

Exportorientierte FuE auf dem Gebiet Abwasser
Validierung an technischen Anlagen

EXP  **VAL**

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen

Wichern, M.; Lübken, M.; Herzer, D.; Scheer, H.; Wulf, P.; Jung, D.
Partner: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach-Lange

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

1. Einleitung: Ziel ... maßgeschneiderte Belebungsanlagen



(Quelle: wilo.de)

(Quelle: Weltwasserreport, 2012)

Für Deutschland typische Zahlen (50000 EW-Anlage, $T=12^{\circ}\text{C}$, DWA A131 (2000), chem. Fällung):

$$V_{\text{BB}} = 125 \text{ L/EW}; \text{ÜSB}_{\text{ohne VK-Schlamm}} = 45 \text{ g}_{\text{TS}}/(\text{EW} \cdot \text{d}); t_{\text{TS}} = 11\text{d}; \text{OV} = 65 \text{ g}_{\text{O}_2}/(\text{EW} \cdot \text{d}); 40\text{-}45 \text{ kWh}_{\text{el}}/(\text{EW} \cdot \text{a})$$

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

1. Einleitung: Ziel ... maßgeschneiderte Belebungsanlagen



Kann die Auslegung von Belebungsanlagen für extreme Temperaturen, andere Abwasserzusammensetzung, Salzgehalte und Probenahme wie in Deutschland erfolgen?

(Quelle: wilo.de)

(Quelle: Weltwasserreport, 2012)

Für Deutschland typische Zahlen (50000 EW-Anlage, $T=12^{\circ}\text{C}$, DWA A131 (2000), chem. Fällung):

$$V_{\text{BB}} = 125 \text{ L/EW}; \text{ÜSB}_{\text{ohne VK-Schlamm}} = 45 \text{ g}_{\text{TS}}/(\text{EW} \cdot \text{d}); t_{\text{TS}} = 11\text{d}; \text{OV} = 65 \text{ g}_{\text{O}_2}/(\text{EW} \cdot \text{d}); 40\text{-}45 \text{ kWh}_{\text{el}}/(\text{EW} \cdot \text{a})$$

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

1. Einleitung: A131 (2015) als vorliegender Rahmen...

Fließweg :

1. CSB-Fraktionierung

$$S_{CSB,inh,22} = 0,05 \cdot C_{CSB,22} \quad [\text{gCSB}/\text{m}^3]$$

$$X_{anorgTS,22} = B \cdot X_{TS,22}; \quad B = 0,2_{TK} - 0,3_{abwTK}$$

$$X_{CSB,22} = (1 - B) \cdot X_{TS,22} \cdot 1,6 \frac{S_{CSB}}{S_{TS}} \quad [\text{gCSB}/\text{m}^3]$$

$$X_{CSB,inh,22} = 0,25 \cdot X_{CSB,22} \quad [\text{gCSB}/\text{m}^3]$$

$$C_{CSB,ab,22} = C_{CSB,22} - S_{CSB,inh,22} - X_{CSB,inh,22} \quad [\text{gCSB}/\text{m}^3]$$

2. Aerobes Schlammalter

$$t_{TS,thr} = \frac{PF \cdot 1,6}{\mu_M \cdot f_{T,A} - b_A \cdot f_{T,A}} \quad [\text{d}]$$

3. Schätzen des anox. Volumens

$$\frac{V_D}{V_{22}} \text{ gew. [-]}$$

4. Gesamtschlammalter

$$t_{22} = \frac{t_{TS,thr}}{1 - \frac{V_D}{V_{22}}} \quad [\text{d}]$$

5. Überschussschlammrechnung

$$X_{CSB,22} = \frac{C_{CSB,ab} \cdot Y_M \cdot Q / 1000}{1 + b_M \cdot t_{22}} \quad [\text{kgCSB}/\text{d}]$$

$$X_{CSB,inh} = X_{CSB,inh,22} \cdot Q / 1000 + f_i \cdot b_M \cdot X_{CSB,22} \cdot t_{22} \quad [\text{kgCSB}/\text{d}]$$

$$US_{4,C} = \frac{X_{CSB,22} + X_{CSB,inh} + X_{anorgTS,22} \cdot Q}{0,8 \cdot 1,45} \quad [\text{kgTS}/\text{d}]$$

6. Stickstoffbilanz

$$X_{pNH,22} = 0,07 \cdot X_{CSB,22} \quad [\text{gN}/\text{m}^3]$$

$$S_{NO2,D} = C_{TV,22} - S_{pNH,22} - S_{NH4,22} - S_{NO2,22} - X_{pNH,22} \quad [\text{gN}/\text{m}^3]$$

7. Sauerstoffbedarf

$$OV_C = C_{CSB,ab,22} \cdot Q / 1000 - X_{CSB,22} - X_{CSB,inh,22} \quad [\text{kgCSB}/\text{d}]$$

bzw.

$$OV_{C,ab} = (1 - Y_M) \cdot C_{CSB,ab,22} \cdot Q / 1000 \quad [\text{kgCSB}/\text{d}]$$

$$OV_{C,inh} = (1 - f_i) \cdot b_M \cdot X_{CSB,22} \cdot t_{22} \quad [\text{kgCSB}/\text{d}]$$

$$OV_{4,N} = 4,3 \cdot (S_{NO2,D} - S_{NO2,22} + S_{NO2,22}) \cdot Q / 1000 \quad [\text{kgO}/\text{d}]$$

$$OV_{4,D} = 2,86 \cdot S_{NO2,D} \cdot Q / 1000 \quad [\text{kgO}/\text{d}]$$

8. errechnetes anox. Volumen

Vorg.Deni

$$OV_{C,anox,vorg} = C_{CSB,ab,22} \cdot (1 - Y_M) \cdot Q / 1000 \quad [\text{kgO}/\text{d}]$$

$$OV_{C,D} = 0,75 \cdot \left[OV_{C,anox,vorg} + (OV_C - OV_{C,anox,vorg}) \cdot \left(\frac{V_D}{V_{22}} \right)^{0,41} \right] \quad [\text{kgO}/\text{d}]$$

intermittierende und simultane Deni

$$OV_{C,D} = 0,75 \cdot OV_{C,D} \cdot \frac{V_D}{V_{22}} \quad [\text{kgO}/\text{d}]$$

