



# Statusseminar zum BMBF-Verbundprojekt EXPOVAL „Anpassung und Validierung deutscher Standards für Kläranlagen im Ausland“

## Anaerobe Kommunalabwasserbehandlung – Erfahrungen, Probleme, Bemessungshinweise

**Prof. Dr.-Ing. K.-H. Rosenwinkel (LUH)**

Dr.-Ing. D. Weichgrebe (LUH)

Klaus Nelting, M.Sc. (LUH)

Prof. Dr.-Ing. P. Hartwig (aqua&waste International GmbH)

Dr.-Ing. M. Beier (LUH)

**Hannover, Oktober 2015**



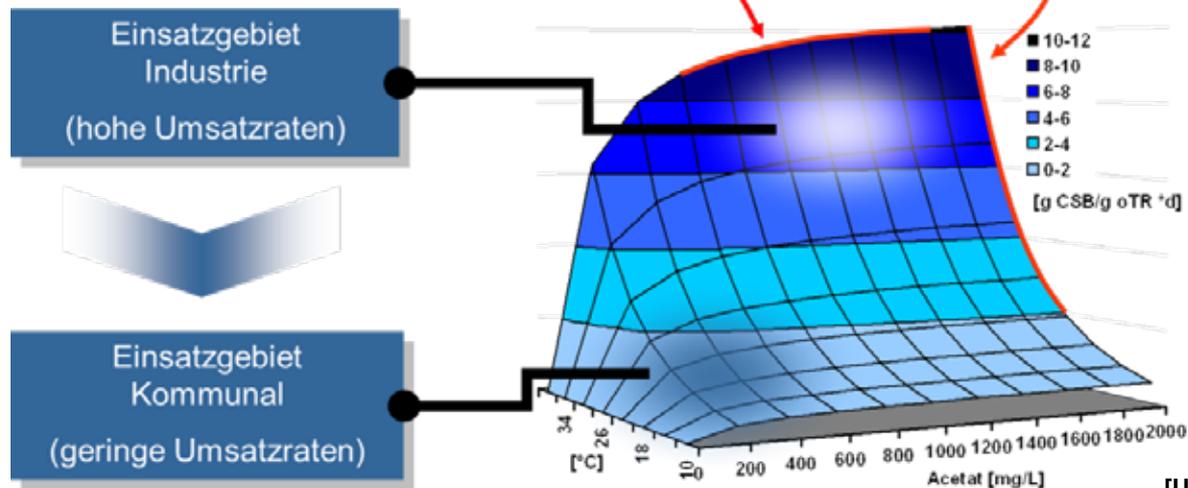
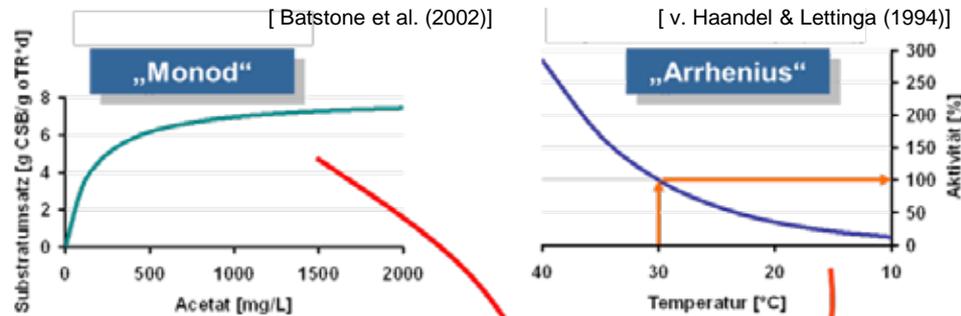
# Inhalt

- § **Anaerobe Kommunalabwasserbehandlung (AnaKomA)**
  - § Einsatzgebiete und Relevanz
  - § UASB Reaktoren
  - § Existierende Bemessungsregelwerke und -hinweise
- § **Material und Methoden**
  - § Labor- und halbtechnische Versuche sowie Großtechnische Untersuchungen
  - § Modellaufbau
- § **Validierungsergebnisse (Auswahl)**
  - § Abbau von gelöstem CSB
  - § Rückhalt von partikulärem CSB
  - § Betriebsprobleme
  - § Gastransfer
- § **Zusammenfassung**

# Anaerobe Kommunalabwasserbehandlung

## Einsatzgebiete und Haupteinflußfaktoren

- § **Systembelastung** hier:  $CSB_{\text{hom}} < 1.000 \text{ mg/L}$ ;  $CSB_{\text{part}}/CSB_{\text{hom}} = 0,4-0,7$
- § **Temperatur** hier :  $20-35 \text{ }^\circ\text{C}$



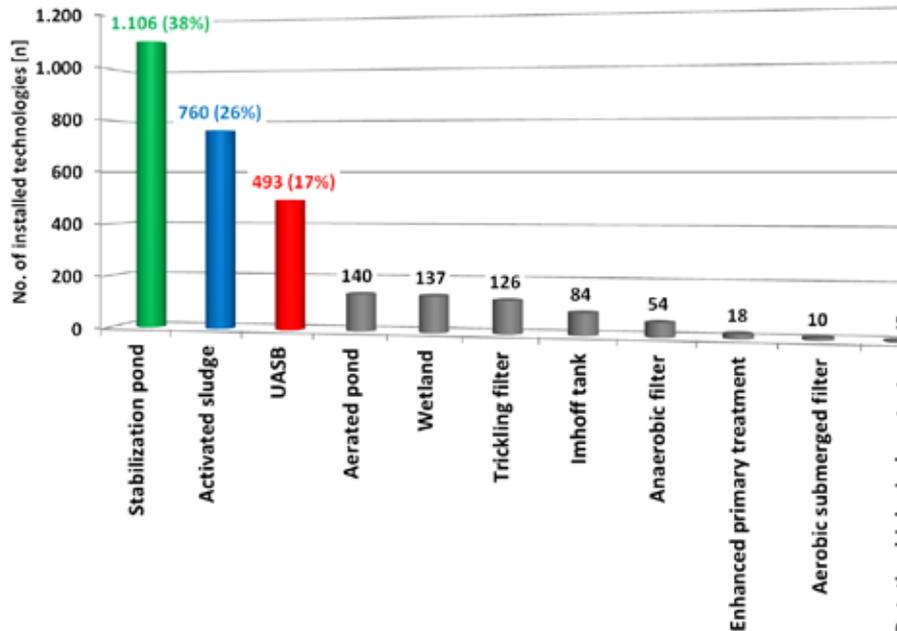
[Urban, 2009]

# Anaerobe Kommunalabwasserbehandlung

## Relevanz am Bsp. Süd- und Mittelamerika

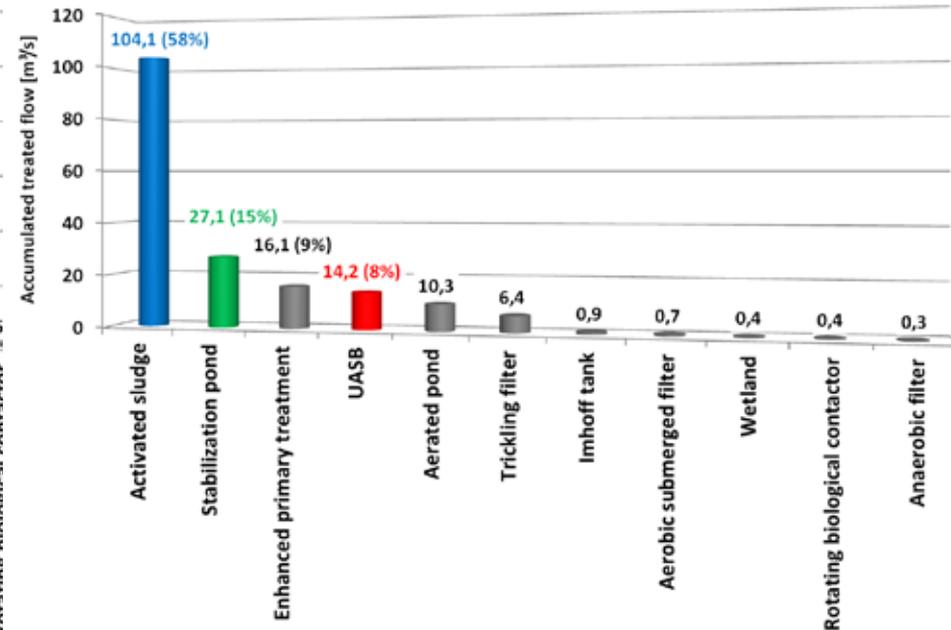
§ Aus 2.734 untersuchten Anlagen in 6 Ländern nimmt der **UASB** **Rang 3 (Anzahl von Anlagen)** bzw. **Rang 4 (kummulierte Abwassermenge)** ein (Noyola et al., 2012).

