

OPTIMIERUNG UND LASTENMANAGEMENT AUF DER KLÄRANLAGE GREVESMÜHLEN

Interactive Water Management (IWAMA)

***IWAMA Nationaler Workshop
Energie- und Schlammoptimierung
28.02.2018, Rostock***

***Prof. Dr.-Ing. Peter Hartwig
aqua & waste International GmbH
Mengendamm 16, D-30177 Hannover***

Inhalt

- **Interactive Water Management (IWAMA)**
- **Kläranlage Grevesmühlen**
- **Decision-making Tool (Simulationsmodell)**
- **Optimierung und Lastmanagement**
- **Fazit / Ausblick**

Interactive Water Management (IWAMA)

Plant wide modelling

- Optimierung Betrieb und Stoffstrommanagement der KA Grevesmühlen
- Umfangreiches Simulationsmodell des komplexen Systems: Vorklärung, biologische Stufe, Schlammfäulung, Co-Fermentation, thermische Hydrolyse, Prozesswasseraufbereitung, Deammonifikation
- Energetische und stoffliche Optimierung der Kläranlage Grevesmühlen
- Großtechnische Implementierung der Optimierungsstrategien
- **Gesamtziel: Verbesserung der Wasserqualität der Ostsee**

Projektphasen

- Schritt I – Erstellung eines vereinfachten Simulationsmodells
 - Vor-Ort Besuche, Austausch mit Betriebspersonal
 - Bestandsaufnahme, Verfahrenskonzept, Betriebsführung
 - Beckenabmessungen (Volumen, Durchmesser, Form etc.)
 - Auswertung von Betriebsdaten
- Schritt II - Detaillierte Modellierung der Einzelkomponenten
 - Kalibrierung / Validierung auf Basis von Betriebsdaten
 - Z.B. thermische Hydrolyse, Deammonifikation
- Schritt III – Erstellung eines Gesamtmodells
 - Kombination der Einzelmodelle
 - Plausibilitätsprüfung, Massenbilanzen etc.
- Schritt IV – Gesamtoptimierung der Kläranlage Grevesmühlen
- Schritt V – Großtechnische Anwendung und Schulung des Betriebspersonals



Zulauf

Belebung

Nachklärung

Gasspeicher

Rechen

Bio-P

Standfang

Vorklärung

Schlammbehandlung

Faulung

Thermische Hydrolyse

Nachgärung

Schlammwasserbehandlung

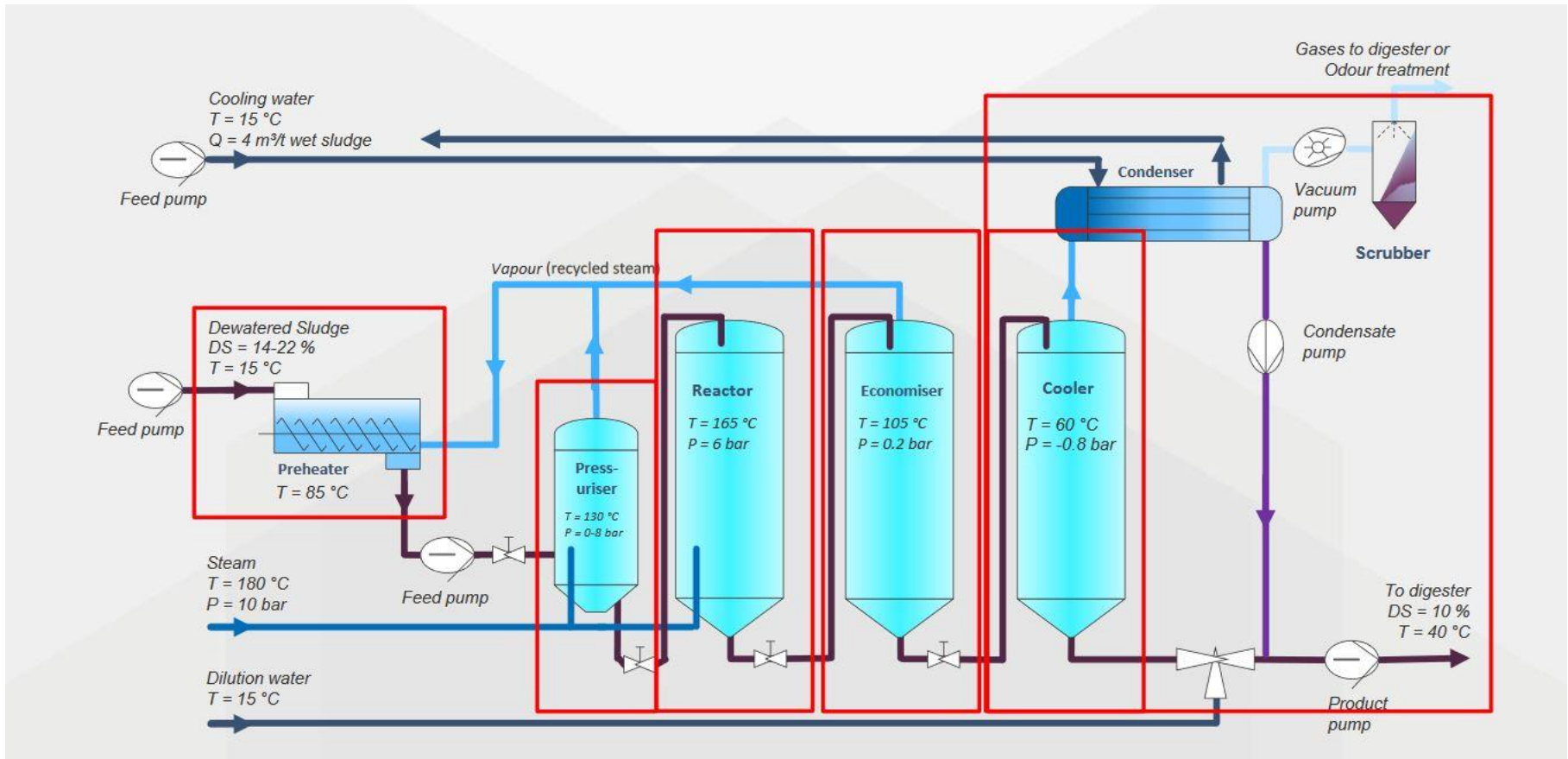
Thermische Hydrolyse (TDH)

Vorteile / Positive Effekte

- Erhöhte biologische Verfügbarkeit der Substrate (Erhöhung des technischen Ausfallgrads)
- Steigerung der Gasproduktion (bis zu 50%, je nach Substrat, kommunal ca. 30 %)
- Hygienisierung des Schlammes bei Rohschlammbehandlung
- Verbesserte Entwässerbarkeit (Verringerung der Schlammmenge, Reduzierung der Entsorgungskosten)
- Verringerung der Viskosität (Pumpfähig bei vergleichsweise hohen TS-Gehalten)
- Reduktion von Schaumbildung im Faulbehälter durch Zerstörung der Fadenbakterien
- Kapazitätserweiterung (Faulzeit hydrolysiertes Schlamm 12 bis 15 Tage)
- Möglichkeit einer Hochlastfaulung bei TS bis 12 %
- Erhöhung des Phosphor-Rückgewinnungspotentials als MAP

Thermische Hydrolyse (TDH)

Verfahrensschema: HCHS – Prozess (6 bar, 30 Minuten, 165 °C)



Thermische Hydrolyse



T = 165 °C
P = 4 bar

- + Biogasproduktion
- + Entwässerbarkeit
- + Zu entsorgende Schlammfracht nimmt ab
- Rückbelastung



Co-Fermentation
von Flotatschlamm
aus Schlachthofabwasser-
behandlung
3,9 MW_{el}

Versuchsreaktoren 4 x 80 l Volumen



zur Zeit in Minsk ...