9. Vergleich

mit

$$OV_{C,D} = OV_{4,D}$$

$$\frac{V_D}{V_{22}} \text{ gew} = \frac{V_D}{V_{22}}$$

Nein

Ja

10. Beckenvolumen

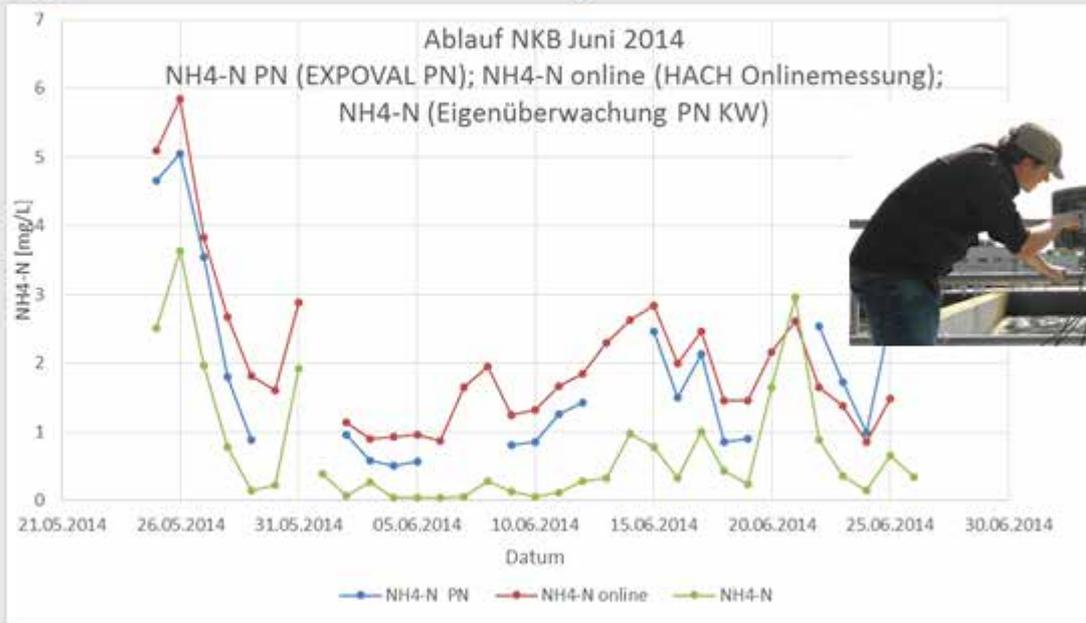
$$V_{22} = \frac{US_{4,C} \cdot t_{22}}{TS_{22}} \quad [\text{m}^3]$$

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

Genutzte Werkzeuge im Rahmen der Validierung: Anlagendaten

Hach Online Telemetrie:

Echtzeitüberwachung versch. Parameter und Abgleich mit Daten aus den Probenehmern



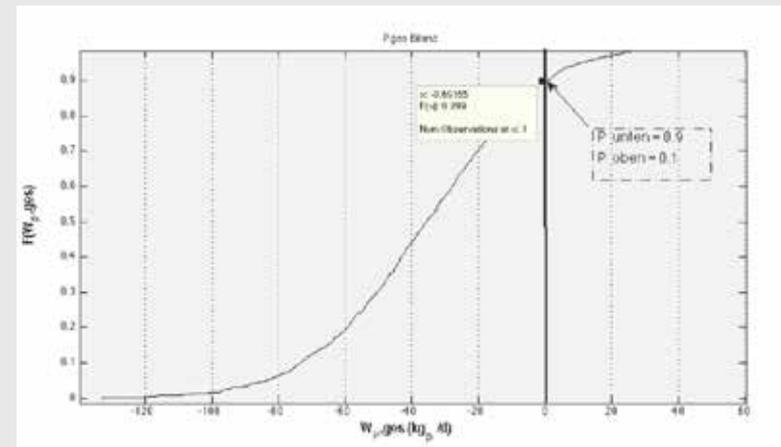
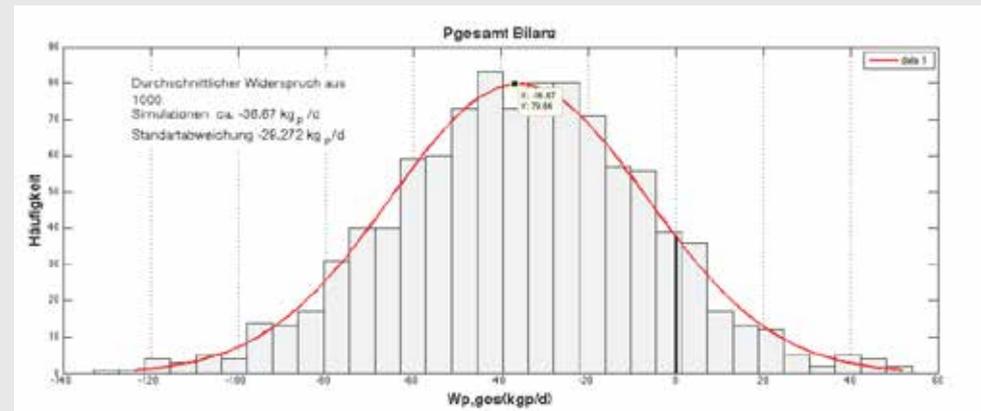
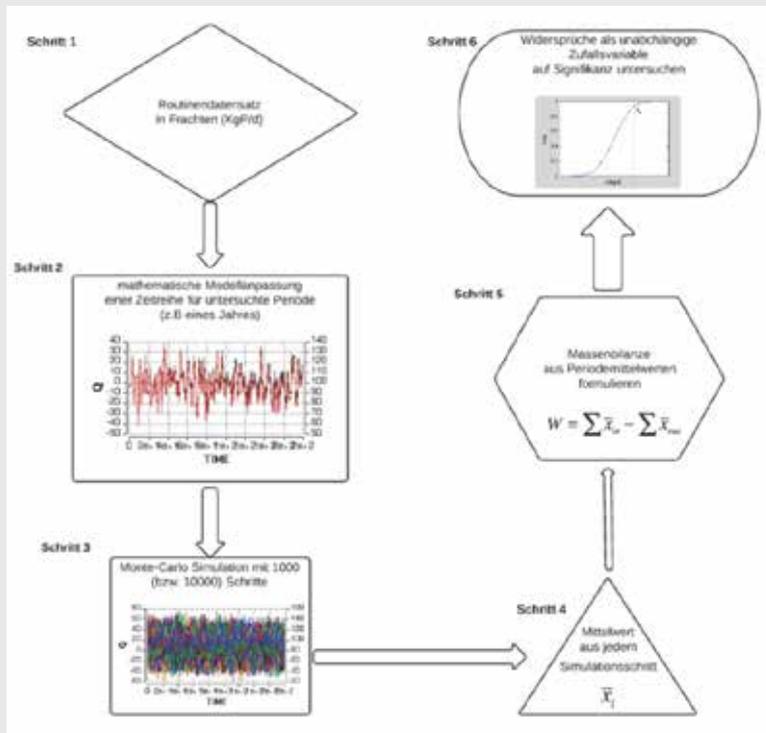
Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