### Anzahl [n]



[Noyola et al., 2012, neu formatiert]

### Menge [m<sup>3</sup>/s]



[Noyola et al., 2012, neu formatiert]

# Anaerobe Kommunalabwasserbehandlung

## UASB Reaktor

### § Zulauf- und Verteilungssysteme

### § Faulraum

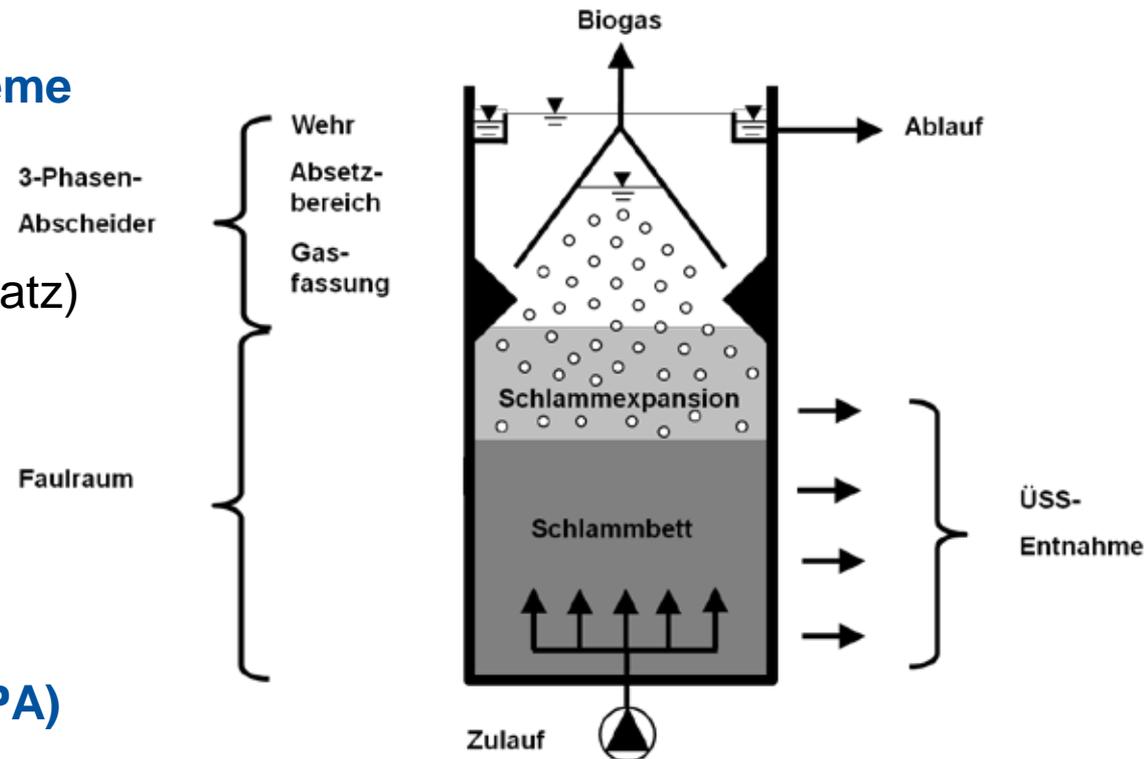
- § Schlammraum (Biol. Umsatz)
- § Hydraulischer Puffer (Schlammexpansion)

### § ÜSS Entnahme

### § Drei Phasen Abscheider (3PA)

- § Rückhalt von Feststoffen
- § Auffangen von ungelöstem Methan (Gasblasen)

### § Absetzzone und Überlauf





# Anaerobe Kommunalabwasserbehandlung

## Existierende Bemessungsregelwerke und -hinweise

### DWA

- § DWA-Arbeitsgruppen und Merkblätter für Industrieabwässer

### Fachliteratur:

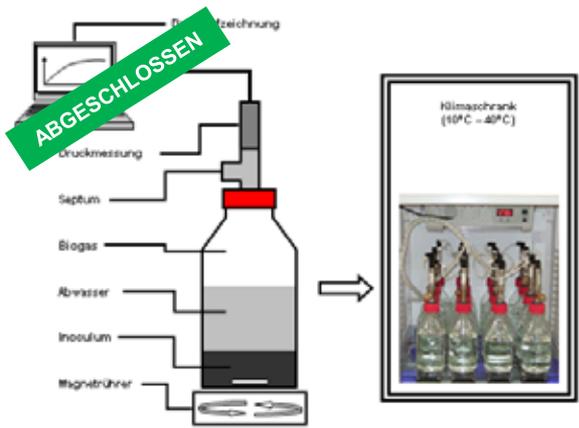
- § Rosenwinkel, K.-H.; et al. (2015): **Anaerobtechnik**
- § Tchobanoglous, G.; et al. (2004): ***Wastewater engineering: treatment and reuse (Metcalf & Eddy)***
- § von Sperling, M.; Chernicharo, C. A. de L. (2005): **Biological wastewater treatment in warm climate regions**

### Bemessungsparameter:

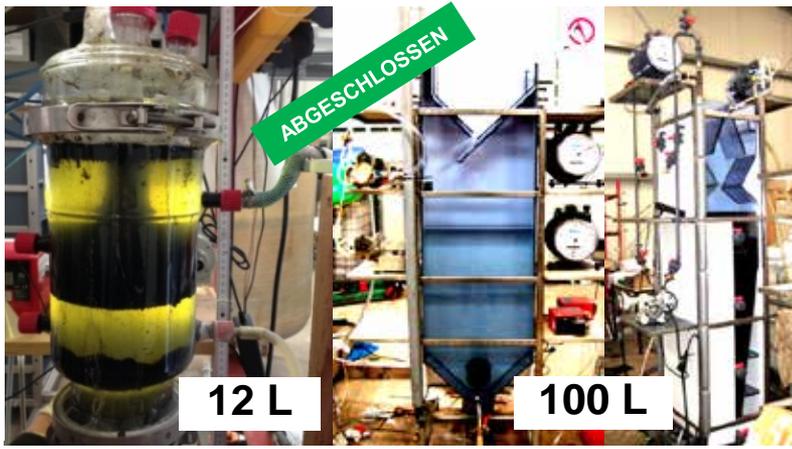
- § Für **Industrie**:  $B_R$ ,  $B_{oTS}$ ,  $t_R$ ,  $q_A$ ,  $q_G$
- § Für **kommunale UASB's**:  $t_R$ ,  $V_{auf}$ , konstruktive Hinweise (Geometrie, 3PA, etc.)

