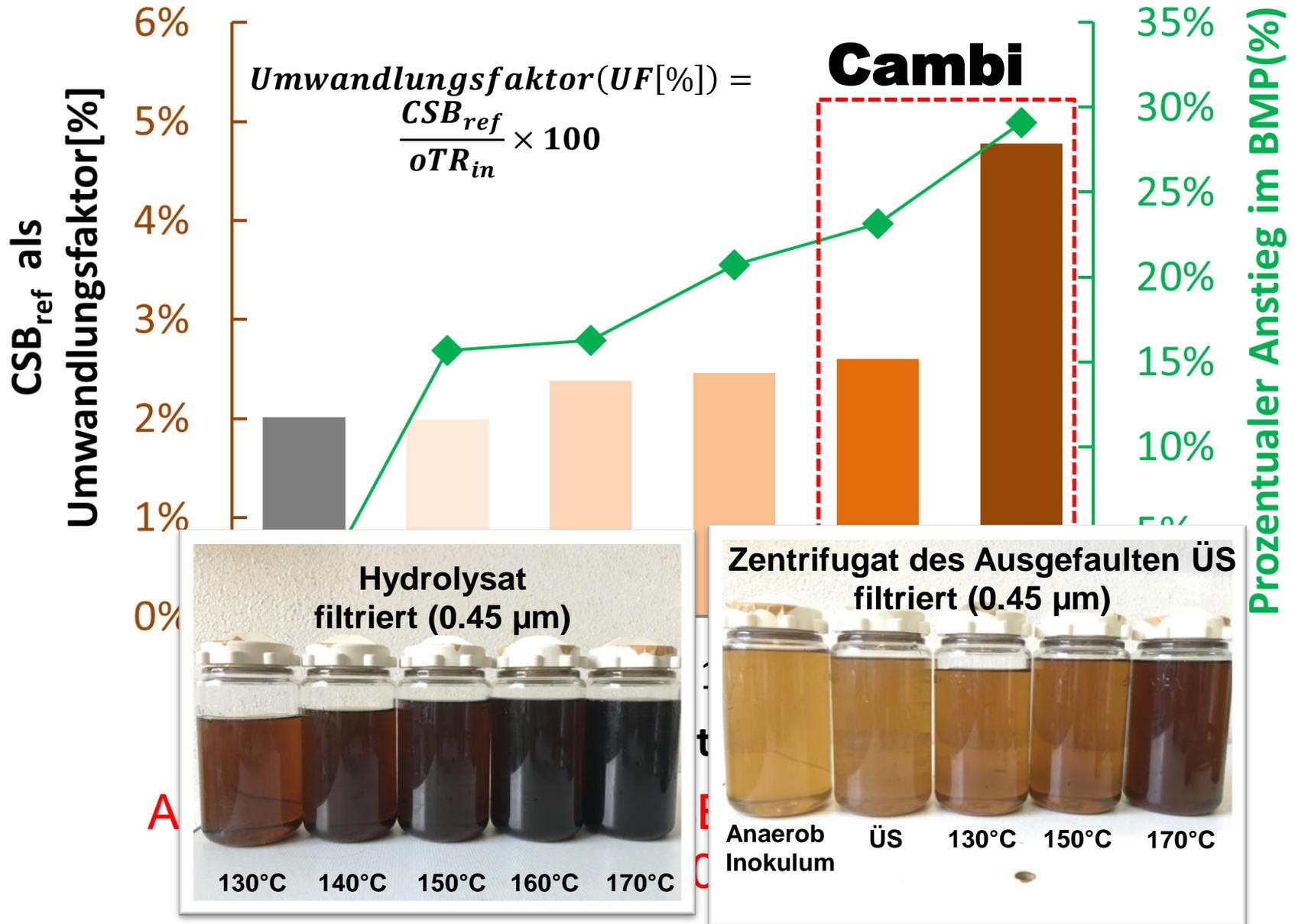
Labor der SIWAWI an TU Berlin