Genutzte Werkzeuge im Rahmen der Validierung: Methoden der Datenauswertung

Plausibilitätsprüfungen und statistische Datenauswertung/-aufbereitung

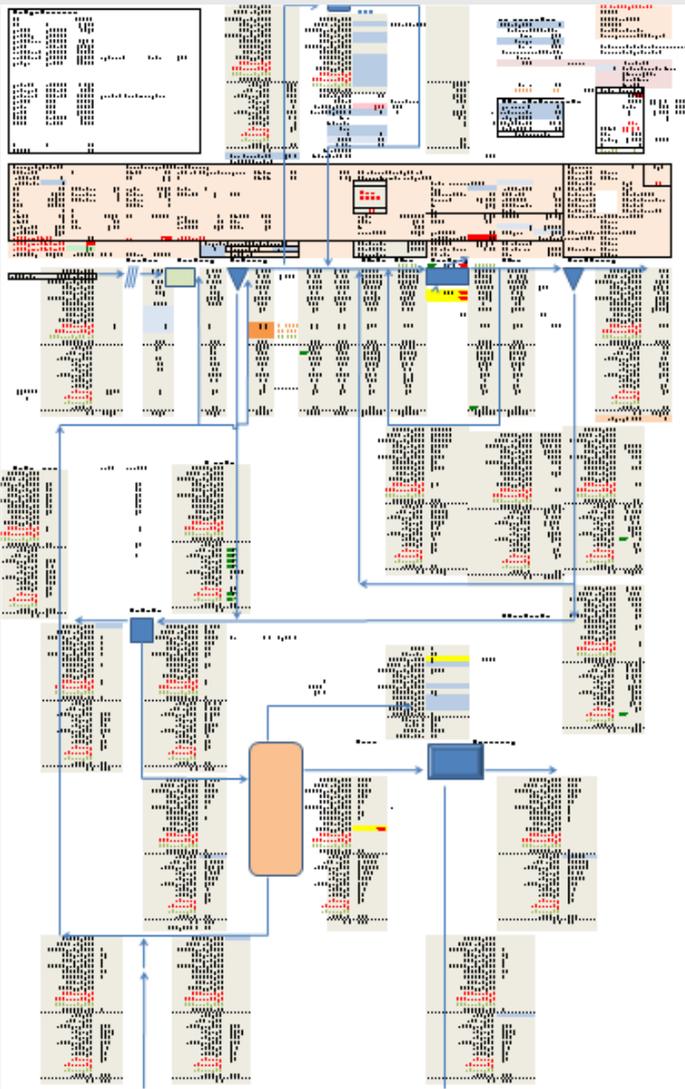
à Entfernung grober Messabweichungen

à Prüfung auf systematische Messunsicherheiten mittels Massenbilanzen (Thomann-Haller, 2002)



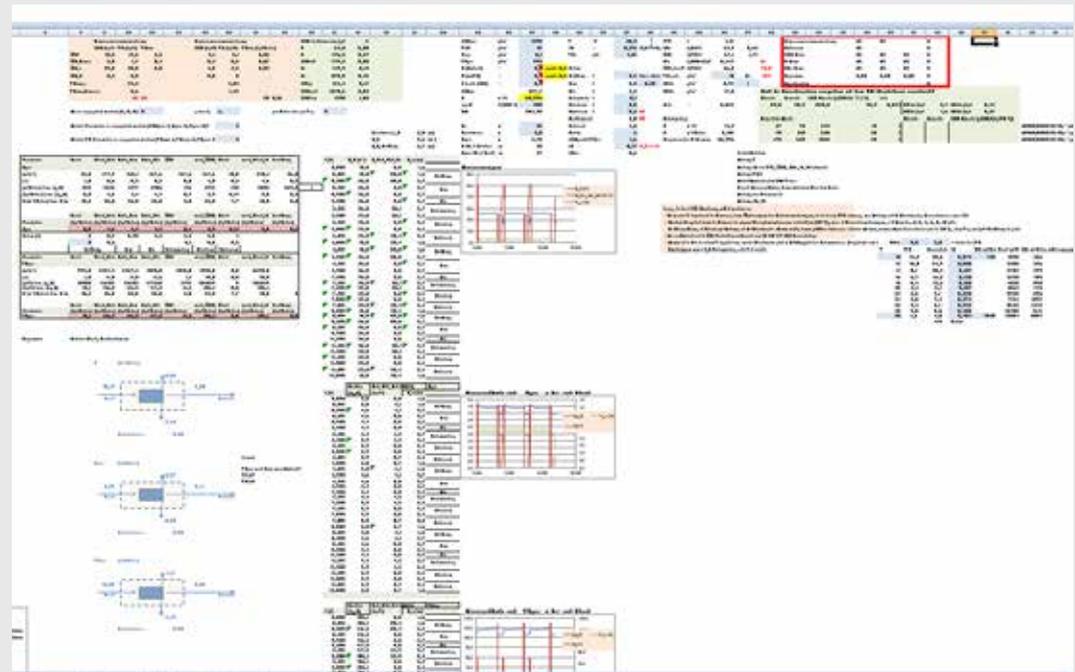
Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

Genutzte Werkzeuge im Rahmen der Validierung: Anlagenbilanzen rechnen über die gesamte Kläranlage



inklusive DWA-A131(2015)-Belebungsstufe, zusätzlich...Vorklärung, Eindickung, Faulung und Entwässerung

inklusive DWA-M210: SBR-Anlagen



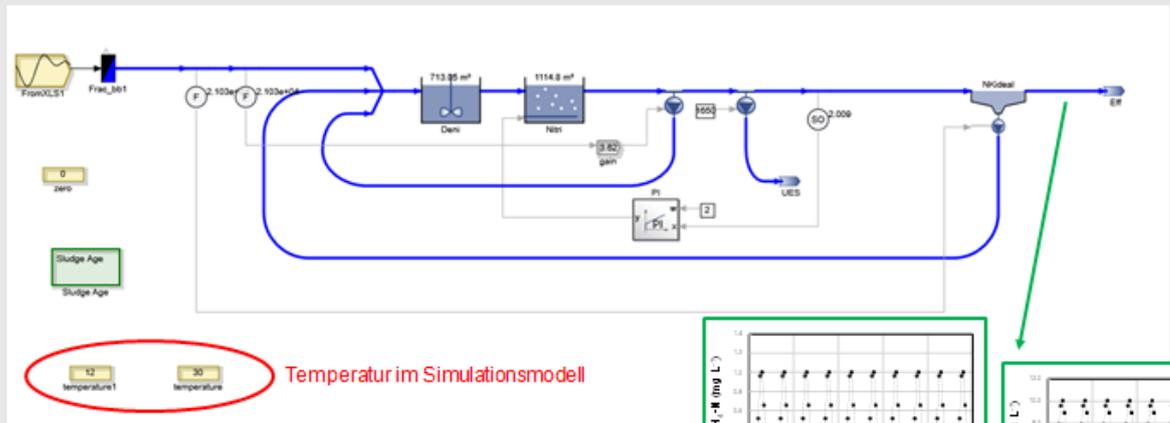
Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

Genutzte Werkzeuge im Rahmen der Validierung Dynamische Simulation mit ASM3 (1999)