# Material und Methoden

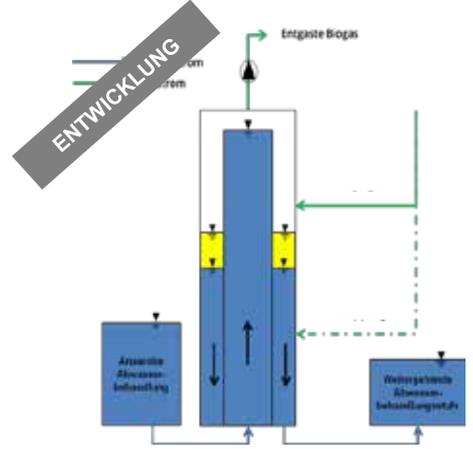
## Hannover (Anaerobe Batch Tests)



## Hannover (UASB Labor)



## DiMeR Dissolved Methane Recovery



## Bahrain (UASB Pilot)



50 m<sup>3</sup>

## Brasilien - Minas Gerais (UASB Großtechnik)



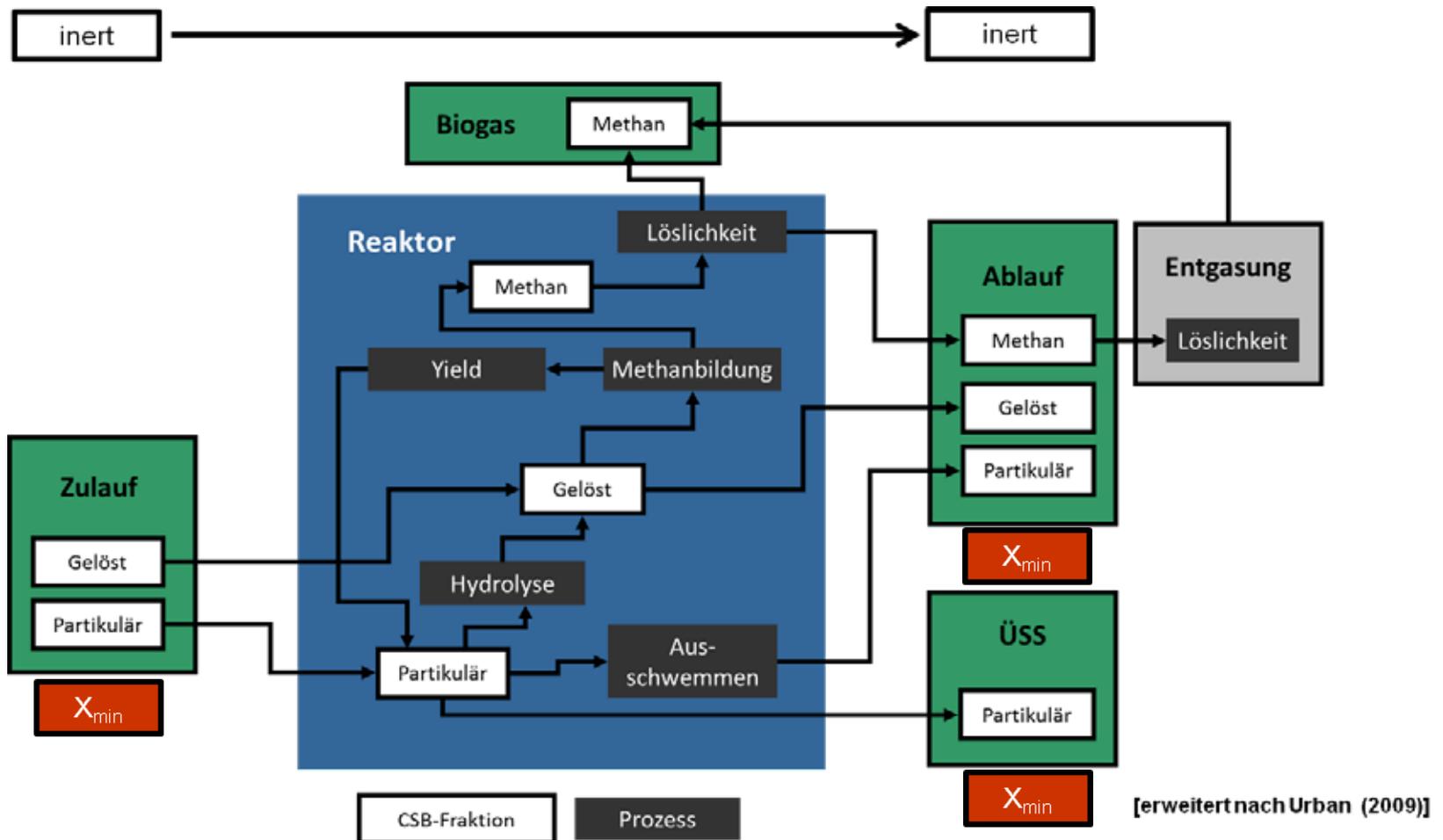
650 m<sup>3</sup>

## Indien - Maharashtra (UASB Großtechnik)



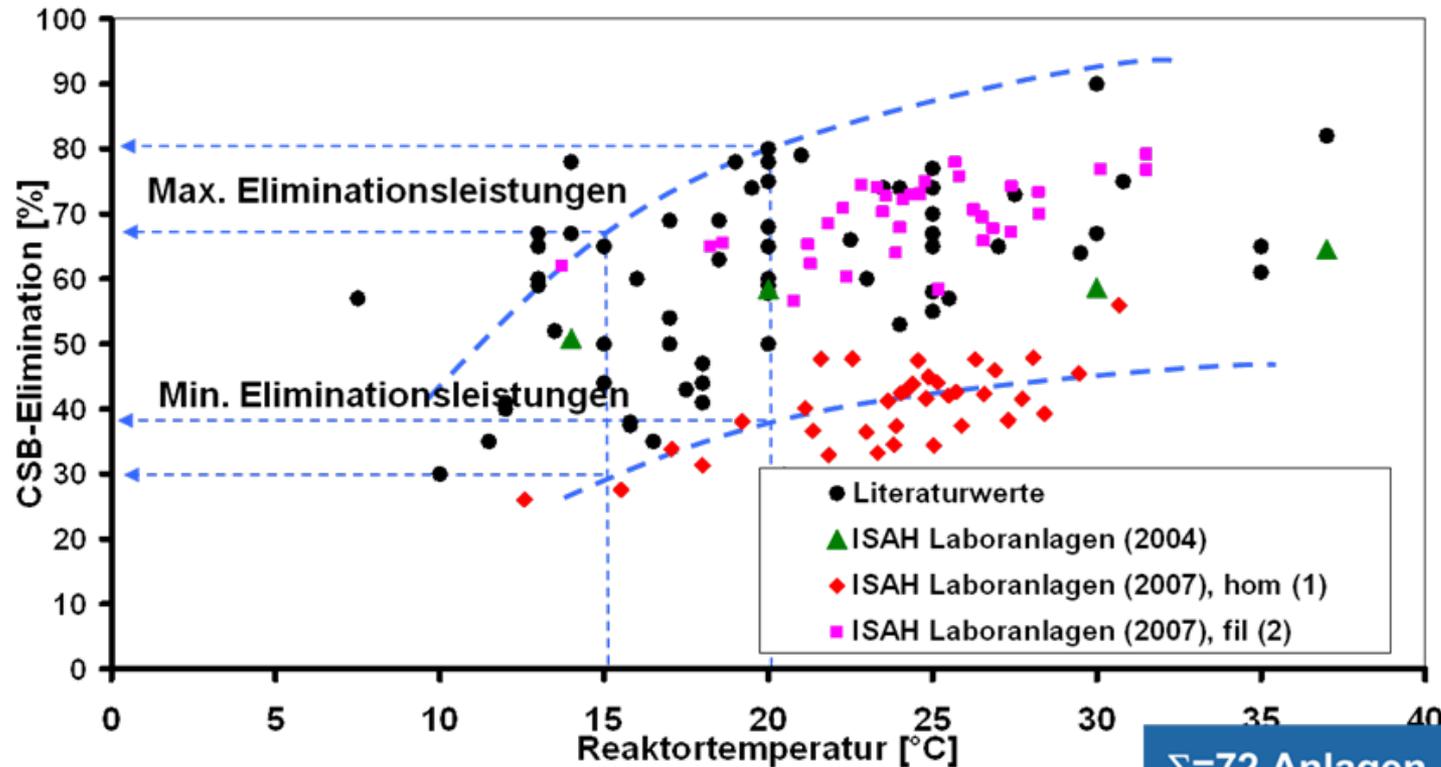
4.300 m<sup>3</sup>

## Erweitertes CSB Bilanzierungsmodell nach Urban (2009)



# CSB-Elimination verschiedener UASB-Reaktoren

[Quellen: Abdel-Halim(2005), Elmitwalli(1999), Seghezze(2004), Singh(1999)]