# BMP-Tests



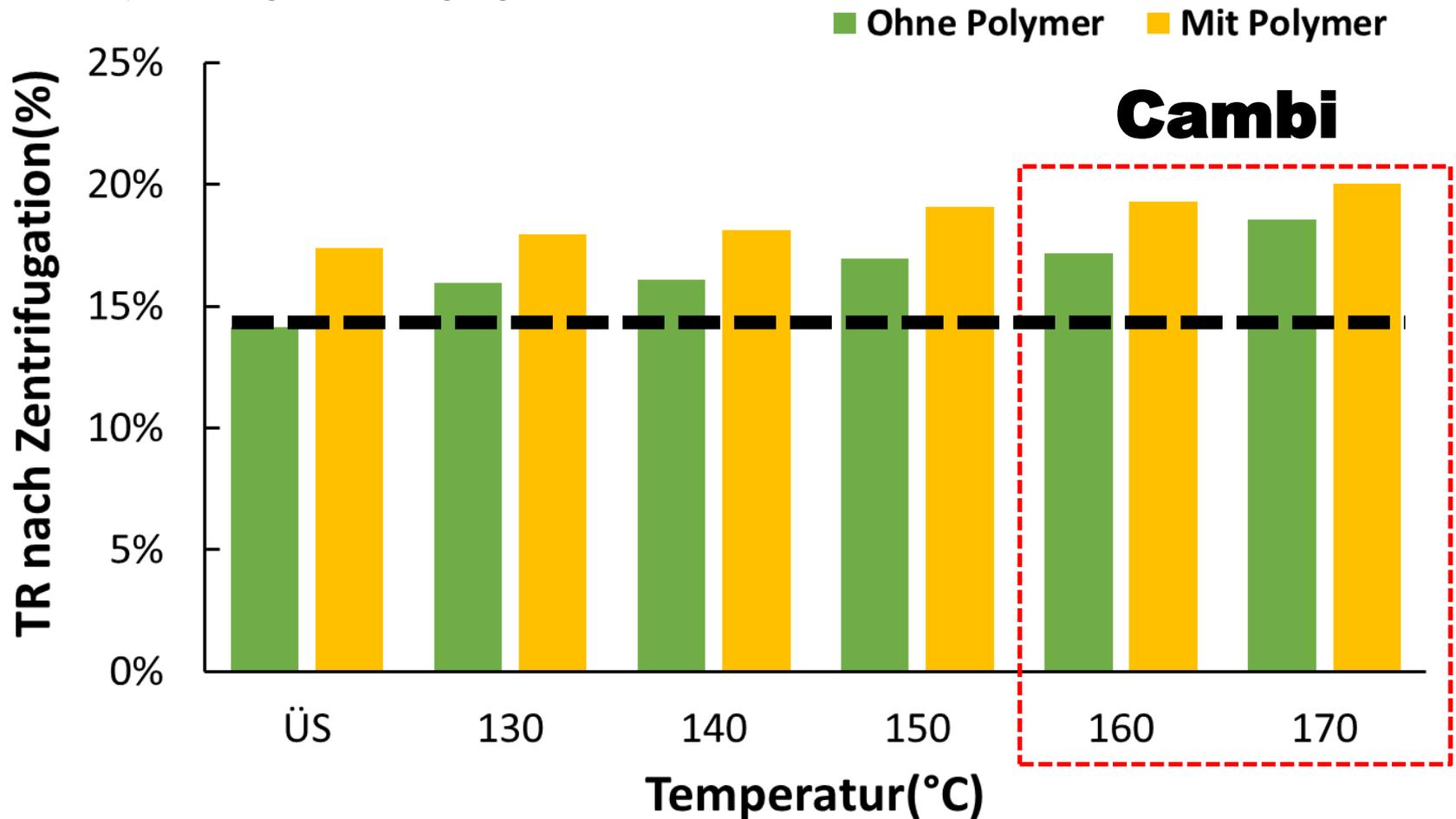
Gassteigerung maximal → +29% (nur ÜS)