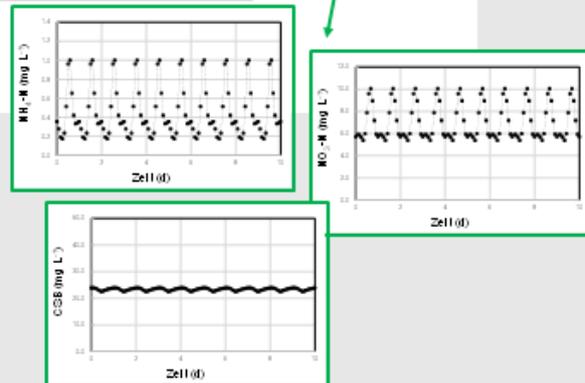
Heterotrophe Organismen			
K_{STO}	d^{-1}	12,5/0,07	12,5/0,07
η_{NOH}	-	0,8	0,8 ^a (0,5 ^b)
K_{OH}	$g_{O_2} m^{-3}$	0,2-0,5	0,2
K_{NOH}	$g_{NM} m^{-3}$	0,5	0,5
K_{SSH}	$g_{CSB} m^{-3}$	10,0	10,0
K_{STO}	-	0,10	0,10
μ_H	d^{-1}	3,0/0,07	3,0/0,07
K_{NH}	$g_{NM} m^{-3}$	0,01	0,01
K_{PO4H}	$g_{PM} m^{-3}$	0,011	0,011 ^a
K_{HCO4H}	$mol m^{-3}$	0,1	0,1
b_H	d^{-1}	0,3/0,07	0,3/0,07
b_{STO}	d^{-1}	0,3/0,07	0,3/0,07
$\eta_{NO,NH,H}$	-	0,33-0,5	0,33 ^a (0,5 ^b)
Y_{STO,O_2}	$g_{CSB} g_{CSB}^{-1}$	0,80	0,80
$Y_{STO,NO}$	$g_{CSB} g_{CSB}^{-1}$	0,70	0,70
Y_{H,O_2}	$g_{CSB} g_{CSB}^{-1}$	0,80	0,80
$Y_{H,NO}$	$g_{CSB} g_{CSB}^{-1}$	0,65	0,65
Autotrophe Organismen			
μ_N	d^{-1}	1,0-1,7 /0,105	0,9-1,8/0,105
b_N	d^{-1}	0,2/0,105	0,2/0,105
$K_{NH,N}$	$g_{NM} m^{-3}$	0,5-1,0	1,0
$K_{O,N}$	$g_{O_2} m^{-3}$	0,5	0,5
$K_{HCO,N}$	$mol m^{-3}$	0,5	0,5
$K_{PO4,N}$	$g_{PM} m^{-3}$	0,01	0,01 ^a
$\eta_{NO,NH,N}$	-	0,50	0,50
Y_N	$g_{CSB} g_N^{-1}$	0,24	0,24
Sonstiges			
f_N	$g_{CSB} g_{CSB}^{-1}$	0,2	0,2
\dot{i}_{NS1}	$g_N g_{CSB}^{-1}$	0,01	0,01
\dot{i}_{NS2}	$g_N g_{CSB}^{-1}$	0,03-0,04	0,03
\dot{i}_{NX1}	$g_N g_{CSB}^{-1}$	0,035-0,04	0,04
\dot{i}_{NX2}	$g_N g_{CSB}^{-1}$	0,03-0,04	0,03
\dot{i}_{NEM}	$g_N g_{CSB}^{-1}$	0,07	0,07

q_{PP}	d^{-1}	1,2-	1,5/0,04
μ_{PAO}	d^{-1}	2,3/0,04	
$\eta_{NO,PAO}$	-	1/0,07	1/0,07
b_{PAO}	d^{-1}	0,2/0,07	0,2/0,07
$\eta_{NO,NH,PAO}$	-	0,33	0,33
b_{PP}	d^{-1}	0,2/0,07	0,2/0,07
$\eta_{NO,NH,PP}$	-	0,33	0,33
b_{PHA}	d^{-1}	0,2/0,07	0,2/0,07
$\eta_{NO,NH,PHA}$	-	0,33	0,33
$K_{SS,PAO}$	$g_{CSB} m^{-3}$	10	10
$K_{HCO,PAO}$	$mol m^{-3}$	0,1	0,1

Prozess	Prozessrate
1 Hydrolyse	$k_d \cdot \frac{X_d / X_{d0}}{K_X + X_d / X_{d0}} \cdot X_d$
Heterotrophe Organismen (X_H)	
2 Aerobe Speicherung von S_O	$K_{SO} \frac{S_{O_2}}{K_{SO} + S_{O_2}} \frac{S_{NH}}{K_N + S_{NH}} \cdot X_H$
3 Anoxische Speicherung von S_O	$K_{SO} \cdot \eta_{NO} \frac{K_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \frac{S_{NH}}{K_N + S_{NH}} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \frac{S_{NH}}{K_N + S_{NH}} \cdot X_H$
4 Aerobes Wachstum	$\mu_H \cdot \frac{S_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \frac{S_{NH}}{K_N + S_{NH}} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \frac{S_{NH}}{K_N + S_{NH}} \frac{X_{STO} / X_H}{K_{STO} + X_{STO} / X_H} \cdot X_H$
5 Anoxisches Wachstum (Denitrifikation)	$\mu_H \cdot \eta_{NO} \frac{K_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \frac{S_{NH}}{K_N + S_{NH}} \frac{S_{NO}}{K_{NO} + S_{NO}} \frac{S_{NH}}{K_N + S_{NH}} \frac{X_{STO} / X_H}{K_{STO} + X_{STO} / X_H} \cdot X_H$
6 Aerobe endogene Atmung	$b_H \frac{S_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \cdot X_H$
7 Anoxische endogene Atmung	$b_H \cdot \eta_{NO} \frac{K_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \frac{S_{NH}}{K_N + S_{NH}} \cdot X_H$
8 Aerobe Veratmung X_{STO}	$b_{STO} \frac{S_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \cdot X_{STO}$
9 Anoxische Veratmung X_{STO}	$b_{STO} \cdot \eta_{NO} \frac{K_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \frac{S_{NH}}{K_N + S_{NH}} \cdot X_{STO}$
Autotrophe Organismen (X_A)	
10 Nitrifikation	$S_{NH} \cdot S_{O_2} \cdot S_{NO} \cdot S_{NH}$



- Variation der Bemessungstemperatur: 12°C 30°C
- Probenahme: 2h MP und 24h MP



Aus Wichern (2010), Simulation biochemischer Prozesse in der Siedlungswasserversorgung, ISBN 3835631799

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

2. Überschußschlammanfall: bisher ausgewertete Großanlagen nach Prüfung der Datensätze

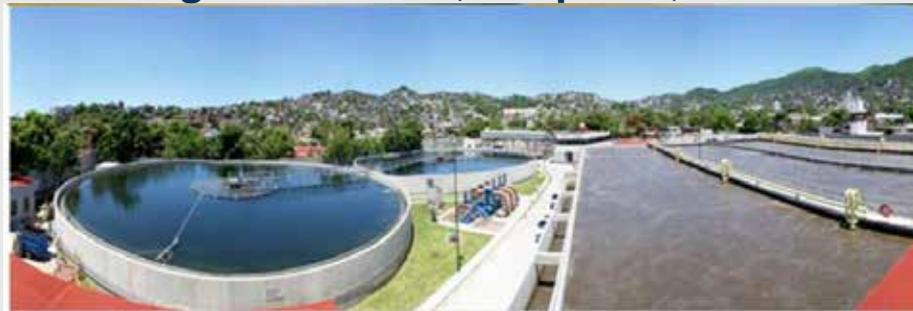
WWTP Syana FZC (Fujairah, VAE)



WWTP Bekkelaget, Oslo



WWTP Aguas Blancas, Acapulco, Mexiko



Ergänzend: Pilotanlage Düsseldorf



Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

2. Anlagendaten

Anlage	Typ	EW	T	tTS	TS-Fracht	CSB-Fracht
VAE	vorg. D. / UG	77.845	31,3 / 30,5	12,8 / 14,4	4.133 / 3.298	8.758 / 9.033
Mexiko	C + Nitri	622.000	27,0	10,1	10.223	30.668
Norwegen	vorg. Deni	290.000	11,7	13,1	26.404	40.913
Pilotanlage	vorg. Deni	3.500	21,0 / 29,0	8,5 / 5,6	9,0 / 13,5	28,8 / 42,9