- 1) Berücksichtigung der  $CSB_{hom}$ -Ablaufwerte
- 2) Berücksichtigung der  $CSB_{fil}$ -Ablaufwerte

$\Sigma=72$  Anlagen

HRT = 2-25 h  
(im Mittel 9h)

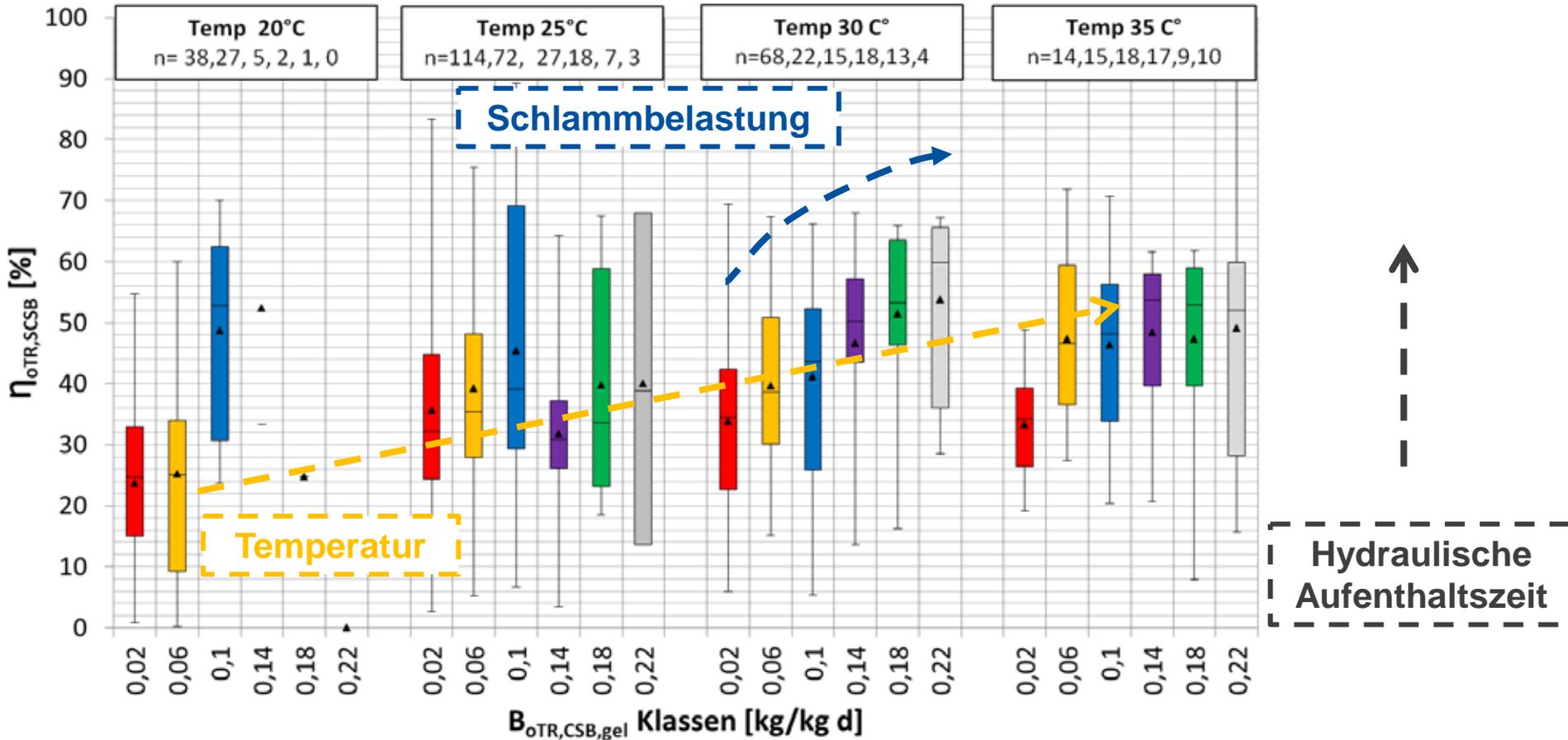
$CSB_{Zu} = 300-800$  mg/L

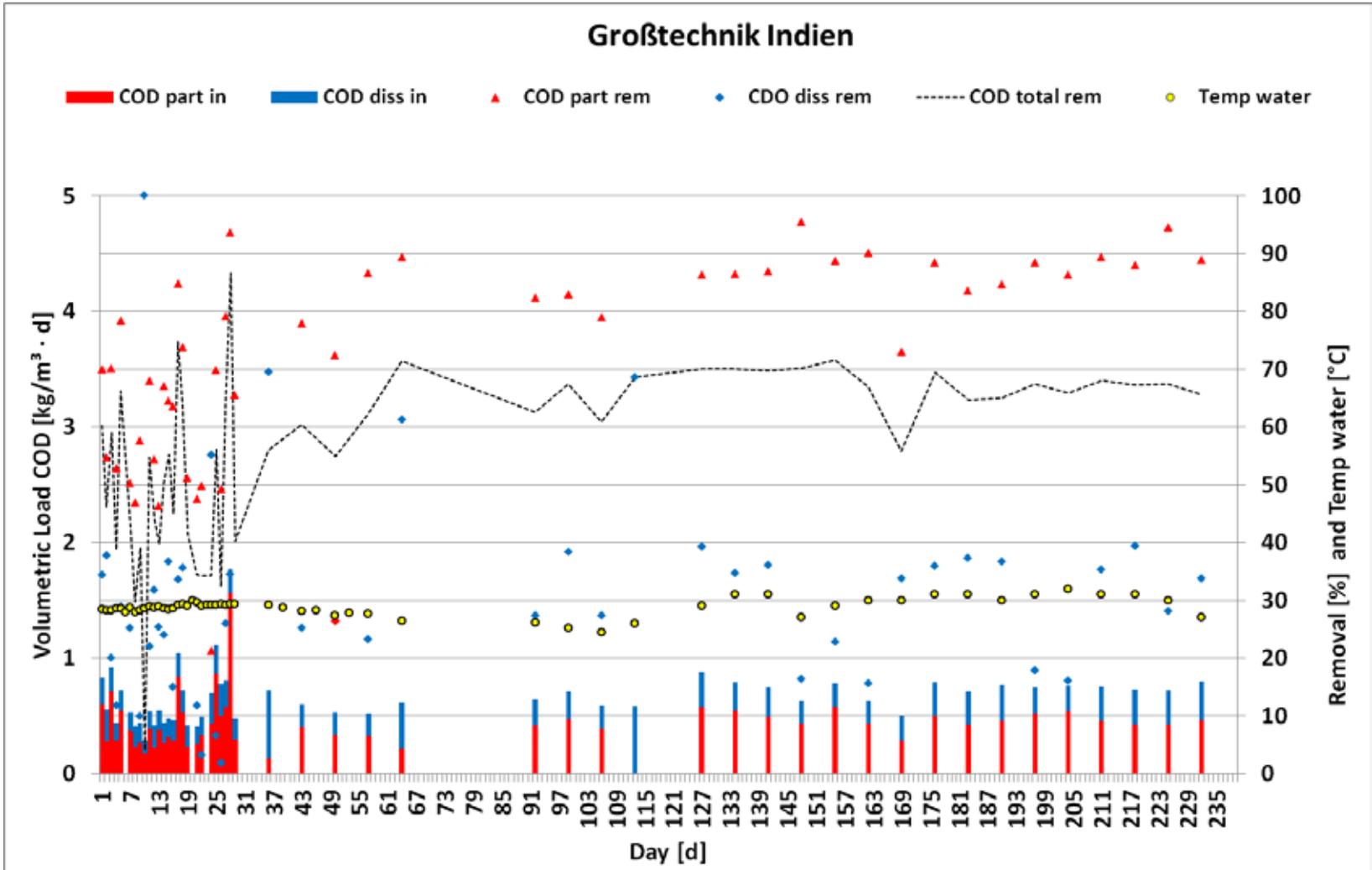


# Validierungsergebnisse

## Abbau CSB gelöst

$B_{OTR,SCSB}$  vs.  $\eta_{OTR,SCSB}$  (ALLE STANDORTE)

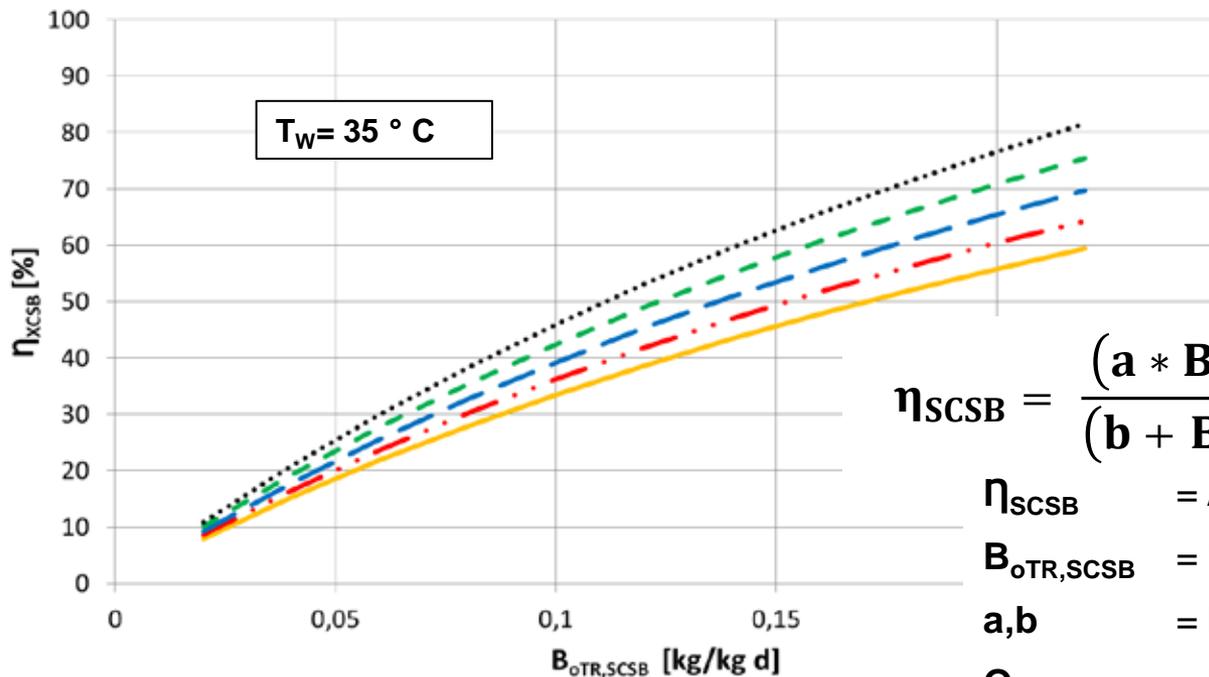




## Abbau CSB gelöst

Abbau  $\eta_{\text{SCSB}}$  in Abhängigkeit der Schlammbelastung  $B_{\text{OTR,SCSB}}$

— HRT 8 — HRT 12 h — HRT 16 h - - - HRT 20 h ····· HRT 24 h