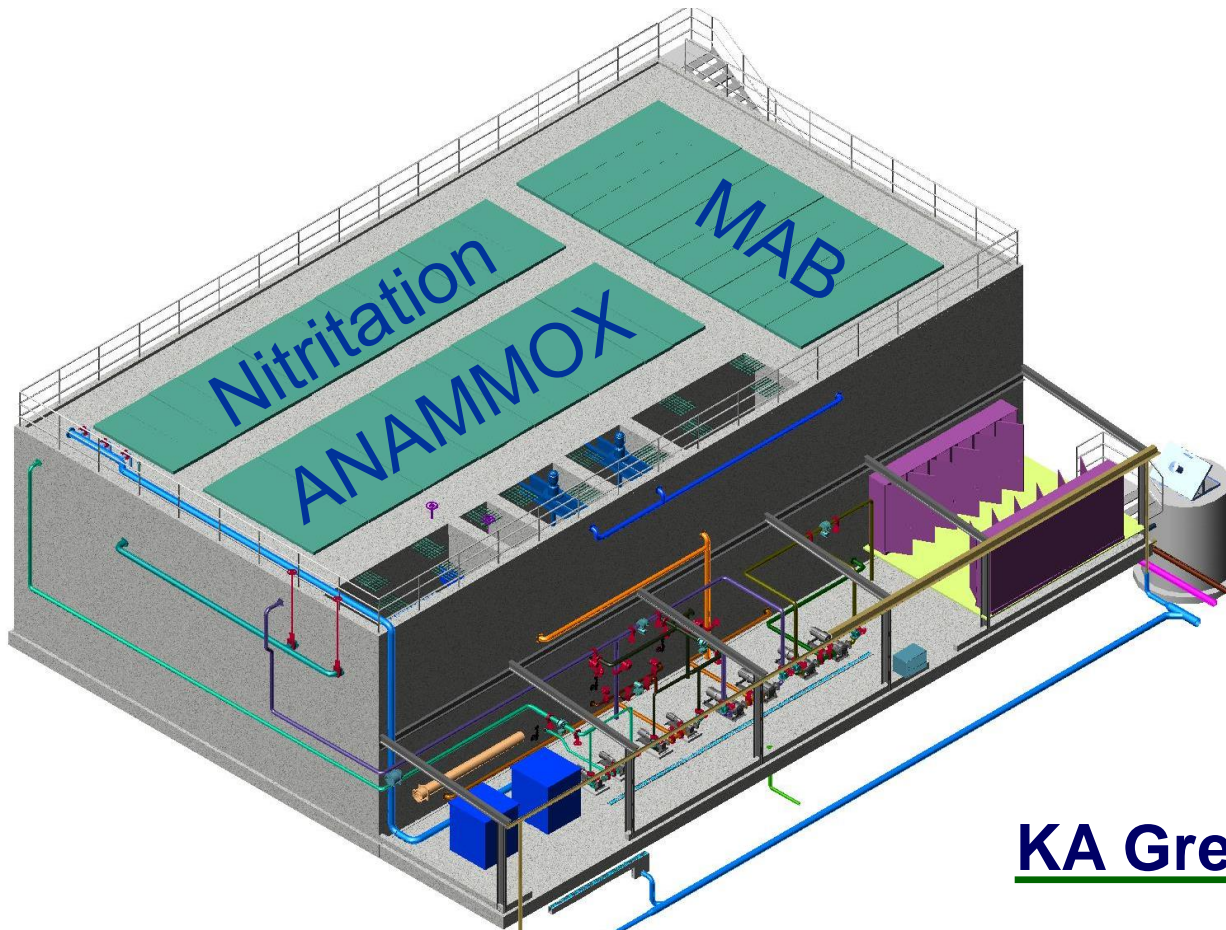
Co-Fermentation von Produktionsresten

华北制药项目的消化罐施工



Schlammwasserbehandlung

Deammonifikation (PANDA+ Prozess)



- $Q = 75 - 160 \text{ m}^3/\text{d}$,
(max.: $350 \text{ m}^3/\text{d}$)
- Zulauf $\text{NH}_4\text{-N}$:
~ 1.600 mg/l
- Ablauf $\text{NH}_4\text{-N}$:
~ 480 mg/l
- Wirkungsgrad
 $\text{NH}_4\text{-N}$: 70%

KA Grevesmühlen

Schlammwasserbehandlung

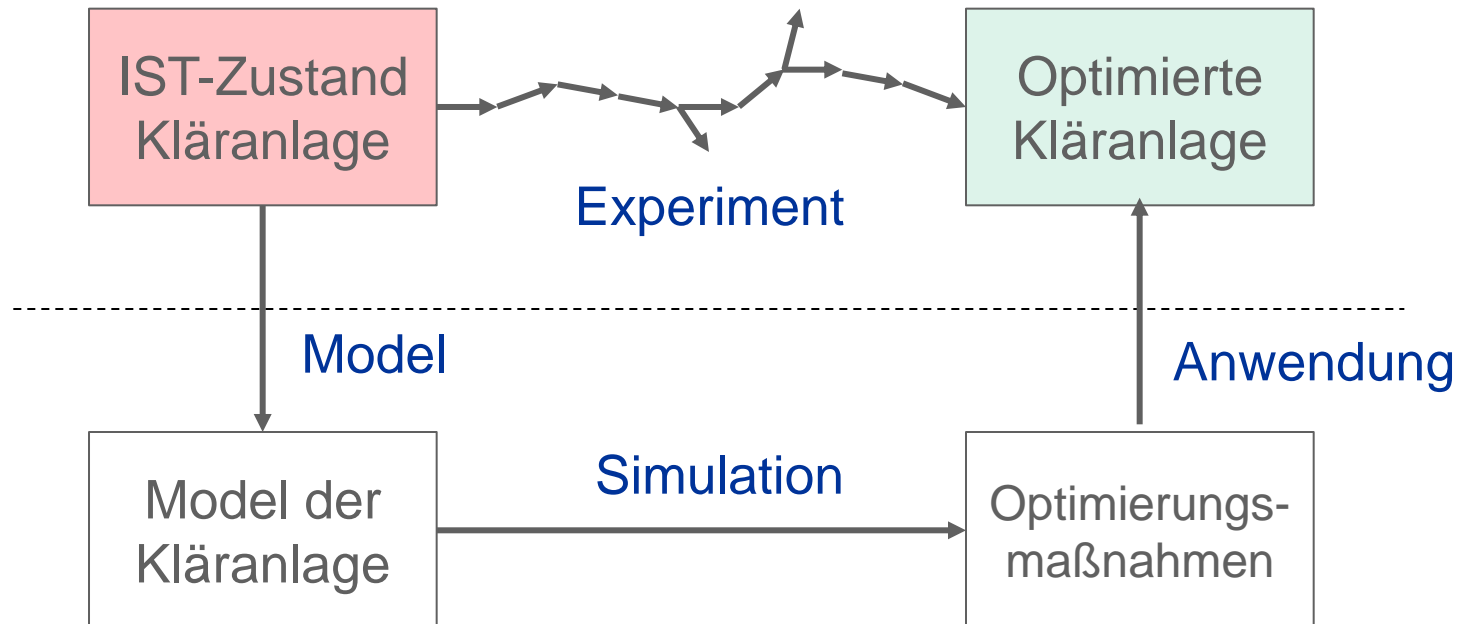
Deammonifikation (PANDA+ Prozess)