Überschussschlammproduktion

Anlage	Typ	ÜS _{B,mess} [kg _{TS} /d]	ÜS _{B,A131} [kg _{TS} /d]	ÜS _{B,HSG89} [kg _{TS} /d]	ÜS _{B,HSG93} [kg _{TS} /d]
VAE 2011	vorg. D. + Umlaufgraben	2615	2511	2225	2326
VAE 2014	vorg. D. + Umlaufgraben	2628	2292	1716	1867
Mexiko	C + Nitri	13140	10300	9328	9803
Norwegen	vorg. Deni	8421	8760	9311	9504
Pilotanlage 1	vorg. Deni	10,0	10,8	9,2	9,5
Pilotanlage 2	vorg. Deni	19,8	16,4	12,9	13,4

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

2. Anlagendaten

Anlage	Typ	EW	T	tTS	TS-Fracht	CSB-Fracht
VAE	vorg. D /	77 845	31,3 / 30,5	12,8 / 11,1	4 133 /	8 758 /

Mexiko

Norwegen

Pilotanlage

Übersicht

Anlage

VAE 2011

VAE 2014

Mexiko

Norwegen

Pilotanlage 1

Pilotanlage 2

Resumee:

Die reale Überschussschlammproduktion der Hochtemperaturenanlagen ist größer als nach deutschen Ansätzen vorhergesagt.

Ursachen könnten **höherer mineralischer oder inerter, organischer Zulaufanteil**, eine schlechtere Hydrolyse oder eine erhöhte Inertproduktion beim Biomassensterben sein.

Norwegen	vorg. Deni	8421	8700	-	-
Pilotanlage 1	vorg. Deni	10,0	10,8	8,3	-
Pilotanlage 2	vorg. Deni	19,8	16,4	11,7	-

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

3. Nitrifikation: Nitrifikationsleistung der Großanlagen

Anlage	Typ	$\text{NH}_4\text{-N}_{\text{mess}}$ [g _N /m ³]	$\text{NH}_4\text{-N}_{\text{A131}}$ [g _N /m ³]	$\text{NH}_4\text{-N}_{\text{HSG89}}$ [g _N /m ³]	$\text{NH}_4\text{-N}_{\text{HSG93}}$ [g _N /m ³]
VAE 2011	vorg. D. + UG	0,5	< 1,0	0,1	0,1
VAE 2014	vorg. D. + UG	2,0	< 1,0	0,1	0,1
Mexiko 2012	C + Nitri	-	< 1,0	0,2	0,1
Norwegen	vorg. Deni	Nges 70%	< 1,0	0,9	0,7
Pilotanlage 1	vorg. Deni	0,8	< 1,0	0,4	0,3
Pilotanlage 2	vorg. Deni	1,5	< 1,0	0,3	0,2

Resumee: Aufgrund der Großanlagendaten scheinen die Ammoniumstickstoffablaufwerte durch die Modelle etwas unterschätzt zu werden.

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

3. Nitrifikation: Nitrifikation in den SBR-Laboranlagen

Steuerung und Überwachung der Reaktoren über SPS/PLS (WAGO/InTouch)
Kontinuierliche Erfassung und Auswertung sämtlicher Labor, Betriebs- und Wartungsdaten in einem Datenbanksystem (MS-Access)

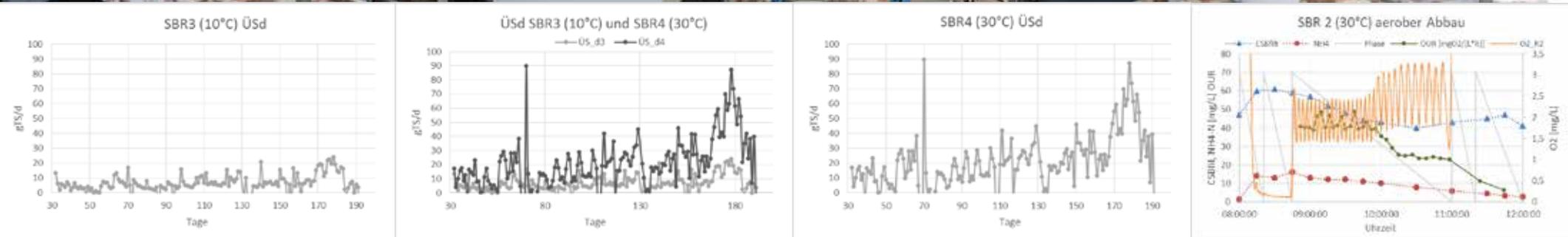
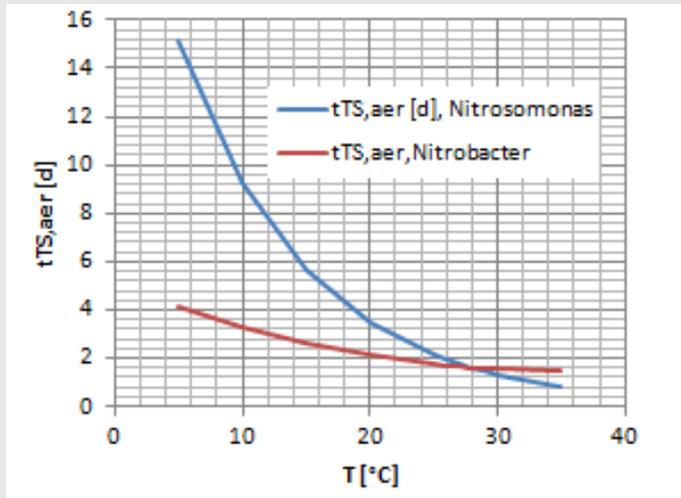


Abb.: SBR-Laboranlagenbetrieb etwa 200d

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

3. Nitrifikation: Nitrifikation in den SBR-Laboranlagen



Vereinfacht:

$$m_{max} \cdot b_{max, 15^\circ\text{C}, \text{NMonas}} = 0,47 [-]$$

$$m_{max} \cdot b_{max, 15^\circ\text{C}, \text{NBacter}} = 0,78 [-]$$

$$f_{T, \text{Nitrosomonas}} = 1,103^{T-15} [-]$$

$$f_{T, \text{Nitrobacter}} = 1,06^{T-15} [-]$$

Lastfälle bei ~30°C

Exemplarische Lastfälle	tTS _{aer} [d]	NH ₄ -N _{e,mess} [g/m ³]	NH ₄ -N _{e,er} [g/m ³] (HSG93)
1	1,9	< 0,1	0,5
2	1,4	< 0,1	0,9
3	1,7	< 0,2	0,7
4	1,3	< 0,1	0,9