# Zahn-Wellens Tests



# Test der Entwässerbarkeit mit Zentrifuge

- Zentrifuge mit 25000G (30 min)
- Polymerzugabe: 12 g/kgTR



Verbesserung der Entwässerbarkeit bis +4% TR-Gehalt

**3**

# **Thermisch-alkalische Hydrolyse im Pilot-Maßstab (Pondus Verfahren)**

# Übersicht der Pilotversuche mit der Pondus-Anlage



**Dauerzeit:**  
Juli 2018-  
Mai 2019  
(11 Monate)



**Reaktor 1:**  
50% ÜS+50% PS

**Reaktor 2:**  
50% Hyd. ÜS+50% PS

Hydrolyse in  
Berlin

Transport Nach  
Freiberg (3 St.)

Faulung in  
Freiberg

Zurück nach  
Berlin(3 St.)

Zu weiteren  
Analysen

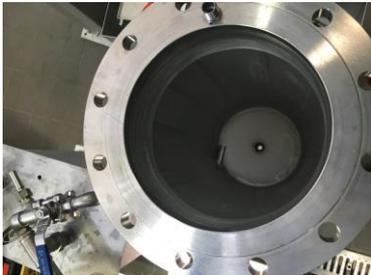
- Waßmannsdorf KA
- Wöchentliche Hydrolyse
- 24 Stunden Laufzeit
- 350 L ÜS pro Charge
- 3 IBCs zugeschickt
  - *Hydrolysierter ÜS*
  - *ÜS*
  - *PS*

- DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg
- 3 Vorlage-IBCs mit Rührwerke
- 4 Pumpen zur Beschickung
- 2 Reaktoren(je ~2 m<sup>3</sup>)
- Kontinuierlicher Betrieb
- 20 Tage Verweilzeit
- Mesophile Faulung (37°C)
- Wöchentliche Rücksendung der Proben