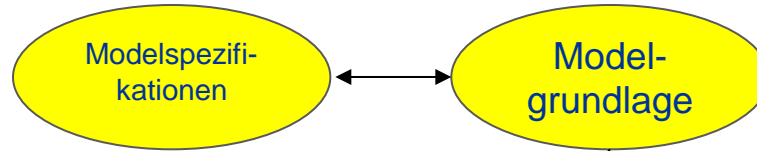
KA Grevesmühlen

Dynamische Simulation

Ein Werkzeug zur Optimierung von Kläranlagen



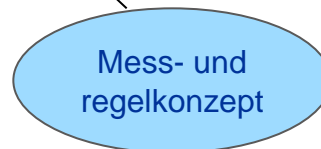
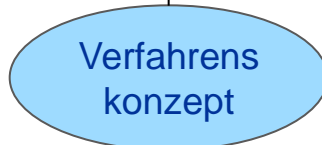
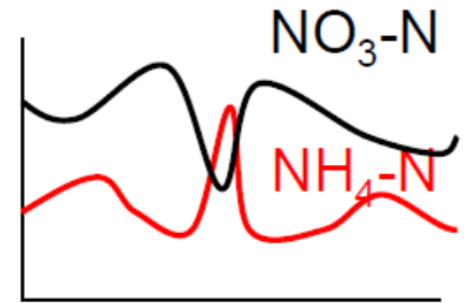
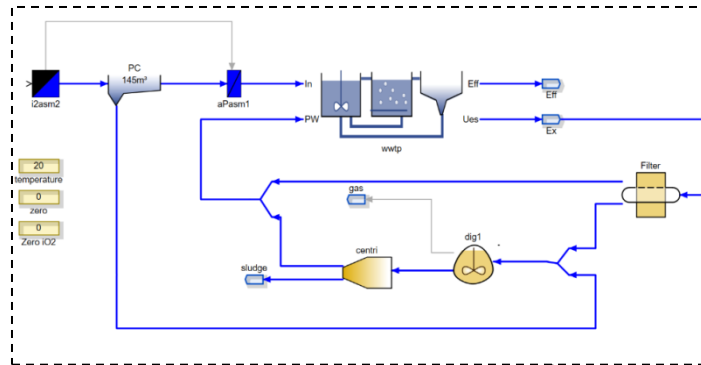
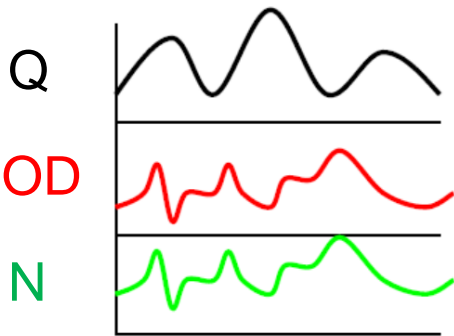
Dynamische Simulation



Zulauf

Kläranlage

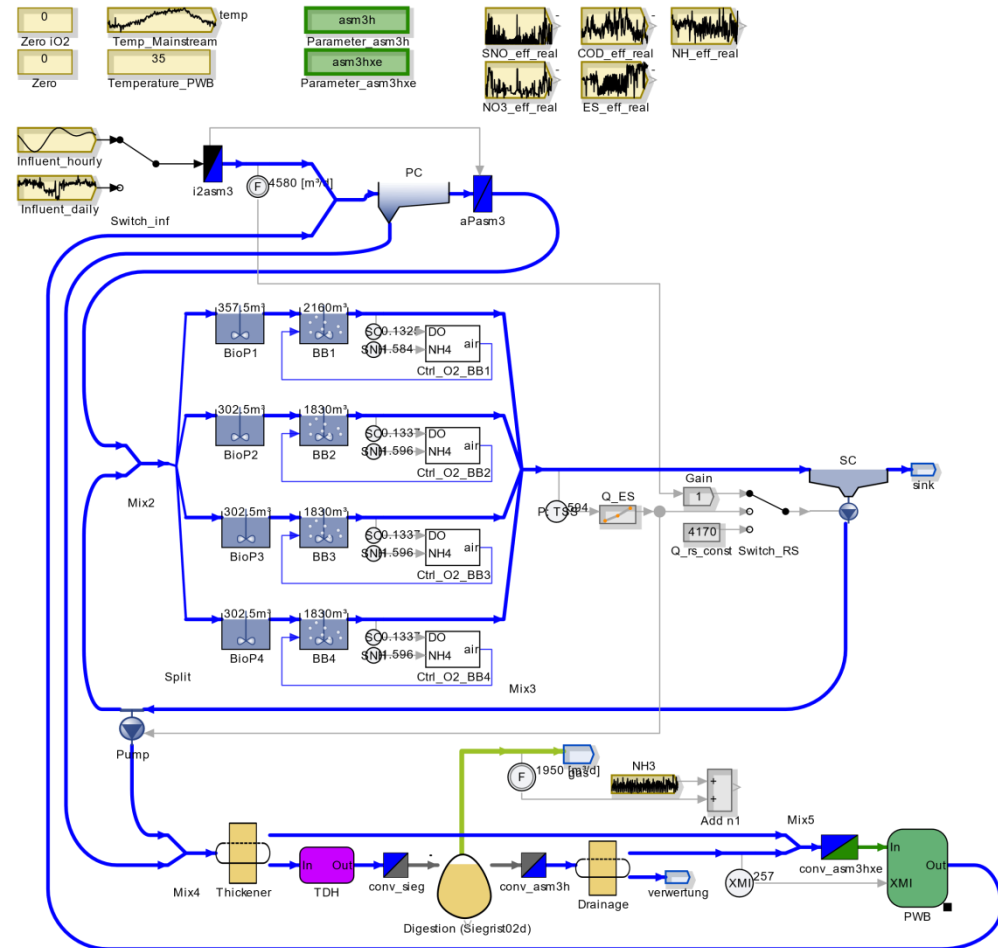
Ablauf



Simulationsmodell

Decision - making tool

- **Eingabedaten und Tools zur Kalibrierung**
- **Kinetische Parameter / Fraktionierung des Zulaufs**
- **Abwasserbehandlung**
 - **Vorklärung**
 - **4 - straßige Belebung (Nitri / Deni)**
 - **Nachklärung**
- **Schlammbehandlung**
 - **Thermische Hydrolyse**
 - **Faulung**
 - **Schlammwasserbehandlung**



Decision - making tool

- **ASM3bioP (Hauptstrom)**

Simulation von BioP, Nitrifikation, Denitrifikation (einschließlich Speicherprodukte der heterotrophen Org.), basierend auf Monod-Kinetik

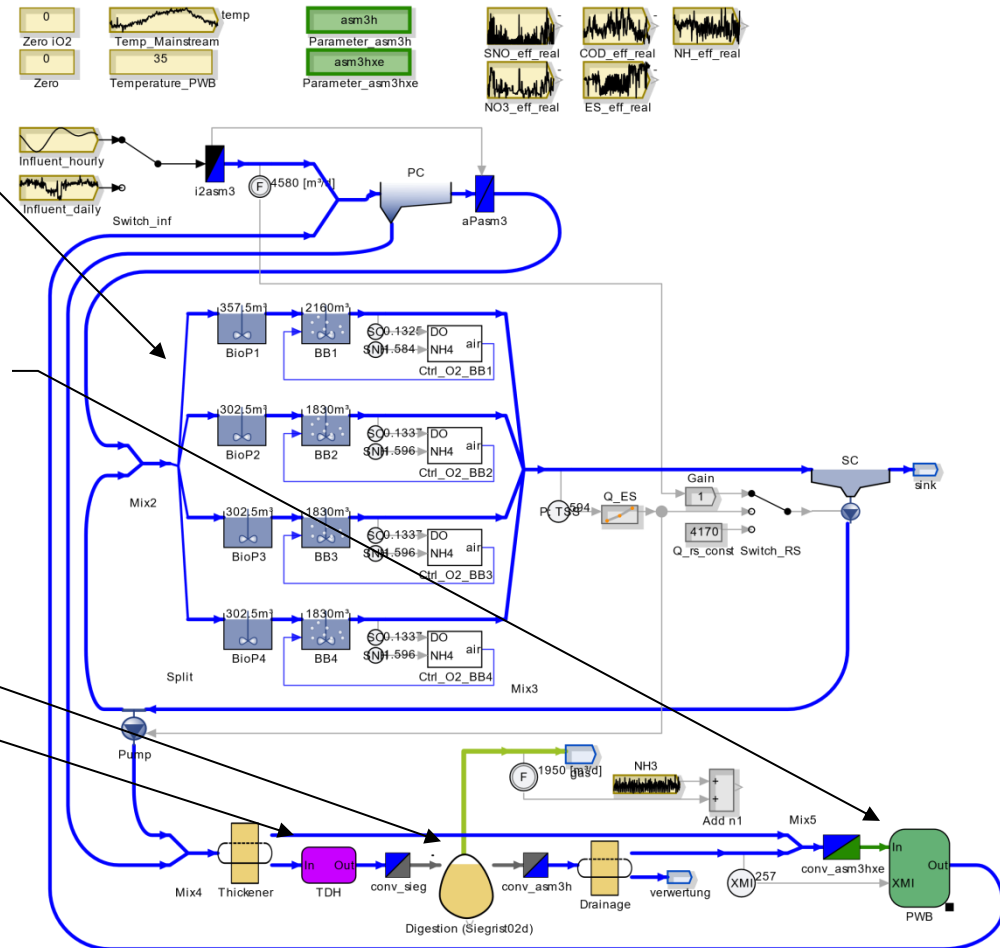
- **ASM3hxe für PWB (Deammonifikation)**

Berechnung der Nitrifikation mit AOB/NOB, 4-stufige Denitrifikation, Anammox

- **ADMsieg02d für Faulung**

- **Konverter für therm. Hydrolyse**

Hydrolyse auf Basis von ADMsieg02d mit höherem Aufschluss auf Basis von Temperatur, Druck, HRT, etc.