$$\eta_{\text{SCSB}} = \frac{(a * B_{\text{OTR,SCSB}})}{(b + B_{\text{OTR,SCSB}})} * \delta^{(t_{\text{hyd}} - 24)} * \theta^{(T_i - 35)}$$

$\eta_{\text{SCSB}}$	= Abgebaute Fracht	[%]
$B_{\text{OTR,SCSB}}$	= Spez. Schlammbelastung	[kg/kg d]
$a, b$	= Beiwert Schlammbelastung	[-]
$\theta$	= Beiwert Temperatur	[-]
$\delta$	= Beiwert hydr. Aufenthaltszeit	[-]
$t_{\text{hyd}}$	= Hydr. Aufenthaltszeit	[h]
$T_i$	= Temperatur	[° C]

### Input aus:

§ Empirik UASB Monitoring

Ø Abgeschlossen

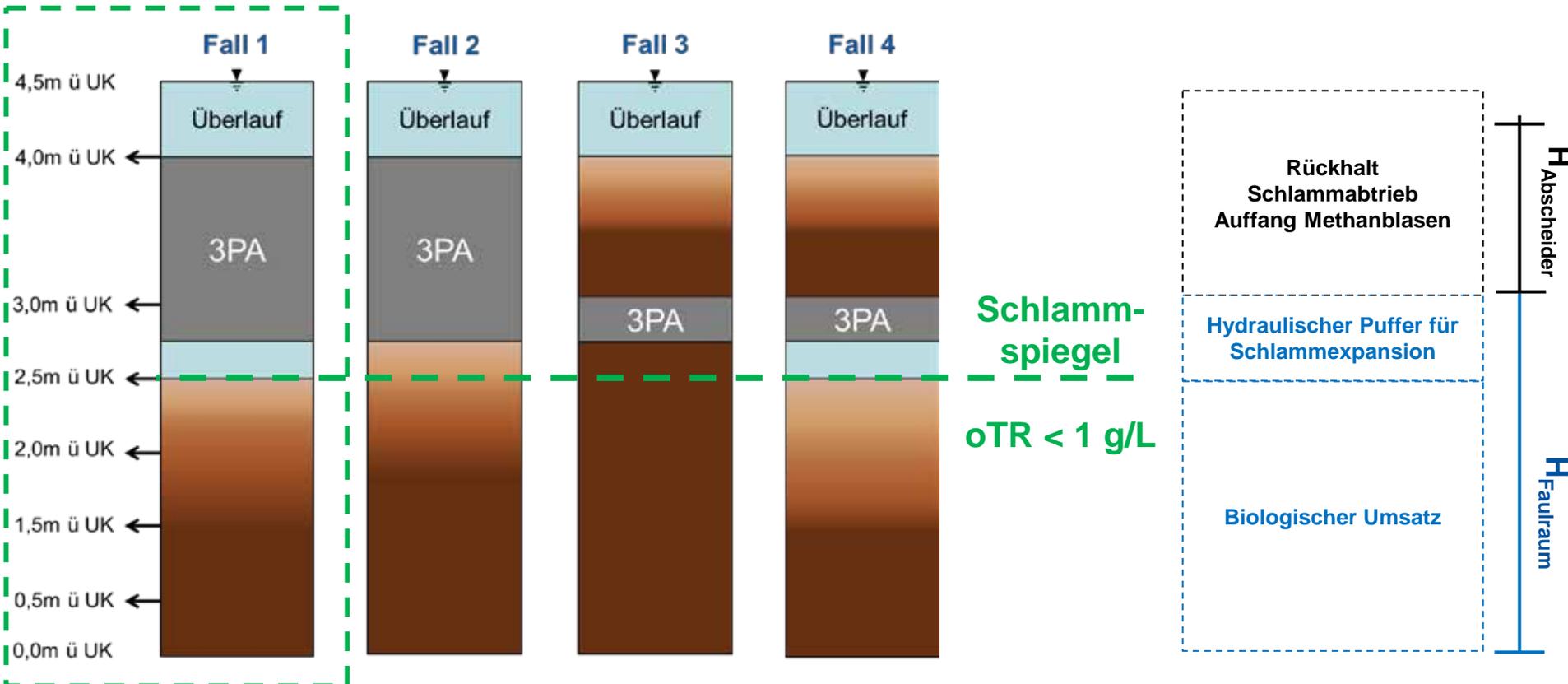
§ Modellierung ADM1

Ø Kalibrierung des technischen Modells erfolgt z.Zt.