# Pilotanlage des Pondus-Verfahrens



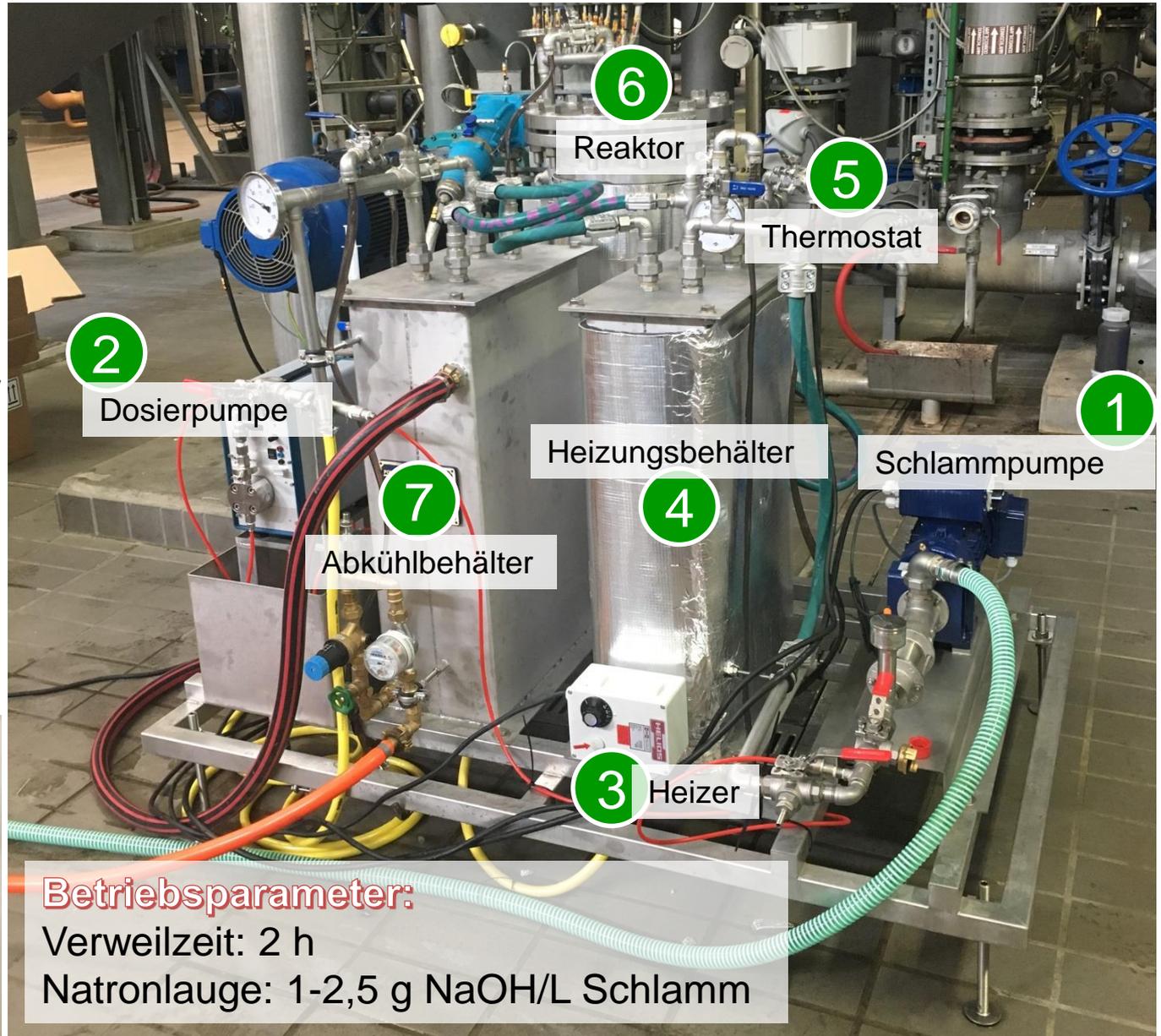
**Spiraler  
Wärmeaustauscher**



**Reaktor**



**Sieb**



# Faulung in Freiberg

**Reaktor 1:**  
50% ÜS+50% PS

**Reaktor 2:**  
50% Hyd. ÜS+50% PS

## Online-gemessene Parameter in Gaslinie:

Biogasmenge  
Biogasvolumenstrom  
Biogaszusammensetzung  
Biogastemperatur  
Biogasdruck