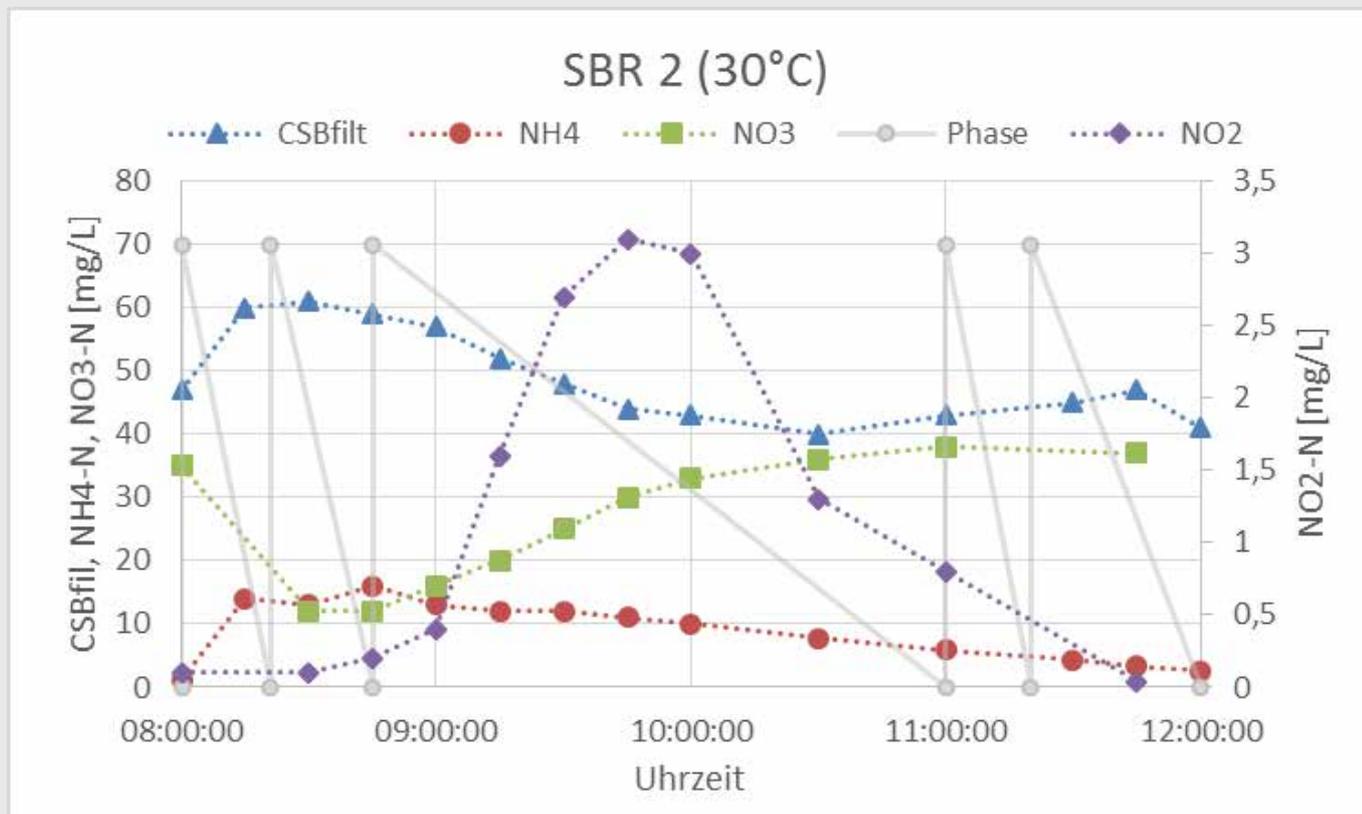
A131 garantiert in der Bemessung Ablaufwerte < 1g_{NH4-N}/m³.

Resumee: bei 30°C keine Änderung von A131(2015) nötig, höhere T noch in Arbeit!

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

3. Nitrifikation: Nitrifikation in den SBR-Laboranlagen

16



Nitrifikationsrate etwas geringer als erwartet bei $T=30^{\circ}\text{C}$:
 $\sim 80\text{-}90 \text{ g}_N/(\text{kg}_{\text{oTS}} \cdot \text{d})$ bzw. $\sim 230 \text{ g}_N/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$

Lastfä

1

2

3

4

Resumee: bei 30°C keine Änderung von A131(2015) nötig, aber Nitritproblematik!

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

3. Salzeinfluss (0-10 g_{NaCl}/L): Tabelle aus (4)

Table 4 – Reported results on the impact of salt on the nitrification activity and settling characteristics in various systems and under different environmental conditions

Impact of salt on activity of nitrifiers Inhibition (%)	Salt		Environmental conditions			Nitrifiers		System used ^c	Settling characteristics		Reported observation	Refs. ^d
	Type	(g Cl ⁻ /L)	pH	Temp. °C	Medium ^a	Seed ^b	Adapted		SVI	Effluent SS		
65-70	seawater	3.5-6.5	-	20-30	DW	DA	No	LA	>125	+	70% inhibition of μ_{max} nitrifiers (0.25 day ⁻¹) SVI not affected due to initial high biomass (20 gVSS/L) NO ₂ accumulation due to DO limitation, not to salinity	11
100	NaCl+NH ₄ Cl	18	7.8	20	SW	EC	No	LA	11-40	nm		2
5-60	NaCl	6,18,30,36	8	25	SW	EN	No	LA	nm	nm	>18 g Cl ⁻ /L SRT _{max} is 25 days, at 0 g Cl ⁻ /L 12 days	5
10-20	NaCl	18,30	8	25	SW	EN	No	LA	nm	nm	NO ₂ accumulation above 12 g Cl ⁻ /L	6
31-55	NaCl	3,6,12,18	nm ^e	27-33	SW	DA	No	LA	na ^e	+	MLSS decreased with increased NaCl	8,9
20-43	NaCl	3,6,12,18	nm	27-33	SW	SA	to 5 g Cl ⁻ /L	LA	na	+		
<5	NaCl	3	nm	20-22	SW	DA	No	LS	nm	nm		7
83	NaCl	18-20	8	28-30	SW	MS	To seawater	AQ	nm	nm	NO ₂ accumulation due to limitation of trace elements and CO ₂	3
<5	NaCl	1-4	nm	nm	DW	DA	No	BA	nm	nm		1
	NaCl	10	7-8	30	IW	SA	to 10 g Cl ⁻ /L	PF	nm	nm		10
0% (compared to 10 g Cl)	NaCl	20	7-8	30	IW	SA	to 10 g Cl ⁻ /L	PF	nm	nm	NO ₂ was the only product >20 g Cl ⁻ /L	
57% (compared to 20 g Cl)	NaCl	34	7-8	30	IW	SA	To 10 g Cl ⁻ /L	PF	nm	nm	below 20 g Cl ⁻ /L good fluidizable particles are formed	
	NaCl	10	7-8.3	25-30	IW/SW	DA	No	PA	10	+	Shock load caused major inhibition	4
33% (compared to 10 g Cl)	NaCl	20	7-8.3	25-30	IW/SW	DA	No	PA	10	+	Good sludge stability due to gypsum precipitation	

^a DW = Domestic wastewater; SW = Synthetic wastewater; IW = Industrial wastewater from a coal-fired power plant.

^b DA = Domestic activated sludge performing nitrification; EC = Enriched culture of nitrifying bacteria; EN = *Nitrosomonas* and *Nitrobacter* in mixed culture; SA = Salt adapted activated sludge performing nitrification; MS = Marine sediment.

^c LA = Lab-scale activated sludge unit; LS = Lab-scale sequencing batch reactor; AQ = Nitrifiers immobilised in macro-porous cellulose carrier; PF = Pilot-scale fluid-bed; PA = Pilot-scale activated sludge unit.

