Zusammenspiel von Bemessung und Simulation von Kläranlagen

Dr. Jens Alex

ifak e.V. Magdeburg

SIMBA# water

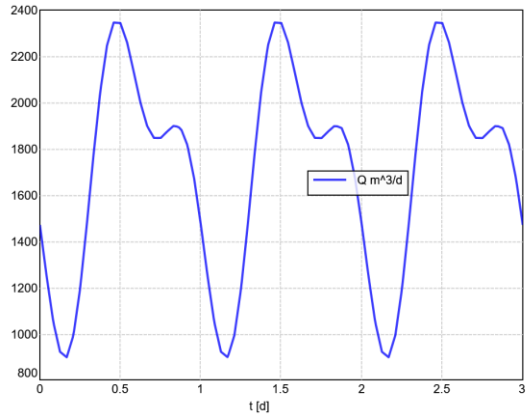
ifak

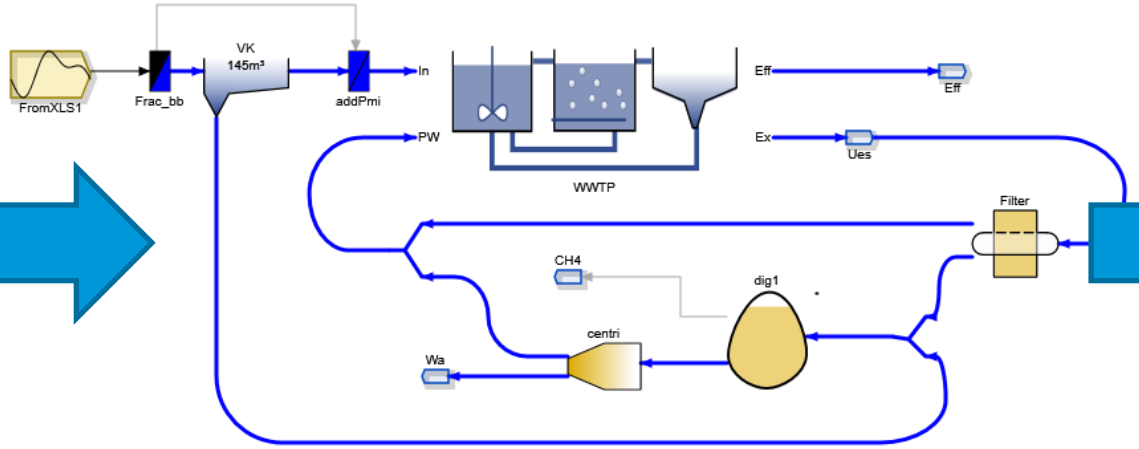
Zusammenspiel von Bemessung und Simulation von Kläranlagen

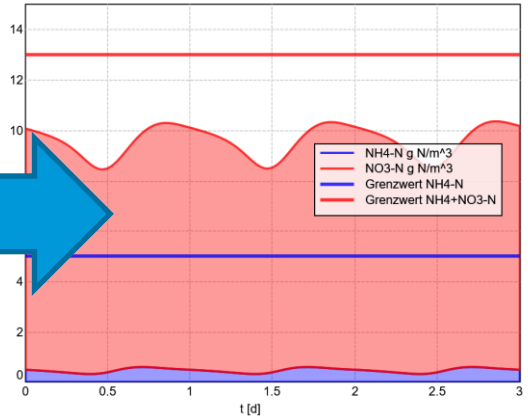
- Simulation und Bemessung
  - Simulation vs. Bemessung
  - Modelle als Basis für die A131
  - A131 konforme Simulation
  - Anwendungspotential Simulation
- Design im Simulationswerkzeug SIMBA
  - Grafische Programmierung von Bemessungsvorschriften in SIMBA
- KA Design und Simulation als WEB-Dienst
  - WEB-Service zum Design
  - Nutzung zur Umsetzung des Themenbandes „Bemessung von Kläranlagen in warmen und kalten Klimaten“, Projekt Expoplan
  - WEB-Dienste im Projekt Kommunal 4.0