## Online-gemessene Parameter in Schlammlinie:

Temperatur  
Redox-Potential  
pH  
Sauerstoffsgehalt  
Leitfähigkeit

## gemessene Parameter in Schlamm-Vorlagebehälter:

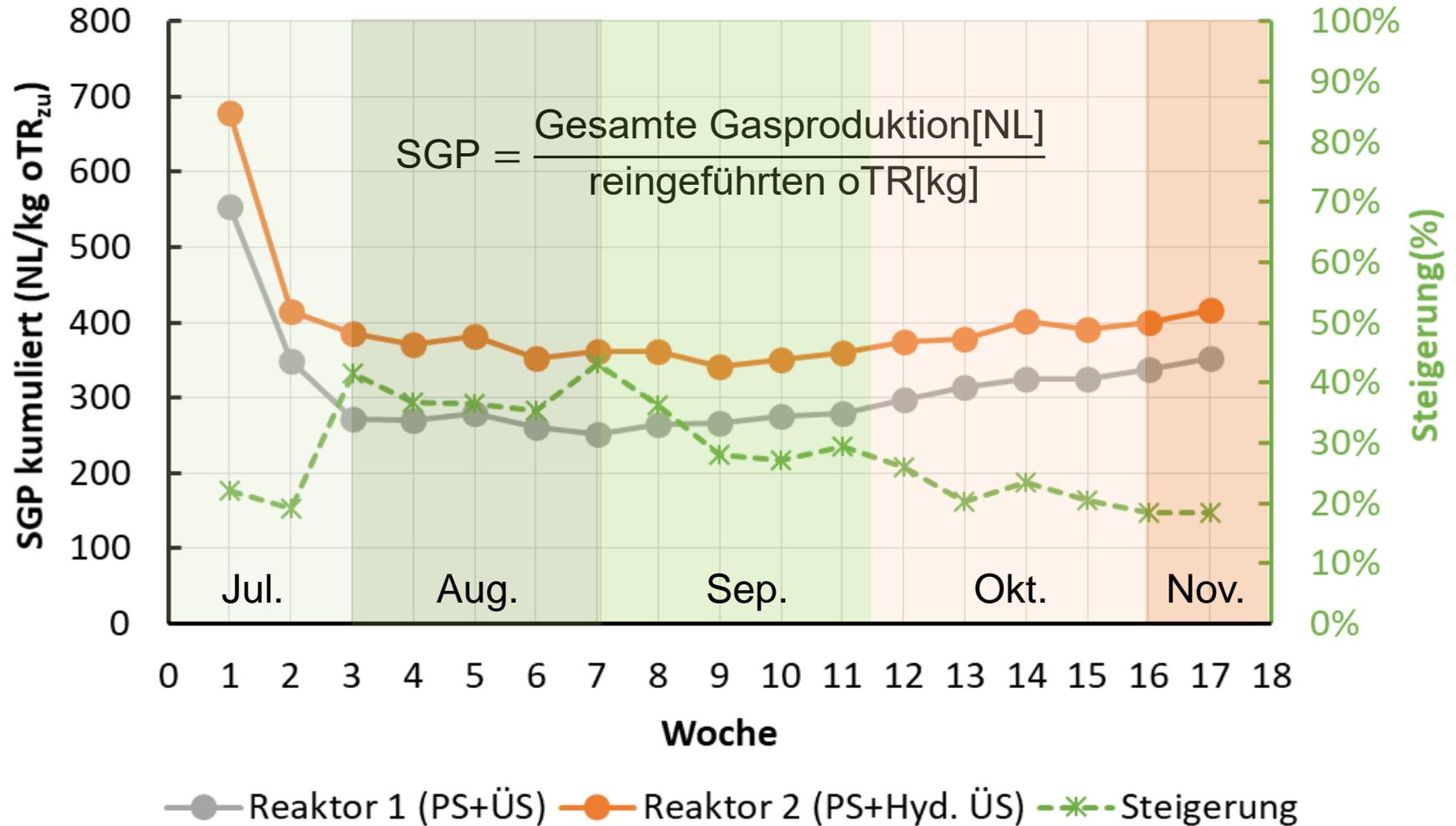