^d 1 = Andreadakis et al., 1997; 2 = Campos et al., 2002; 3 = Catalan-Sakairi et al., 1996, 1997; 4 = Dahl et al., 1997; 5 = Dincer and Kargi, 1999; 6 = Dincer and Kargi, 2001; 7 = Intrasingkha et al., 1999; 8,9 = Panswad and Anan, 1999a, b; 10 = Vrednregt et al., 1997; 11 = Yu et al., 2002.

^e nm = not measured; na = not affected.

Quellen:

- 1.) Uygur, Kargi; 2004; Salt inhibition on biological nutrient removal from saline wastewater in a sequencing batch reactor; Enzyme Microbial Technology
- 2.) Moussa et al., 2006; Nitrification activities in full scale treatment plants with varying salt loads; Environmental Technology
- 3.) Tang, Lee; 2002; Treatment of mixed (fresh and salt) wastewater; 28th WEDC Conference; Sustainable environmental sanitation and water services
- 4.) Panswad, Anan, 1999; Impact of high chloride wastewater on an anaerobic/ anoxic/ aerobic process with and without inoculation of chloride acclimated seeds; Water Research, Vol. 22; No 5

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

3. Salzeinfluss (0-10 g_{NaCl}/L):

Kohlenstoffabbau (aerob):

Wenig sensibel bei Konzentrationen <10 g/L⁽⁴⁾

CSB Elimination >90% bei <5 g/L⁽¹⁾

Stickstoffabbau:

Kein signifikanter Unterschied bei <4 g/L⁽²⁾

NH₄-N Elimination >80% bei <10g/L⁽¹⁾

Erhöhung des Schlammalters kann Einbruch der Eliminationsraten kompensieren⁽³⁾ → Salzfaktor keine Stoßbelastung! → Adaption der MO erforderlich⁽⁴⁾

Eigene Versuche laufen noch...

$$t_{TS} = \frac{1}{\mu} = PF * \left(1,6 * \frac{1}{(\mu_{max} - b)} \right) * 1,103^{(15-T)} * S_K$$

$$S_K = 1/ISalz = \frac{1}{1 + \left(\frac{S_{Na^+}}{K_{I,Na^+}} \right) + \left(\frac{S_{Mg^{2+}}}{K_{I,Mg^{2+}}} \right) + \left(\frac{S_{Ca^{2+}}}{K_{I,Ca^{2+}}} \right) + \left(\frac{S_{K^+}}{K_{I,K^+}} \right)}$$

(Hierholzer, Akunna 2014)

S_x = Salzkonzentration

K_{1,x} = 50% Hemmkonzentration (z.B. 20 mg/l)

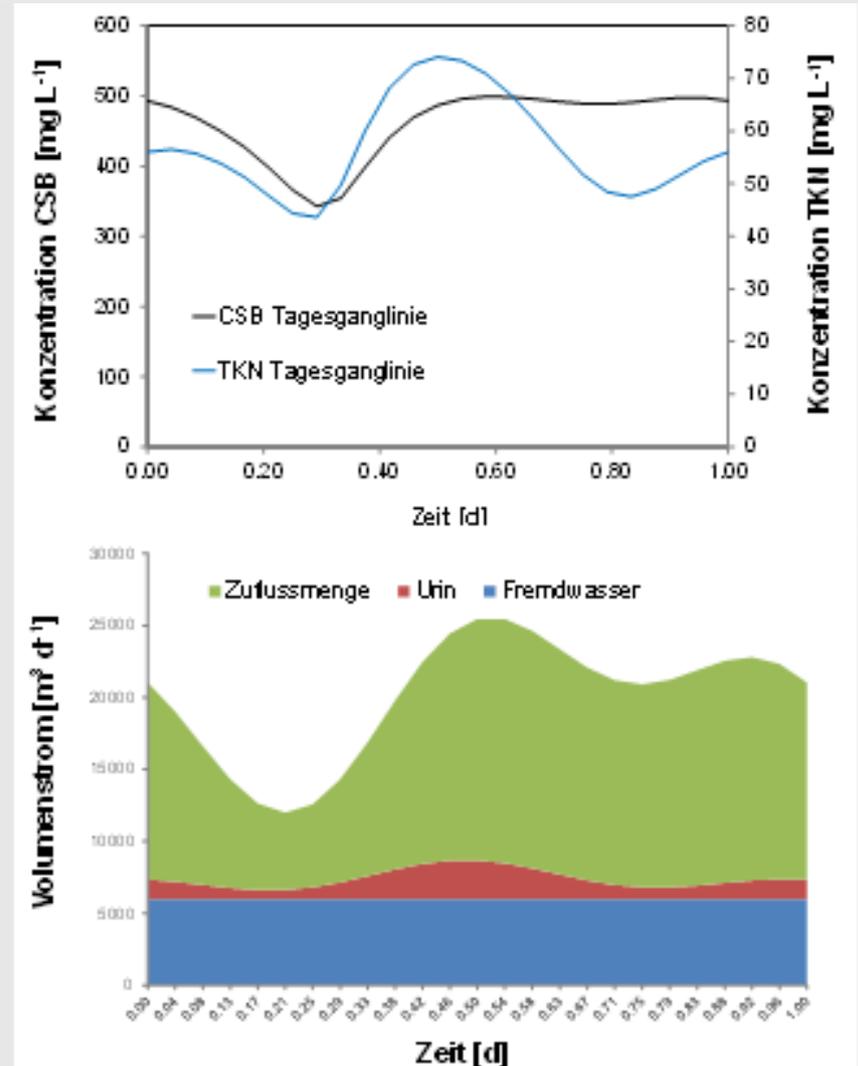
Quellen:

- 1.) Uygur, Kargi; 2004; Salt inhibition on biological nutrient removal from saline wastewater in a sequencong batch reactor; Enzyme Microbial Technology
- 2.) Moussa et al., 2006; Nitrification activities in full scale treatment plants with varying salt loads; Environmental Technology
- 3.) Tang, Lee; 2002; Treatment of mixed (fresh and salt) wastewater; 28th WEDC Conference; Sustainable environmental sanitation and water services
- 4.) Panswad, Anan, 1999; Impact of high chloride wastewater on an anaerobic/ anoxic/ aerobic process with and without inoculation of chloride acclimated seeds; Water Research, Vol. 22; No 5

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

3. Nitrifikation: Wirkung auf den Prozessfaktor HSG-Ansatz zur Tagesganglinienberechnung

- Parametrisierung und Anpassung des ASM3 an das DWAA131
- Simulation mittels eines „typischen“ dynamischen Tagesganges