Bemessungsvorschriften (z.B.A131, HSG89) vs. Simulation

	statische Bemessung	dynamische Simulation
Eingangsgrößen	Zulaufdaten Ablaufdaten	Zulaufdaten Anlagenlayout MSR-Konzept
	Bemessungslauf	Simulationslauf
Zielgrößen	Anlagengröße Beckenvolumen	Zeitlicher Verlauf der Ablaufwerte





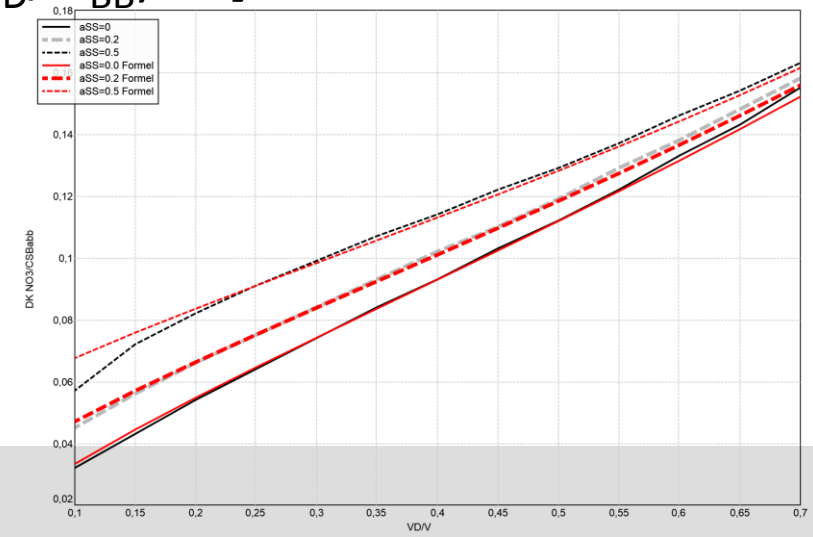


Bemessungsvorschriften (z.B.A131, HSG89) vs. Simulation

- **Modelle/Simulation** berechnen das Verhalten von Anlagen für vorgegebene Lastsituationen, vorgegebener Anlagenaufbau und Größe und vorgegebenes Betriebskonzept
  Cab(t)=F(Cin(t), Qin(t), V) (AGL, DGL)
- Modelle bilden auch die Basis für einfache **Bemessungsvorschriften** (Vereinfachungen, Sicherheitsfaktoren, umgestellt nach Dimensionierungsgrößen)
  V=F(Cab, Cin, Qin) (AGL)
- Sind damit prinzipiell vereinbar, Simulation tendenziell detaillierter aber nur indirekte Anwendbarkeit für die Dimensionierung
- Sinnvolle Kombination: Start mit Bemessung, Verfeinerung der Planung mit Simulation

Modelle als Basis für die A131

- Schlammproduktion über CSB == Modellansatz in Belebtschlammmodellen
- Aerobes Schlammalter: Ergebnis eines Wachstums- und Absterbemodells für Nitrifikanten
- Vorklärbecken: Abscheidegrad als Funktion der Aufenthaltszeit
- Ableitung Prozessfaktoren für NH4-N < 5mg/l durch Simulationsexperimente
- Berechnung OVC,D / OVC , Ergebnis von Simulationsexperimenten:
  $OV_{C,D} = 0{,}75 \cdot [OV_{C,la,vorg} + (OV_C - OV_{C,la,vorg})\,(V_D/V_{BB})^{0{,}68}]$



A131 konforme Simulation

Hochschulgruppe Simulation

- Parametersatz für das reaktionskinetische Modell ASM3
- Zulauffraktionierung für das ASM3 gemäß A131
- Modelle für die erforderlichen Reaktoren (VKB, NKB)
- Dynamischer Trockenwetter-Tagesgang sowie variierender Belastungszyklus im Zulauf