Temperatur  
pH

Vorlage-IBCs zu drei  
Schlämmen

## gemessene Parameter in Schlammlinie:

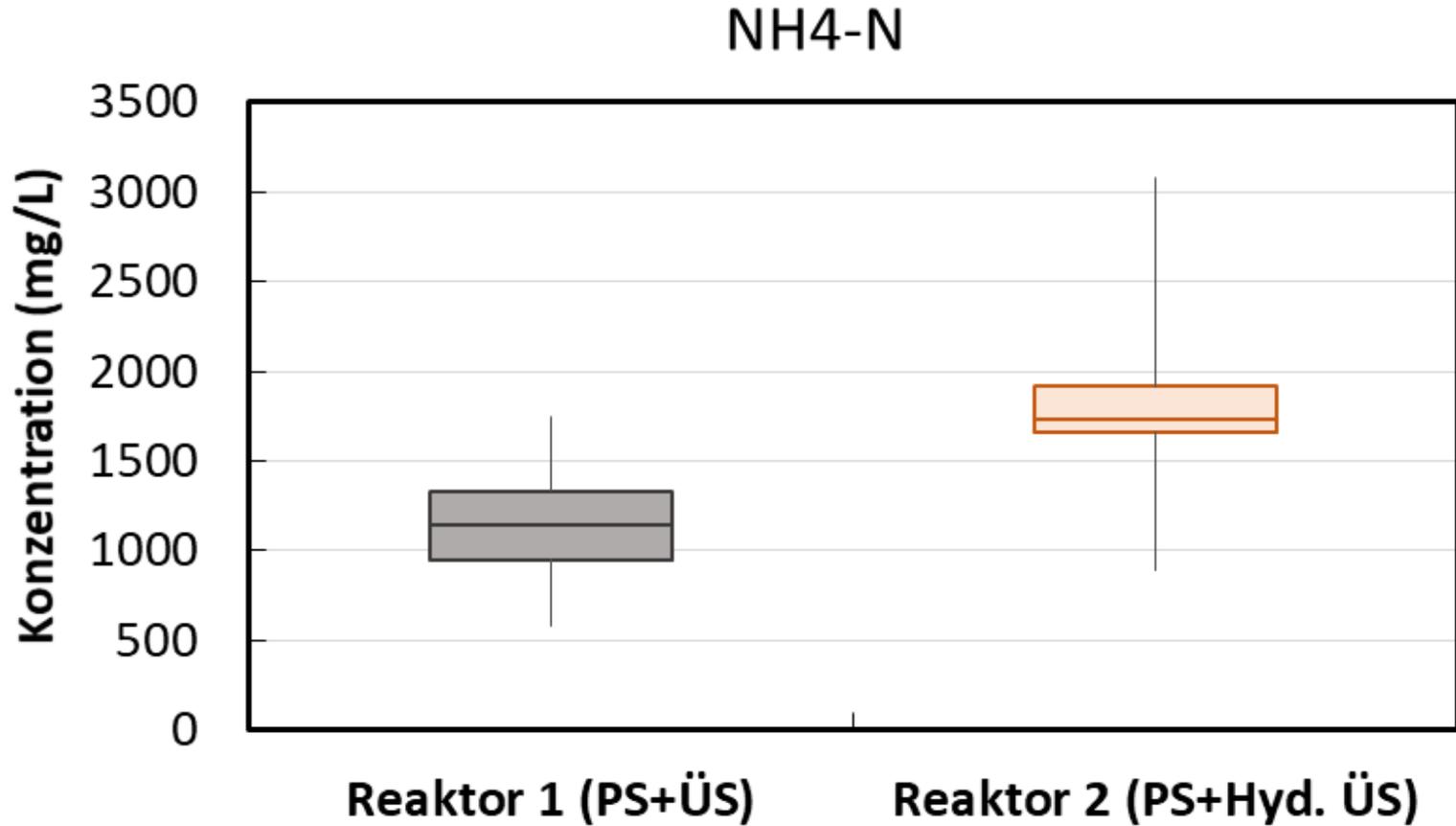
Temperatur  
pH  
TR  
oTR  
NH<sub>4</sub>-N  
PO<sub>4</sub>-P  
Sulfat