## Validierungsergebnisse

Rückhalt CSB partikulär

## Soll Zustand

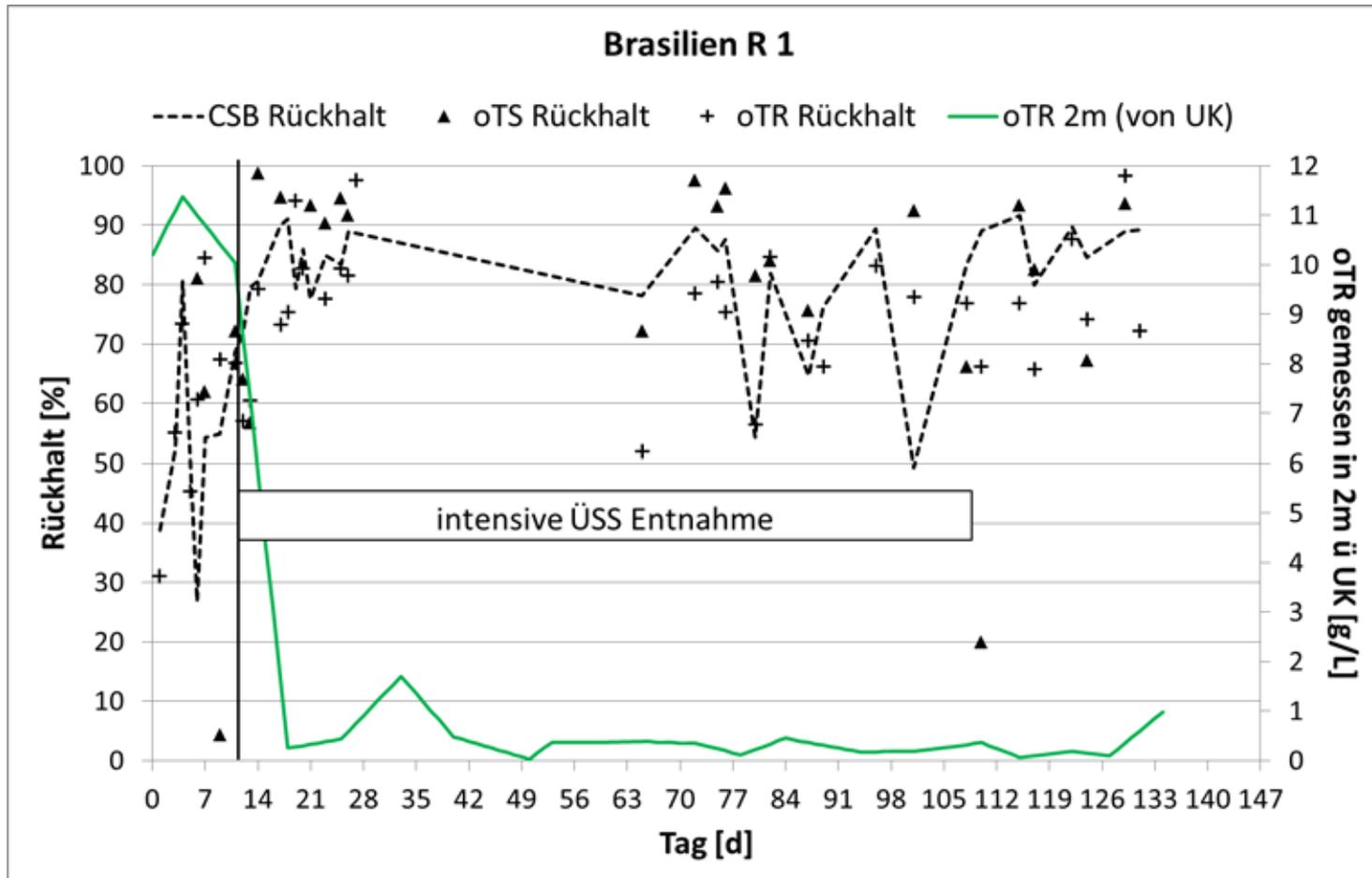


Das **Schlammbettverhalten** definiert klare

- § Funktionalitätszonen
- § Betriebsstrategien

# Validierungsergebnisse

## Rückhalt CSB partikulär



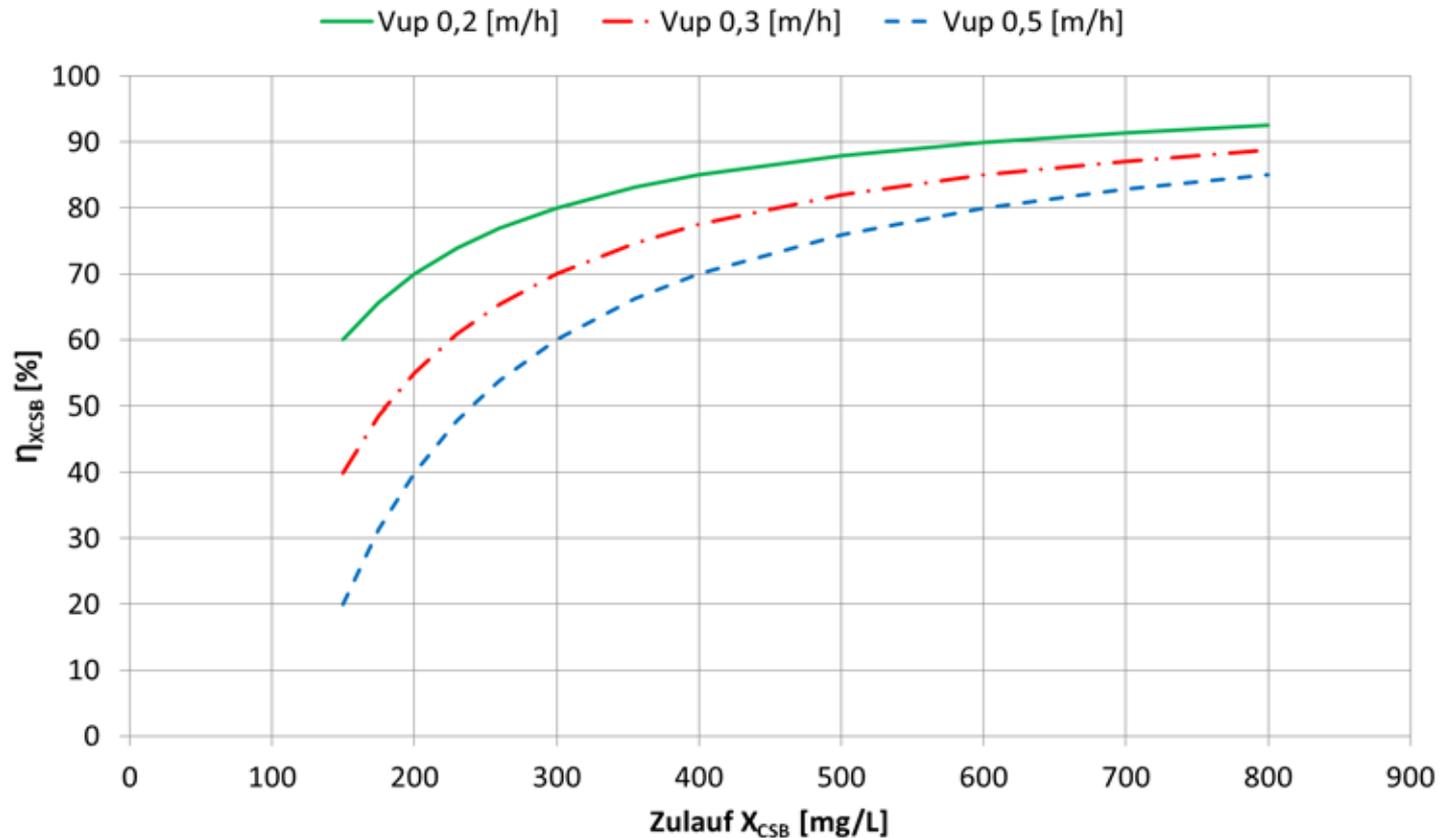
§ Schlammbettmanagement ist entscheidend für Rückhalt CSB<sub>part</sub>