Details in der Korrespondenz Abwasser: (Ahnert et al., 2015; Alex et al., 2015)

Anwendungspotential Simulation

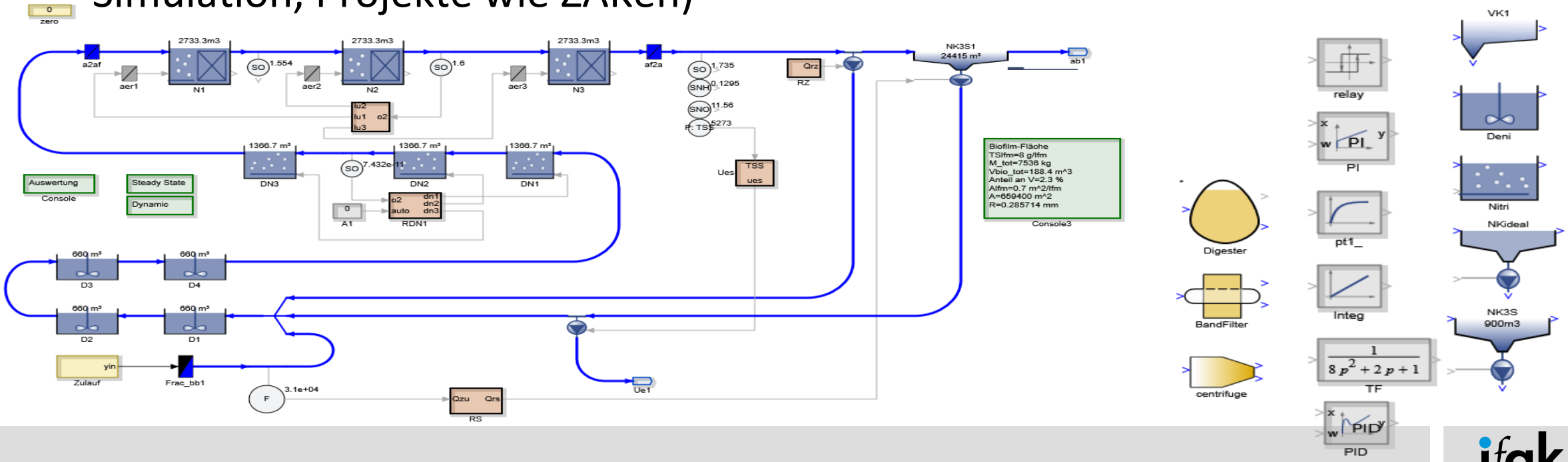
Modelle und Simulation : Stand der Wissenschaft: bessere Vorhersage erreichbarer Ablaufwerte und Betriebsbedingungen

- Vorklärung
  - CSB Zusammensetzung wird in der Absetzwirkung berücksichtigt, Eliminationsleistung Lastfallabhängig (hydraulische Aufenthaltszeit)
- Belebung
  - Unterschiedliche Schlammstabilisierung unter aeroben und anoxischen Bedingungen
  - Denitrifikationsleistung berücksichtigt Sauerstoff- und Substratverschleppungen
  - Nitrifikantenpopulation berücksichtigt Wachstums- und Zerfallsbedingungen in den einzelnen Zonen. Effekte simultaner Nitrifikation und Denitrifikation berücksichtigt
  - Dynamik berücksichtigt: Abbau mittlerer Fachten ≠ Abbau periodischer Frachten, Spitzenablaufwerte als Funktion von Zulaufverlauf Details, Verfahren (Kaskadierung), Betriebsführung
  - Auswirkung von Verfahrensdetails berücksichtigt (Kaskadierung, Intermittierender Betrieb...)
  - weitere Prozesse bei Bedarf (P, NO_2, N_2O, ...)