# Spezifische Gasproduktion (SGP)



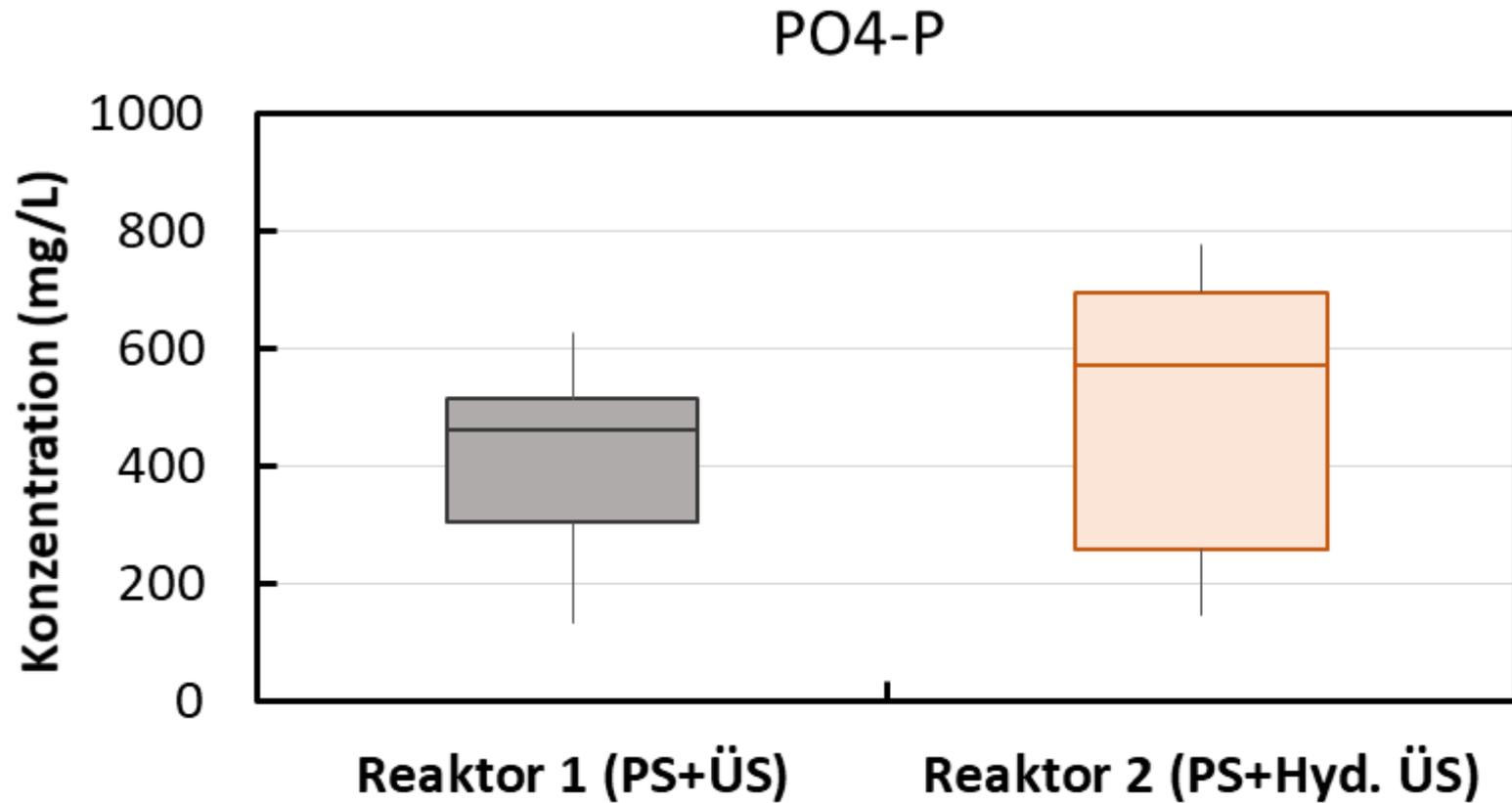
Gassteigerung → +18%

# Rückbelastung von NH<sub>4</sub>-N im Zentrat



Steigerung von NH<sub>4</sub>-N → +47%

# Rückbelastung von PO4-P Im Zentrat



Steigerung von PO4-P → +18%

# Fazit

## Thermodruck Hydrolyse im Labor-Maßstab



## Thermo- alkalische Hydrolyse im Labor-Maßstab



## Thermo- alkalische Hydrolyse im Pilot-Maßstab



<b>Hydrolysiert</b>	ÜS	ÜS	ÜS
<b>Gefault</b>	ÜS	ÜS	ÜS + PS (50/50)
<b>Anstieg des spezifischen Methanertrags [NL/kg oTR<sub>zu</sub>]</b>	Bis zu +29%	Bis zu +26%	Bis zu +18%
<b>Anstieg des refraktären CSB im Zentrat (UF[%])</b>	Von 2% auf 4,8% (+140% relativ)	Von 3% auf 5% (+67% relativ)	Wird gemacht
<b>Entwässerbarkeit (TR-Basis[%])</b>	Bis zu +4%	Keinen Effekt	Wird gemacht

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit..

**“Thermo-Druck und Thermo-Alkalische Hydrolyse von Klärschlamm”**

*Vahid Toutian, Matthias Barjenbruch, Christian Loderer, Christian Remy*



This study is part of the project “E-VENT” (03/2017-02/2020) which is funded by the Berlin Programme for Sustainable Development (BENE) and co-financed by the European Fond for Regional Development and the Senate of Berlin (# 1158-B5-O)

Foto: Getty Images/Stockphoto