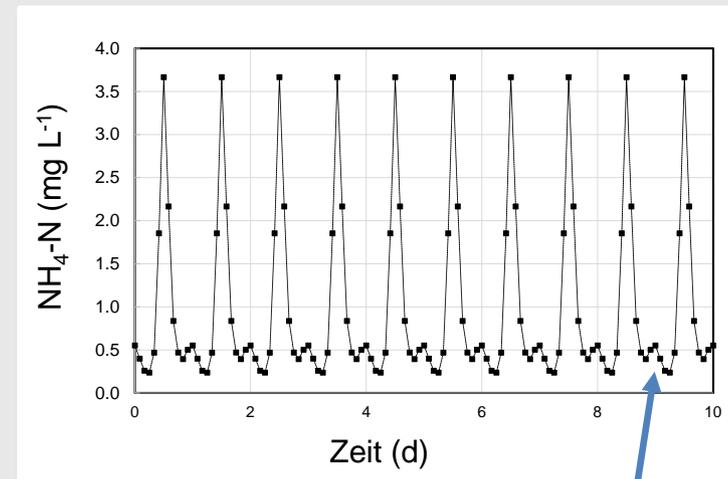
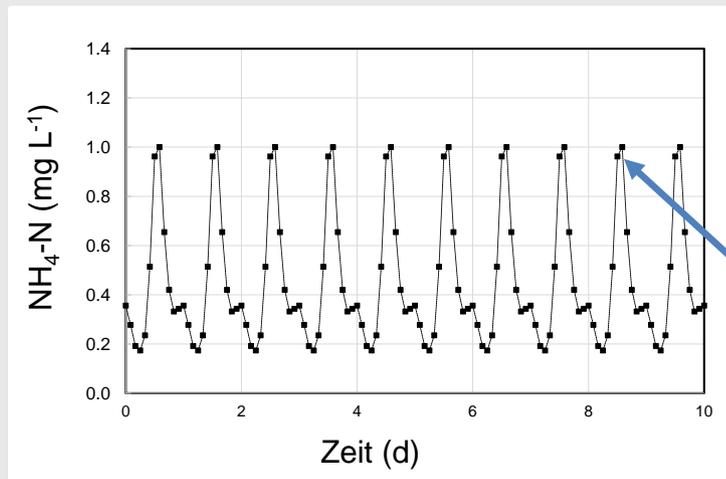
Parameter	A131 compliant	Koch et al. 2000
aerobic yield storage $Y_{STO,O2}$	0.8375	0.8
aerobic yield growth $Y_{H,O2}$	0.8	0.8
anoxic yield storage $Y_{STO,NO}$	0.787 (0.8)	0.7
anoxic yield growth $Y_{H,NO}$	0.7	0.65
$\eta_{H,red}$ -reduction of decay under anoxic conditions	0.5	0.33/0.5
decay rate heterotrophic biomass $b_{H,O2}$	$0.32 e^{-0.0015(400-12)}$	$0.3 e^{-0.0015(400-12)}$
half-saturation constant growth autotrophs K_N	0.7	1
$\mu_{A,ASM3}$ Maximum growth rate of X_A [1/d]	$1.3 e^{-0.1(100-120)}$	$1.3 e^{-0.1(100-120)}$
safety factor f_s , for $f=1.25$	0.8593	
$b_{A,ASM3}$ Decay rate of X_A [1/d]	$0.18 e^{-0.1(100-120)}$	$0.2 e^{-0.1(100-120)}$
i_{COD} , N content of inert particulate COD X_d	0.045	0.04
i_{NBM} , N content of biomass, X_B , X_A	0.08	0.07

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

3. Nitrifikation: Wirkung auf den Prozessfaktor

Erforderlicher Prozessfaktor (PF) in Abhängigkeit der Probenahme

$\text{NH}_4\text{-N}$ -Grenzwert im Ablauf der Nachklärung: 1 mg L^{-1} (2h MP und 24h MP)



$B_{d,CSB,Z} > 12.000 \text{ kg d}^{-1}$
100.000 EW

Probenahme	2h MP	24h MP
Temp. = 12°C	1,45	0,93
Temp. = 30°C	1,45	0,60

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

4. A131(2015) und Verfahrensketten

Im Rahmen des Projektverbundes ist geplant, auch die Berechnung von Verfahrensketten für den praxisnahen Anwender zu erleichtern.

Bei einigen Verfahrensketten kann nicht sichergestellt werden, dass in anoxischen Becken vollständig denitrifiziert wird. Es wird in diesen Fällen empfohlen, einen Hydrolyseansatz ähnlich ASM3 (Gujer et al., 1999) zu nutzen:

$$DX_S = I_{\text{Milieu}} \cdot k_H \cdot \frac{X_S}{k_x + X_S / X_H} \cdot V_{BB}$$

Folgende Kalibrierung an A131 (2015) hat sich bei Kettenrechnung mit ähnlichen Hydrolyseleistungen wie bei A131 (2015) bewährt:

$$k_{H,20^\circ\text{C}} = 9 \text{ d}^{-1}$$

$$I_{DB} = 0,25 [-]$$

$$I_{NB} = 1,0 [-]$$

$$k_X = 0,01 [-]$$

$$X_H [\text{g}_{\text{CSB}}/\text{m}^3] \text{ aus A131,}$$

$$\text{ebenso } V_{BB} [\text{m}^3].$$

T	10	10	20	20	30	30
CSBabb_T						
A131:Ss,						
Ss,hydr,D						
A131:Ss,						
Ss,hydr,N						
CSBabb_Diff %	1,6		2		2,6	
A131:Ss,hydr,DB	82	-8,9	78	-1,3	74	9,5
Ss,hydr,DB	89		79		67	
A131:Ss,hydr,NB	209	5,8	213	3,3	217	1,4
Ss,hydr,NB	197		206		214	

Dieses Vorgehen erfordert eine Iteration, die bei Verfahrensketten aber trotz des höheren Rechenaufwands gerechtfertigt scheint.

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach

Zusammenfassung – Zwischenstand (2015)

- (1) Die Datenauswertung der Großanlagen ist durch die Verschaltung der Belebungsstufe mit Vorklärung, Eindickung, Faulbehälter und Entwässerung mit hohem Aufwand verbunden.
- (2) Als Modelle wurden DWA-A131 (2015 und 2000), HSG (1989 und 1993) und DWA-M210 genutzt. Also dynamisches Modell fand das ASM 3 Anwendung.
- (3) Die stationären Modelle unterschätzen die Überschussschlammproduktion der Großanlagen bei $\geq 27^\circ\text{C}$.
- (4) Die Nitrifikationsleistung wird bei hohen T von 30°C leicht überschätzt.
- (5) Eine Nitritakkumulation erscheint bei $T > 30^\circ\text{C}$ wahrscheinlich.
- (6) Salzeinfluss ist bei Langzeitbetrieb ab 3-4 g/L zu erwarten.
- (7) Der A131-Prozessfaktor hat erhebliche Bedeutung auf die Größe des nötigen Belebungsbeckenvolumens und kann im Falle des Nachweises mit 24h-Mischproben erheblich reduziert werden.
- (8) Verfahrensketten sollten mit einem Hydrolyseterm für den schwer abbaubaren CSB nach ASM3 gerechnet werden (Parameter vorangehend angegeben).

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach



Dank an die Anlagenbetreiber und Partner in den VAE, Mexiko, Norwegen und Deutschland!

Exportorientierte FuE auf dem Gebiet Abwasser
Validierung an technischen Anlagen

EXP  VAL

Validierung von Bemessungs- und Betriebshinweisen für Belebungsanlagen

Wichern, M.; Lübken, M.; Herzer, D.; Scheer, H.; Wulf, P.; Jung, D.
Partner: RUB, Emscher Wassertechnik, Hach-Lange