ifak

Verfahrenstechnische Modelle

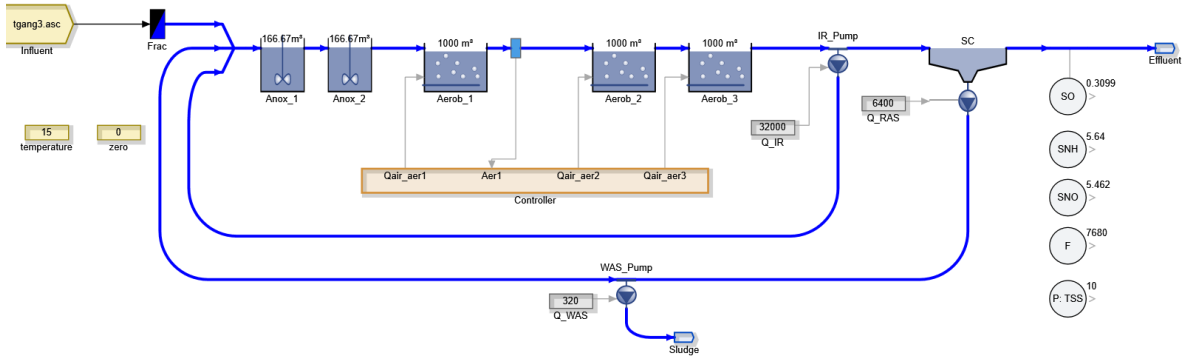
- Becken, Belebtschlammmodelle (ASM3, ASM3biop)
- Absetzmodelle, etc.
- Methoden zur aufwandsarmen Nutzung der Simulation (HSG Simulation, Projekte wie ZAKen)

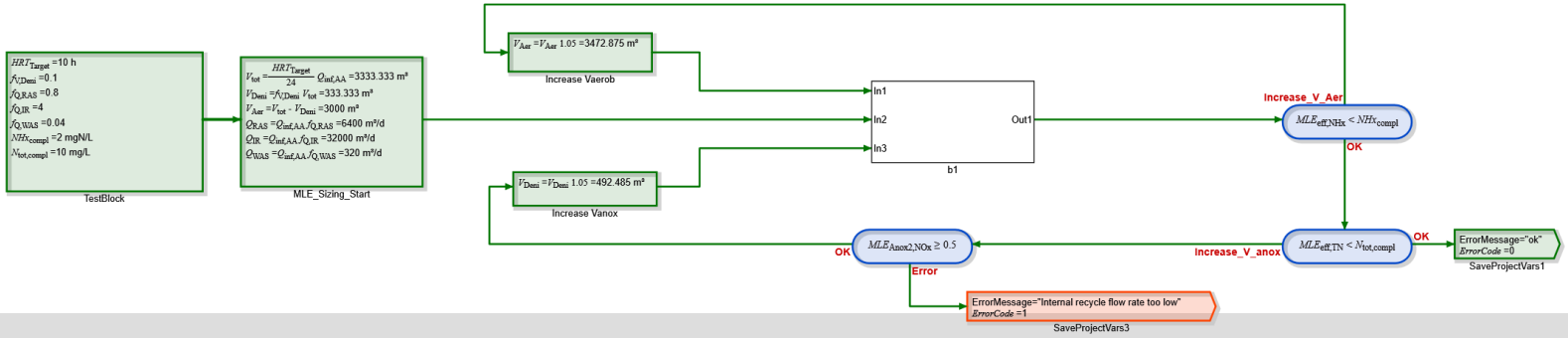


Design im Simulationswerkzeug SIMBA

Grafische Programmierung von Bemessungsvorschriften:

- „Grüne Blöcke“ bilden einen Programmablaufplan (PAP)
  - Formeln, Nutzerdialoge, Aktionen, Bedingungen, Iterationen
  - Simulationsrechnungen können optional Bestandteil der Berechnung sein