Decision - making tool

- Intermittierende Belüftung**

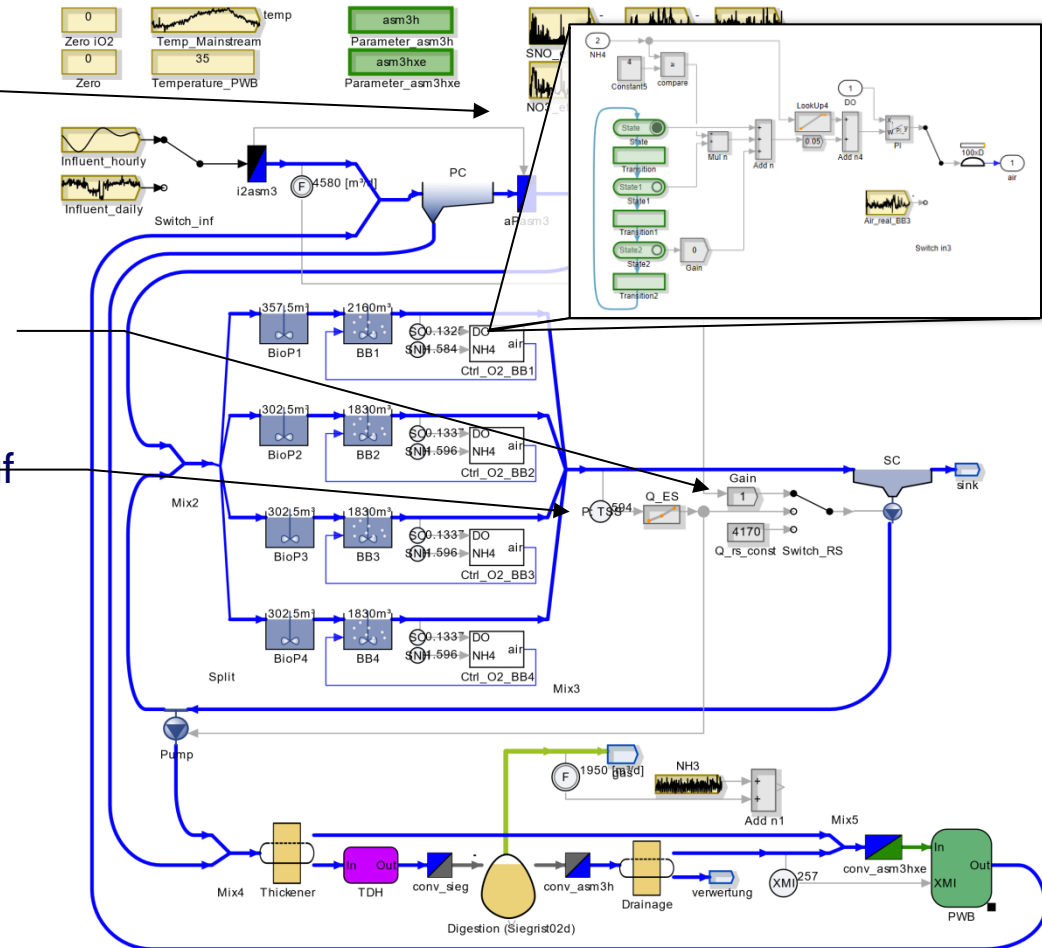
zeitabhängig und basierend auf Sollwert-Konzentration für O₂ und NH₄

- Rücklaufschlamm basierend auf Q_{zu}**

- Überschussschlamm basierend auf TS-Sollwert in Biologie**



Änderung verschiedener Szenarien und Prozessstrategien einfach möglich



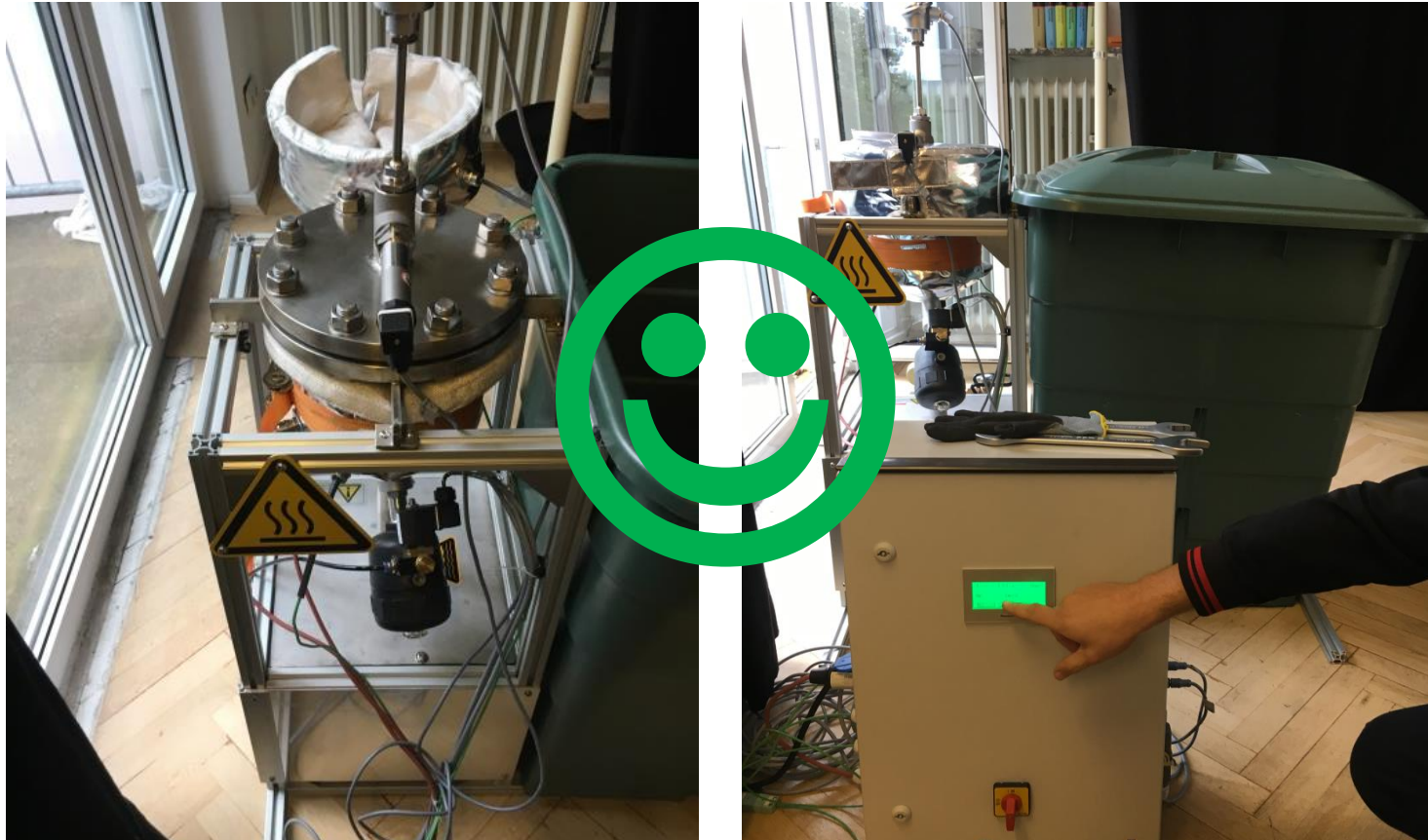
Kalibrierung therm. Hydrolyse Block (I)

Versuch I



Kalibrierung therm. Hydrolyse Block (II)

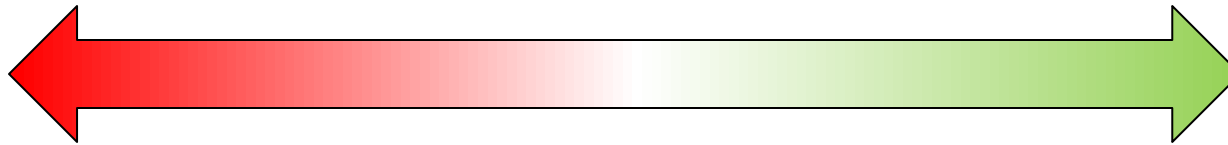
Versuch II



Optimierungsmaßnahmen (Auswahl)