# Validierungsergebnisse

## Rückhalt CSB partikulär

Rückhalt  $\eta_{X_{CSB}}$  in Abhängigkeit der Zulaufkonzentration



§ Analog erfolgt auch die Abschätzung des Rückhaltes von Feststoffen (TR,TS)



# Validierungsergebnisse

## Betriebsprobleme

### SCHWIMMSCHLAMM

 **Tauchwand**



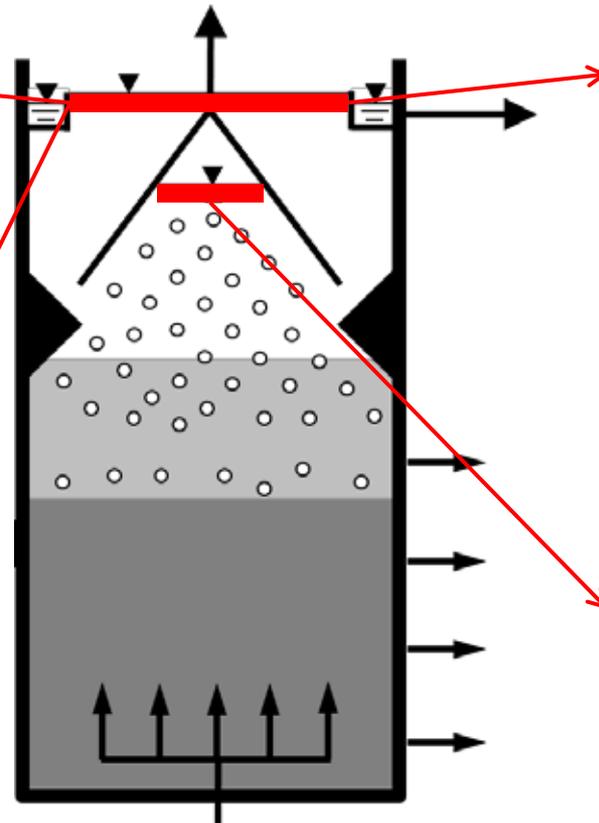
 **Tief gelegter Abfluss**



 **Hoher Fettanteil  
im Abwasser**



 **Ansammlung  
Unterhalb des 3PA**



# Validierungsergebnisse

## Betriebsprobleme

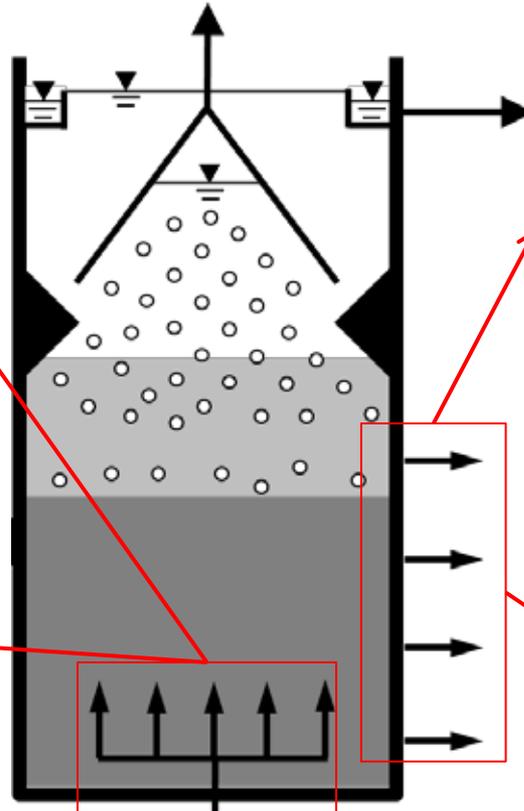
 **Verstopfte  
Zulaufbauwerke**



**UNZUREICHENDE  
ÜSS ENTNAHME**



**Verschleppung von Schlamm  
in nachgeschaltete Stufen  
(z.B.TK)**

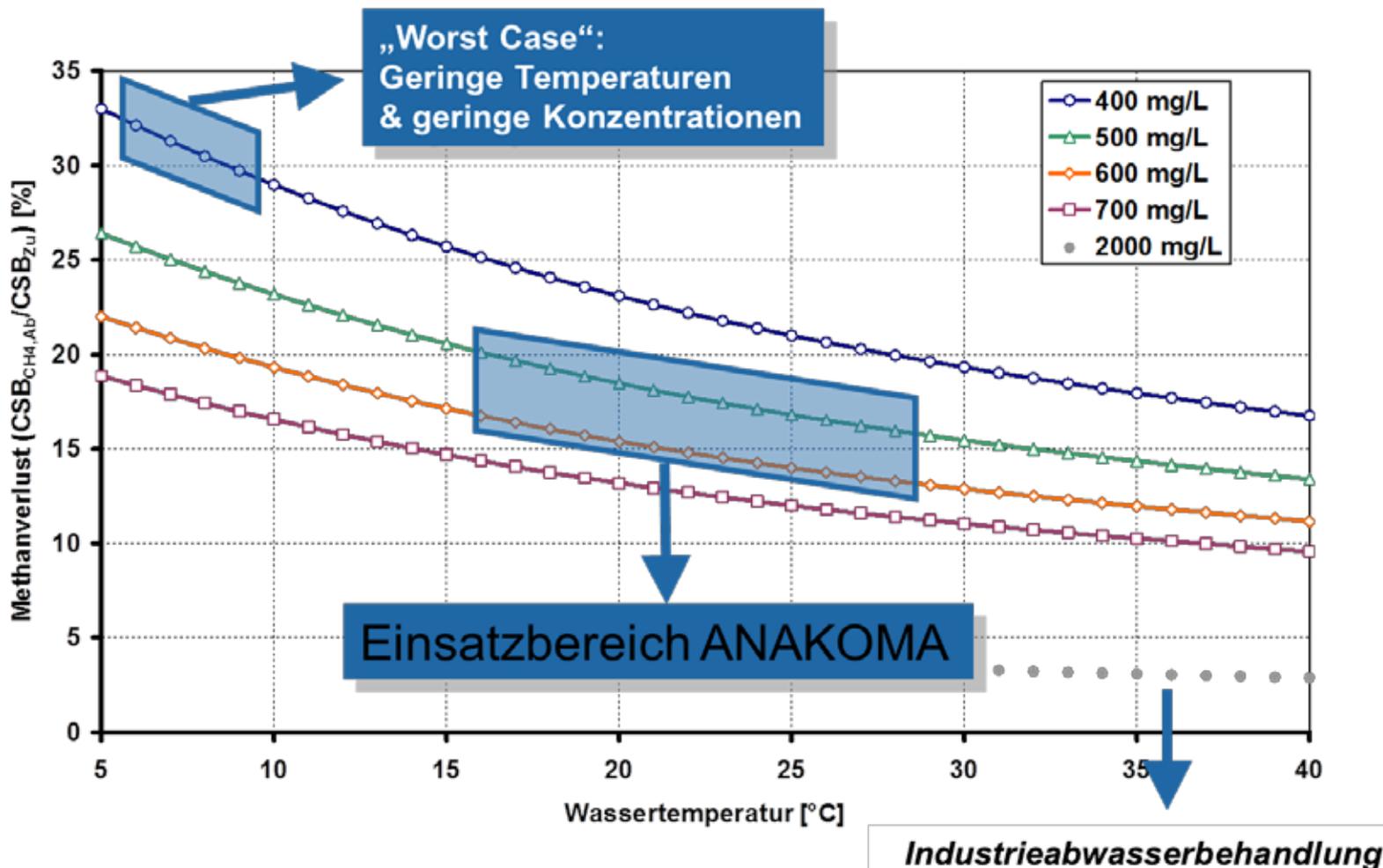


**Schlammansammlung  
oberhalb des 3PA**

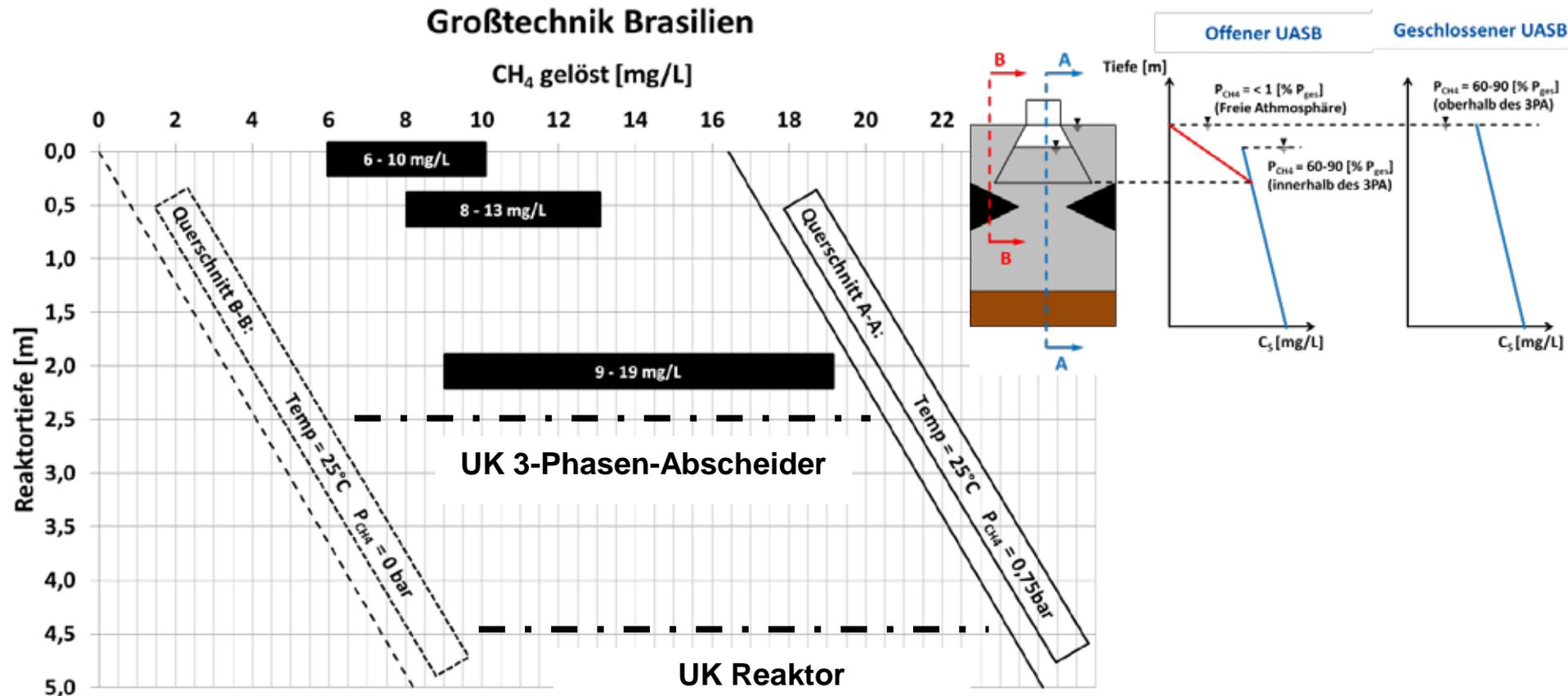


**UNGLEICHMÄSSIGE  
BESCHICKUNG**

# Theoretischer Methan-“Verlust“ im Ablauf von UASB's



# Validierung Konzentrationsprofil (Großtechnik Brasilien)



§ Zunahme des gelösten Methans über die **Tiefe des Reaktors**

§ Zunahme des gelösten Methans mit steigender  $t_{\text{hyd}}$ !!!



# Zusammenfassung 1 von 2

## § Anaerobe Kommunale Abwasserbehandlung (AnaKomA)

- § Die UASB Technologie gehört zu den am häufigsten eingesetzten Technologien in warmen Klimaten (Bsp. Mittel- und Südamerika).
- § Bisher liegen nur begrenzt Bemessungshinweise für kommunale UASB Reaktoren vor:
  - §  $t_R$ ,  $V_{auf}$ , konstruktive Hinweise (Geometrie, 3PA, etc.)