Design im Simulationswerkzeug SIMBA

Anwendungen

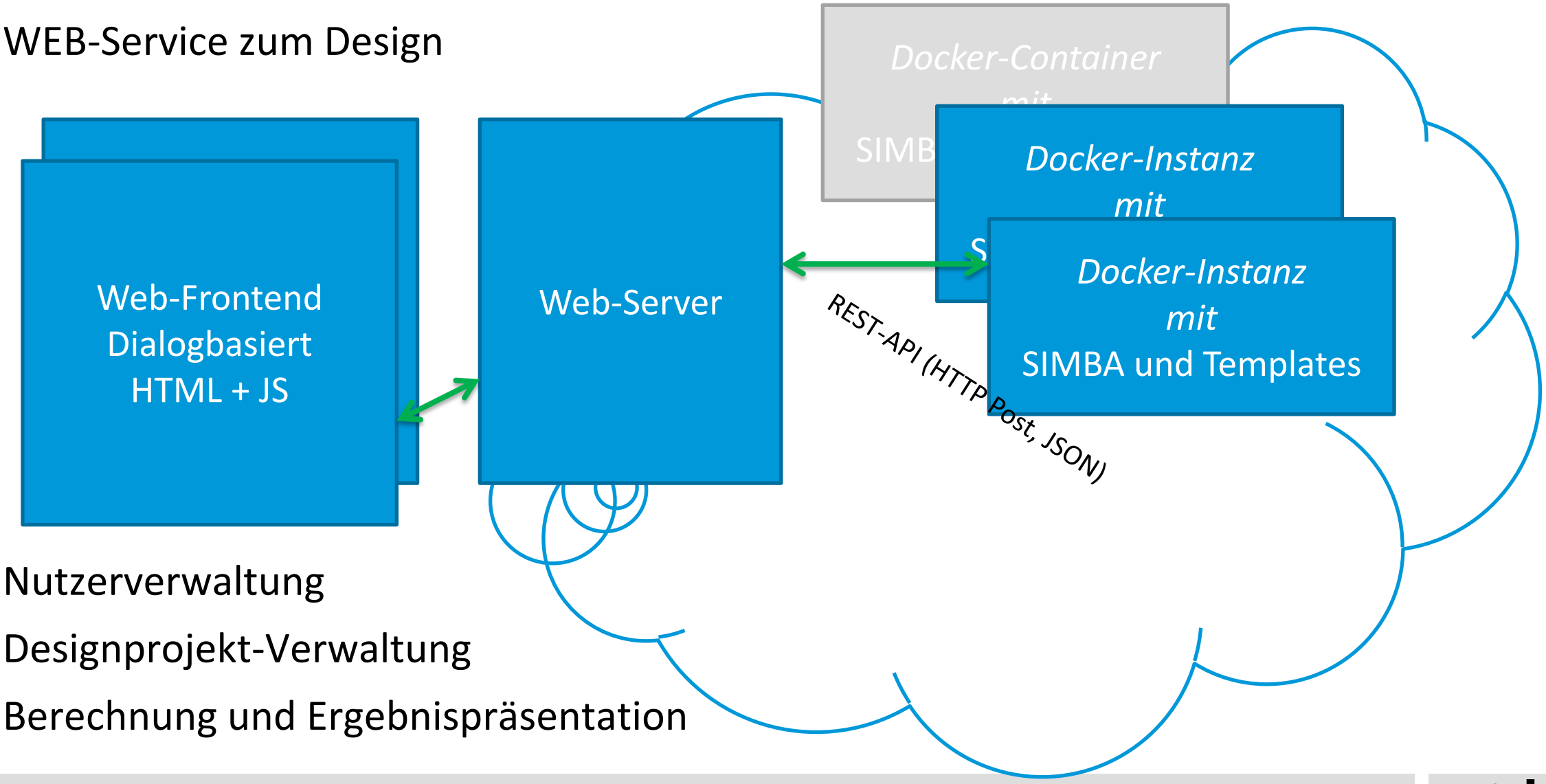
- Implementierung von Bemessungsvorschriften (A131, ...)
- Formulierung von Hausstandards
- Kombination von Grobdimensionierung und Optimierung unter Nutzung von statischen oder dynamischen Simulationsrechnungen
- Aufwandsarm umsetzbar durch Verfahrens- und Bauingenieure
- Kombination mit Simulation (Fließbilder, komplexe Bilanzierungen, Verfahrenskombinationen)
- Beispiele
  - Siehe Projekt EXPOPLAN →
  - Siehe Projekt Kommunal 4.0 →