Wirkungsgrad Vorklärung (η_{VK})

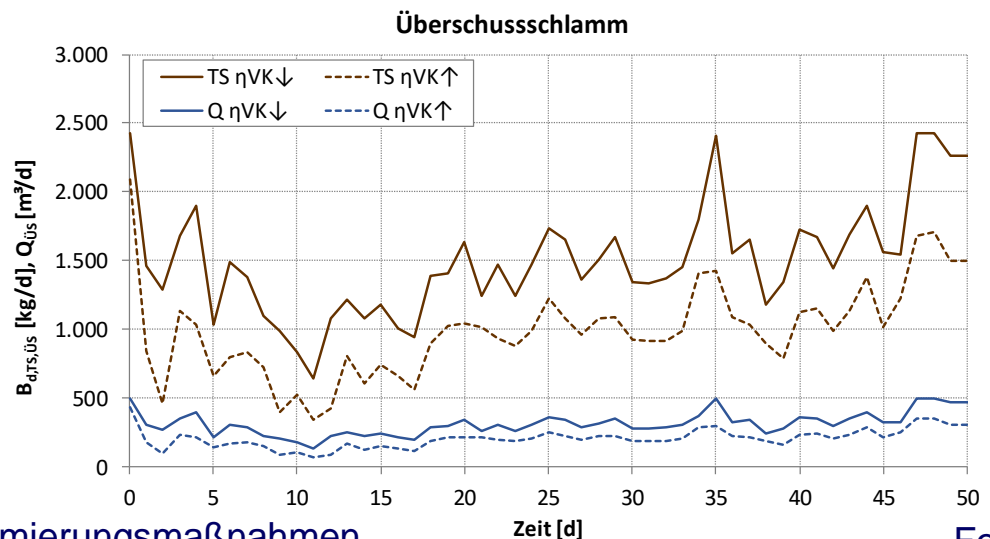
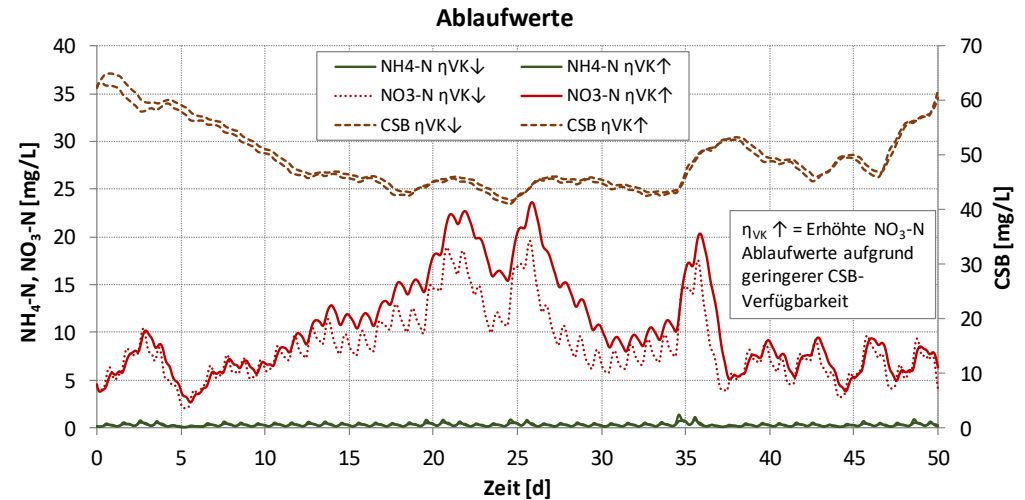
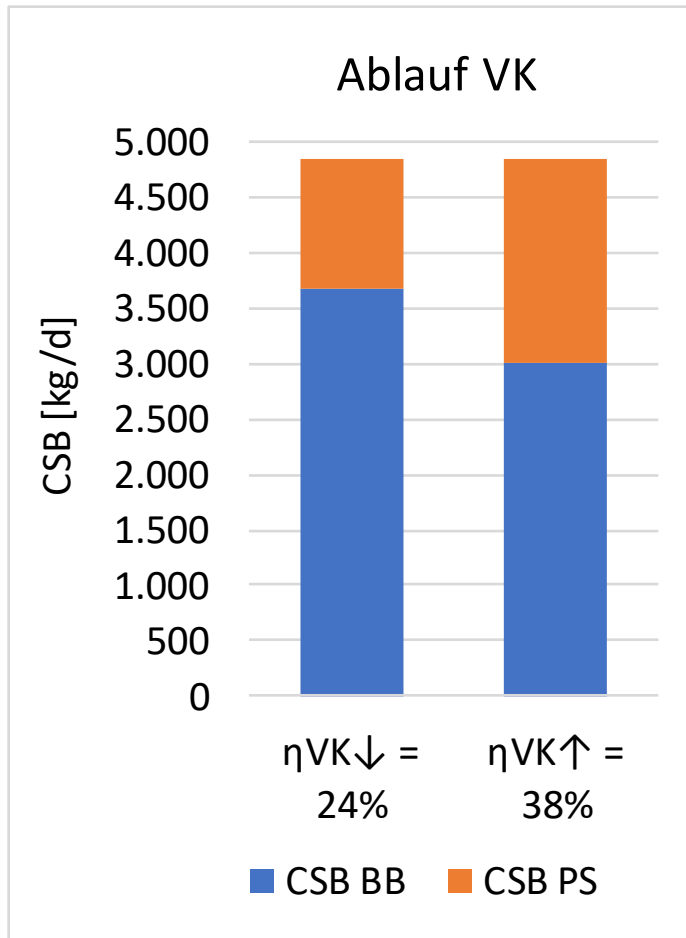
gering



hoch

- Erhöhte organische Fracht im Ablauf der Vorklärung
- Geringe Nitrat-Ablaufkonzentration (ausreichend C-Quelle für Denitrifikation)
- Erhöhter Sauerstoffbedarf in Belebung (Energiebedarf)
- Erhöhte organische Fracht im PS
- Reduzierter Sauerstoffbedarf in Belebung (Energiebedarf)
- Erhöhung Biogasproduktion
- Erhöhung Rückbelastung durch Schlammwasser
- Erhöhung Nitrat-Ablaufkonzentration (C-Quelle)

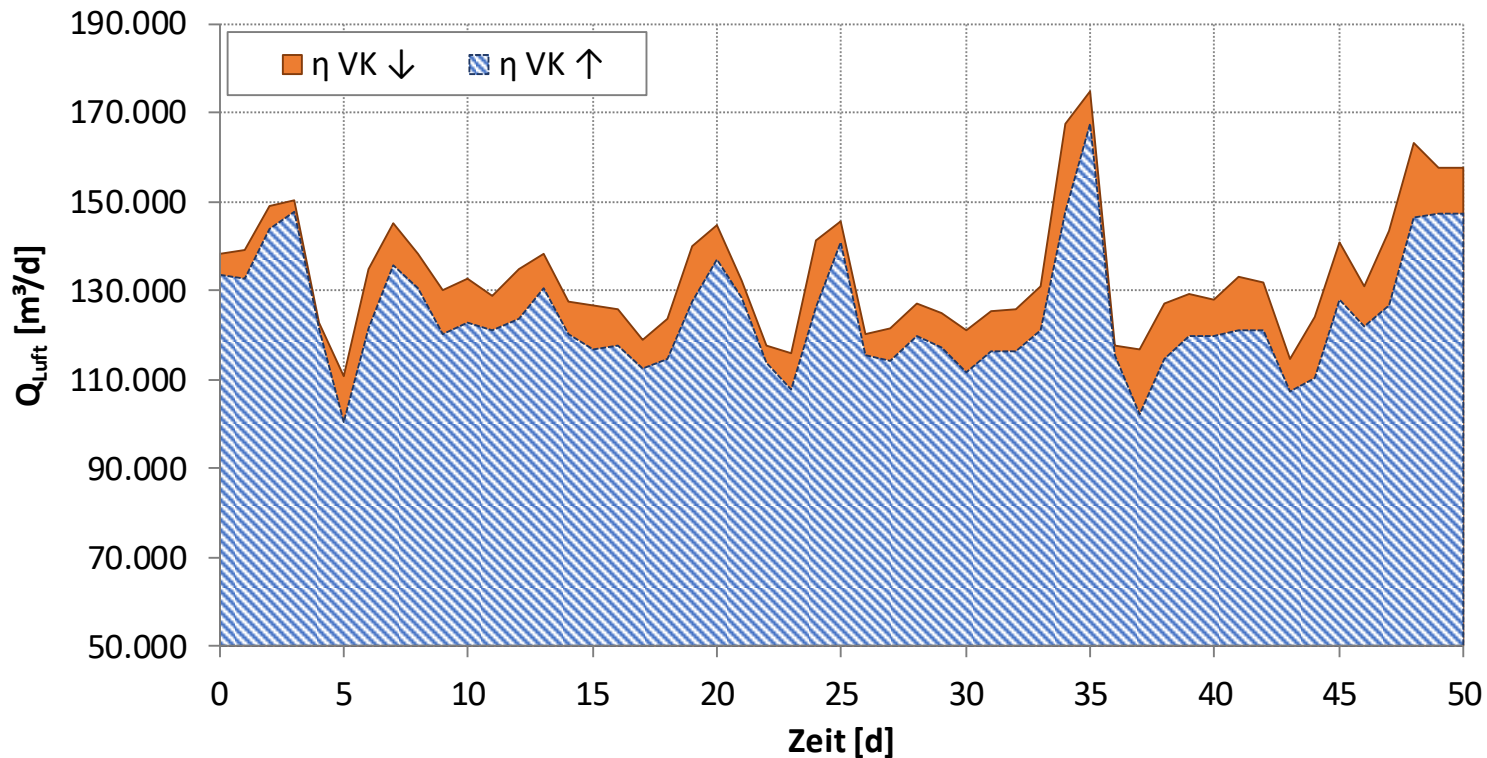
Optimierungsmaßnahmen (Auswahl)