## § Validierungsergebnisse

- § Der Abbau von gelöstem CSB ist  $f = (B_{oTR,SCSB}, t_{hyd}, T_W)$ 
  - §  $\eta_{SCSB}$  10 bis 70% bei  $T_W$  20 bis 35 ° C
- § Der Rückhalt von partikulärem CSB ist  $f = (V_{auf})$  und wird maßgeblich durch **ÜSS-Management** beeinflusst (Schlamm Spiegelbegrenzung)
  - §  $\eta_{Rückhalt, XCSB}$  30 bis >90%
- § Der Abbau von oTR (Hydrolyse) ist  $f = (t_{TR}, T)$ 
  - §  $\eta_{Hydrolyse, oTR}$  20 bis 40% bei  $t_{TR} > 15$  d und  $T_W$  20 bis 35 ° C



# Zusammenfassung 2 von 2

## § Validierungsergebnisse

- § Die häufigsten Betriebsprobleme großtechnischer UASB's sind
  - § Schwimmschlamm, unzureichende ÜSS Entnahme und ungleichmäßige Zuflussverteilung
- § Der theoretische CH<sub>4</sub>-“Verlust“ ist  $f = (T, t_{hyd}, C_{CSB})$ 
  - § Gemessen 5 bis >40%
- § Der Anteil an gelöstem CH<sub>4</sub> ist  $f = (T, t_{hyd})$  und UASB Ausführungsart (offen /geschlossen)
  - § Es wird nicht immer Sättigung erreicht
  - § Gastransferrate ist  $f (P_{CH_4} \text{ und } k_L a)$
- § **Dissolved Methane Recovery (DiMeR)**
  - § Proof of Concept in Labormaßstab nachgewiesen ( $\eta > 80\%$ )
  - § Patent angemeldet
  - § Pilotbetrieb (250m<sup>3</sup>/d) in Brasilien geplant



## Danksagung:

Die Realisierung des EXPOVAL-  
Verbundvorhabens wurde Dank  
der Förderung durch das BMBF möglich.



Danke für  
Ihre Aufmerk-  
samkeit

**Prof. Dr.-Ing. K.-H. Rosenwinkel**  
**Klaus Nelting, M.Sc.**