SIMBA# 3.0

- **Web-App** und **Web-API** zur einfachen Bedienung und besseren Integration von SIMBA
  - **WEB-API**:
    - HTTP und JSON basierte API, praktisch in jeder Softwareplattform nutzbar
    - Matlab, Java-Skript (WEB-Seiten), etc.
  - **Web-App:**
    - HTML und Java-Skript basierte Spezialoberflächen als alternative Bedienoberfläche
    - SIMBA als Rechenmaschine für Serverbasierte Web-Anwendungen
    - SIMBA# Bemessungsprojekte werden ohne weitere Konfiguration als Webanwendung ausgeführt

SIMBA# 3.0

- WEB-Service zum Design



- Nutzerverwaltung
- Designprojekt-Verwaltung
- Berechnung und Ergebnispräsentation

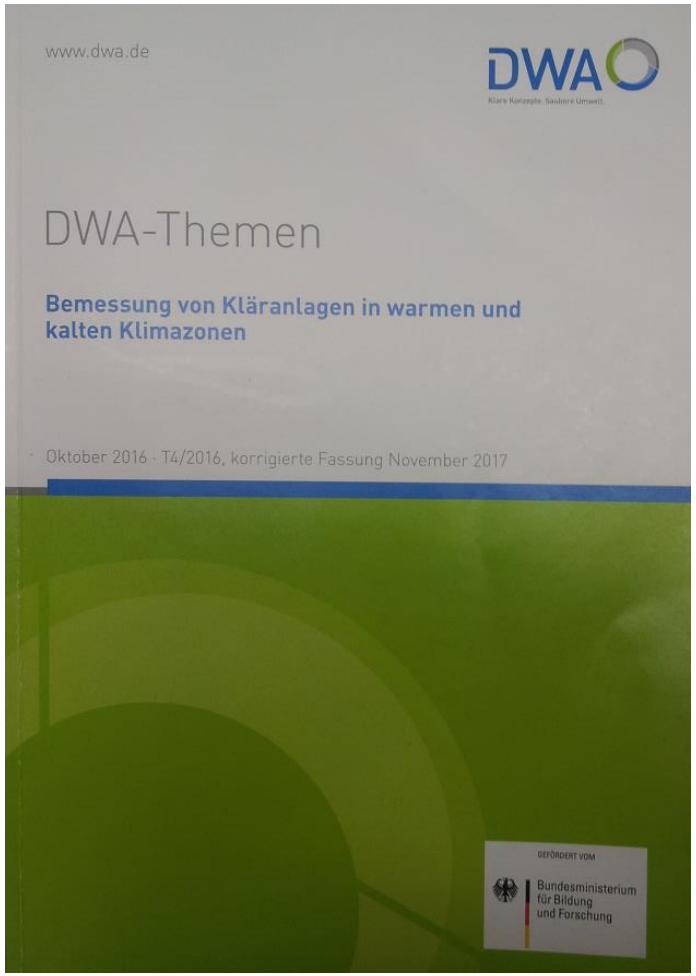
EXPOPLAN

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

BMBF Projekt Expoplan: 2017-2019

- Förderung durch BMBF
- Kooperationspartner:
  - ISAH: Leibniz Universität Hannover
  - RUB: Ruhr-Universität Bochum
  - EW: Emscher Wassertechnik GmbH
- Planungssoftware für die Anwendung der im abgeschossenen BMBF-Vorhaben „Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet Abwasser - Validierung an technischen Anlagen“
- Integration in SIMBA und WEB-Version



ifak

EXPOPLAN-Projektübersicht

Die Projektergebnisse werden in zwei unterschiedlichen Softwareprodukten verfügbar gemacht:

- 1) SIMBA#-Erweiterung:
  Alle EXPOVAL-Ergebnisse werden in einer Erweiterungsbibliothek von SIMBA# implementiert. Die Komponenten stehen als Module zu Verfügung, die in SIMBA untereinander und mit existierenden Komponenten verschaltet werden können.