Optimierungsmaßnahmen (Auswahl)

Wirkungsgrad Vorklärung (η_{VK})

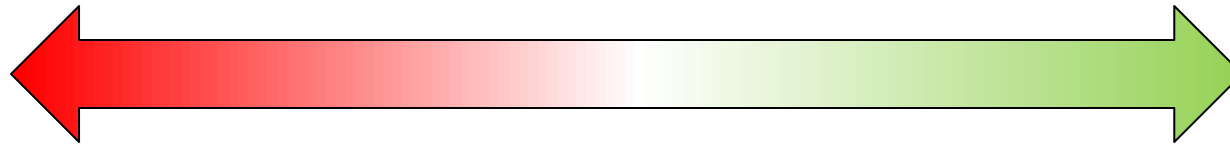
Luftmenge Belebung



Optimierungsmaßnahmen (Auswahl) (IV)

Aufschlussgrad Thermische Hydrolyse (η_{TDH})

gering



hoch

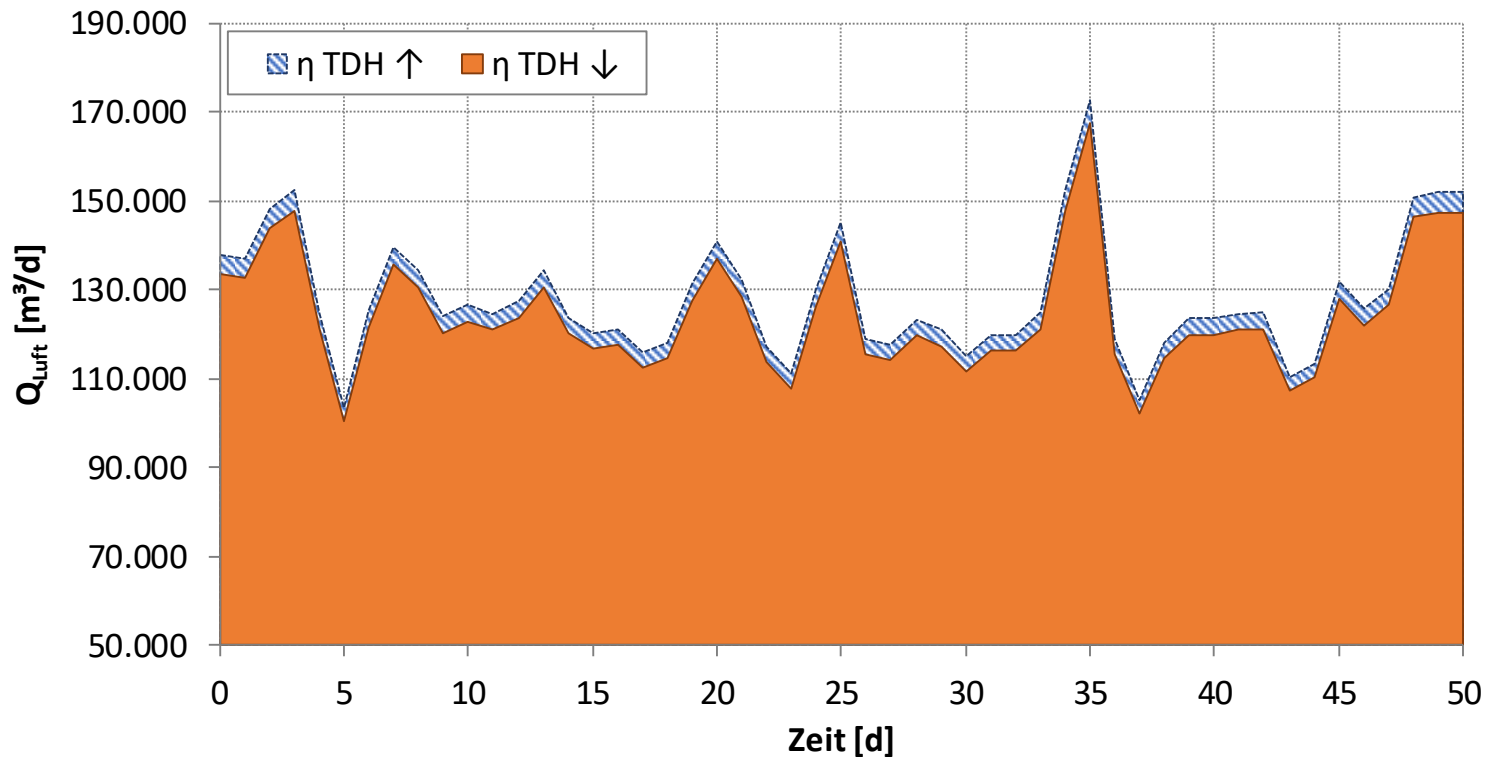
- Geringerer Energiebedarf
- Geringere Rückbelastung
- ...

- Erhöhung der biologischen Verfügbarkeit der Substrate
- Erhöhung Biogasproduktion
- Verbesserung der Entwässerbarkeit
- Verringerung Schlamm-mengen
- Erhöhung der Rückbelastung (z.B. inerter CSB)
- Erhöhter Energiebedarf

Optimierungsmaßnahmen (Auswahl)

Aufschlussgrad Thermische Hydrolyse (η_{TDH})

Luftmenge Belebung



Optimierungsmaßnahmen (Auswahl) (VI)

Anteil Co-Substrate Faulung (%_{Co-Sub.})

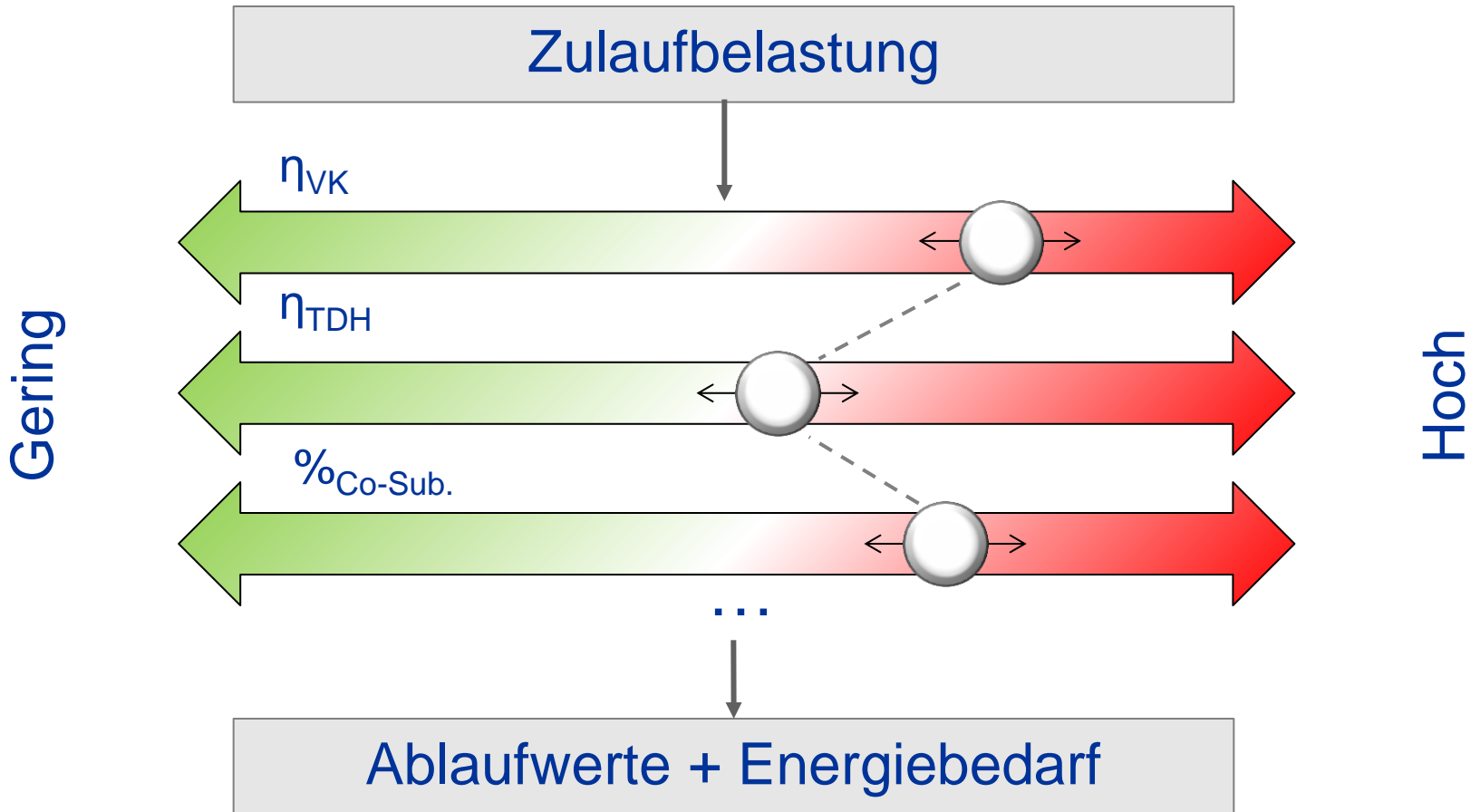
gering



hoch

- Stabilerer Faulungsprozess
- Geringere Rückbelastung
- Geringere Schlamm-mengen
- ...
- Erhöhung Biogasproduktion
- Erhöhung Rückbelastung
- Erhöhter logistischer Aufwand
- Höhere zu entsorgende Schlamm-mengen
- Ggf. Auswirkung von Stör-stoffen auf Faulungsprozess
- Optimale Nutzung freier Kapazitäten

Lastenmanagement



Ausblick / Fazit

- **Kläranlagen haben vielfältige Einstelloptionen (η_{VK} , t_{TS} , etc.)**
- **Die Betriebseinstellungen beeinflussen sich gegenseitig**
- **Simulationsmodelle unterstützen bei der Optimierung**
- **Ergebnis:
Geringere Emissionen, geringerer Betriebsmittelbedarf ...**



Vielen Dank!

- ... an die EU Interreg
- ... an das UBC-Team
- ... an alle Projektpartner
- ... an den Zweckverband Wasserversorgung
und Abwasserbeseitigung Grevesmühlen

Prof. Dr.-Ing. Peter Hartwig
hartwig@aqua-consult.de

Interactive **W**ater **M**anagement (**IWAMA**)

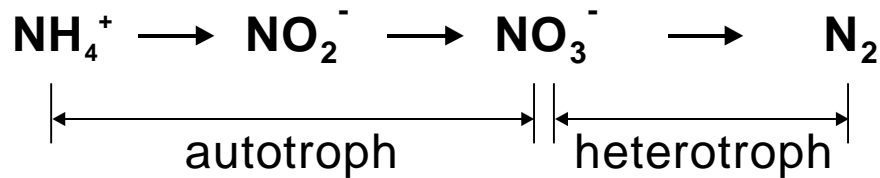
Hintergrund

- EU - gefördertes Projekt Interactive Water Management (IWAMA)
- Zeitraum: März 2016 - April 2019
- 17 Projektpartner aus dem Ostseeraum
- Schwerpunkte
 - Capacity building
 - Smart Energy Management
 - Smart Sludge Management
- Projektpartner: Zweckverband Grevesmühlen e.V.

Biologische Schlammwasserbehandlung:

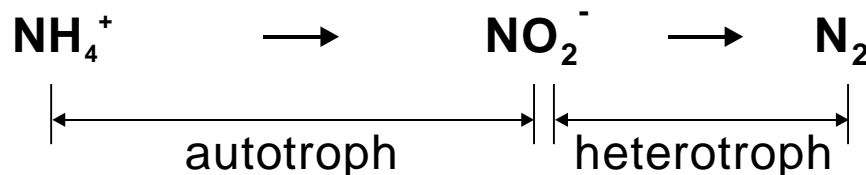
Vergleich N-elimination via Nitrat und via Nitrit

➔ über Nitrat



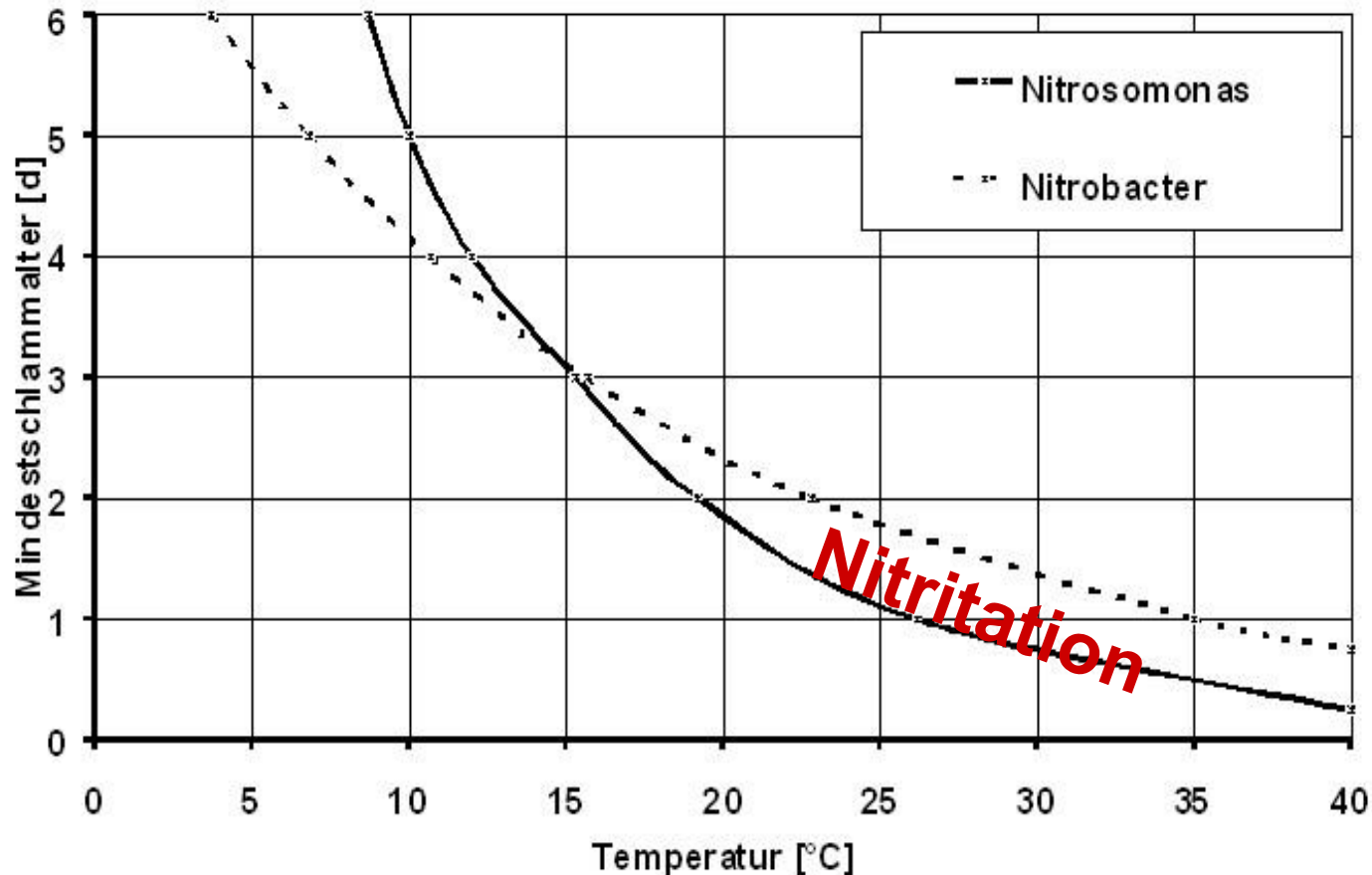
CSB/TKN: ~ 5,5

➔ über Nitrit



CSB/TKN: ~ 3,6

Wachstumsraten von Nitrosomonas und Nitrobacter in Abhängigkeit der Temperatur nach HUNIK (1993)





**Technische
Versuchsanlage
zur Nitrifikation**

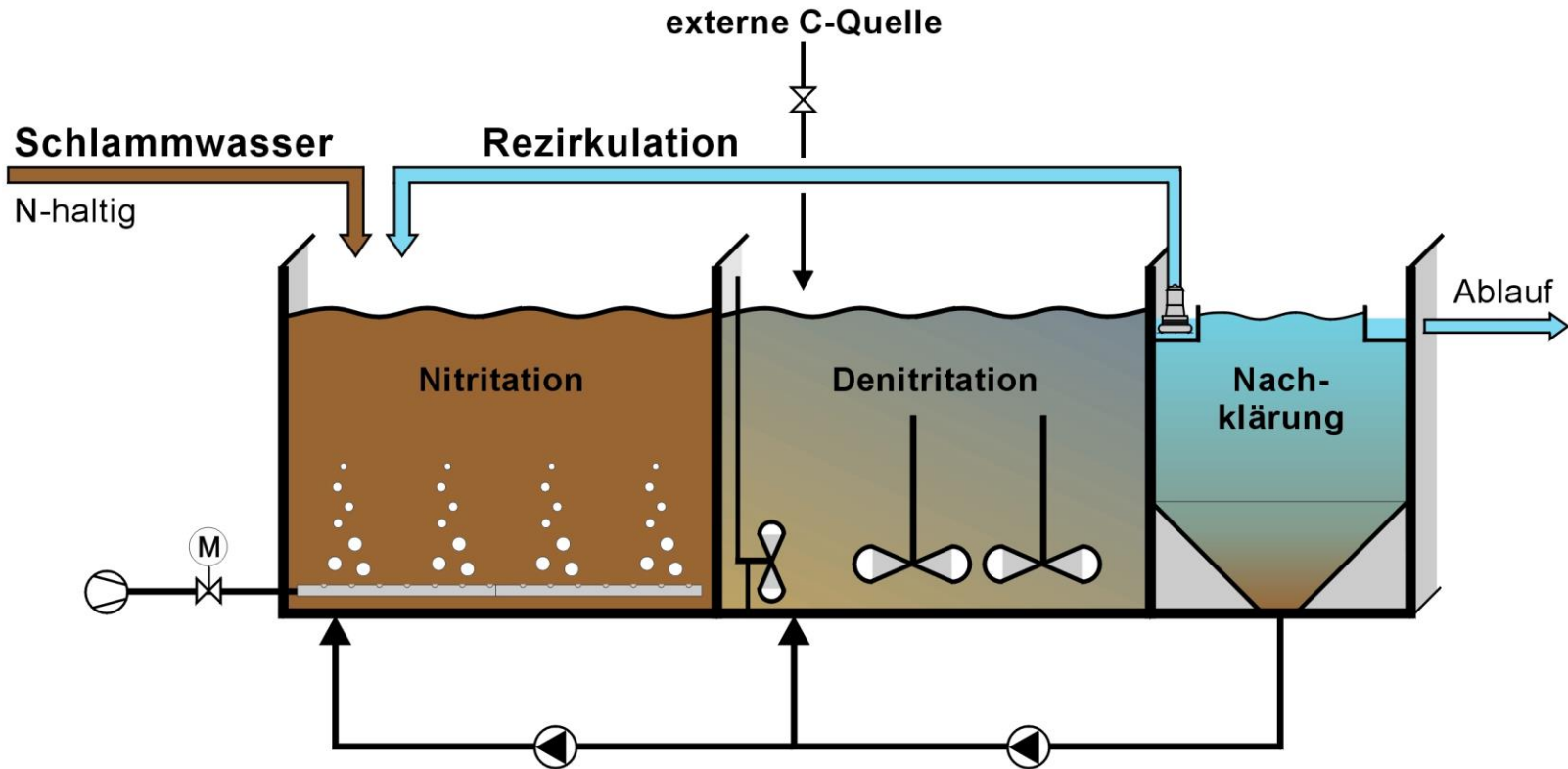
Versuchsanlage Nitritation – KA Dubai

Nitritation
T= 35 - 40 °C





PANDA

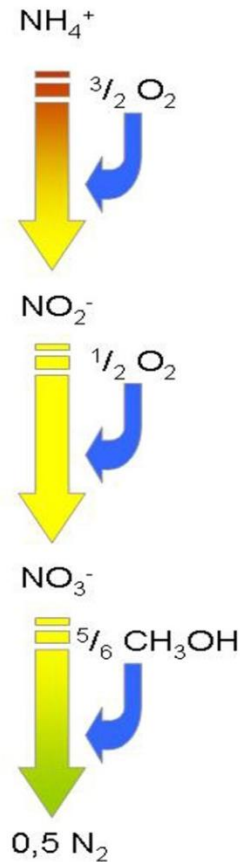


Partial **A**ugmented **N**itritation **D**enitritation **A**lkalinityrecovery

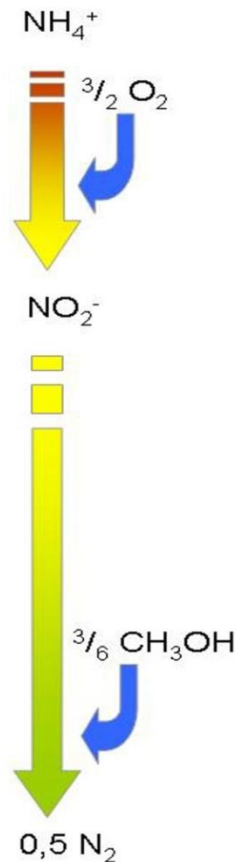
Developed by aqua consult Ingenieur GmbH / ISAH, Universität Hannover

Schlammwasserbehandlung

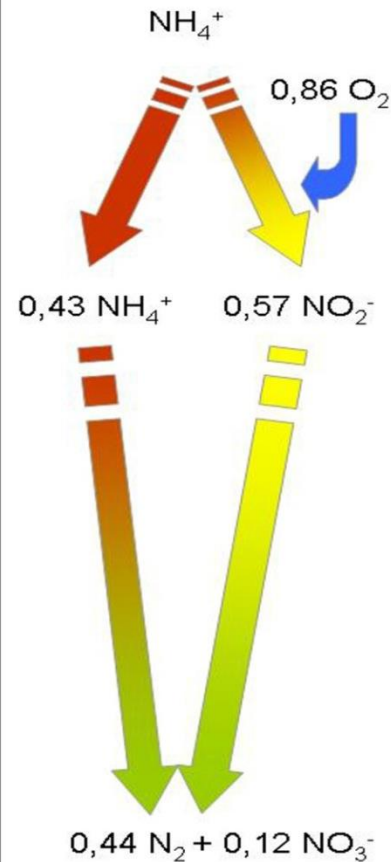
Nitrifikation/ Denitrifikation



Nitritation/ Denitritation



Deammonifikation





D2

Zwischenklärung

N2

D1

**Havarie-
becken**

N1

**Speicher-
becken**

**Schlammwasser-
behandlung**

Schlamm-trocknung

Anaerobe Schlammbehandlung

- + Primärschlamm-speicher
- + Thermische Hydrolyse
- + Co-Fermentation
- = energetisch autark