  - Simulationsmodelle
  - Dimensionierungsalgorithmen

EXPOPLAN-Projektübersicht

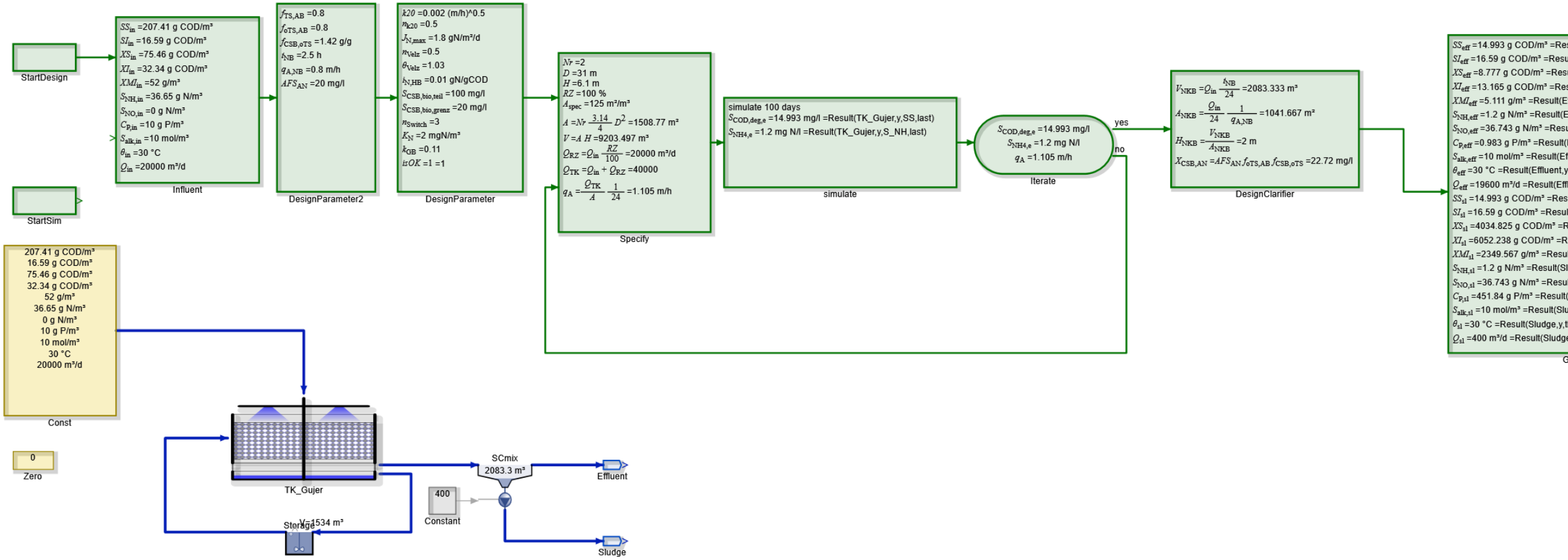
- 2) Online-Version:
  Es wird eine über eine Web-Seite bedienbare Version erstellt, bei der auf einem Server die einzelnen Berechnungsmodule der EXPOVAL-Ergebnisse benutzt werden können.
  - Nach Anmeldung auf der Seite können
  - Projekte berechnet werden, Projektergebnisse werden gespeichert und können optional in einer Anwendungsdatenbank publiziert werden.
  - Zur Durchführung der Berechnungen wird eine Cloud-fähige Version von SIMBA# eingesetzt.

EXPOPLAN-Projektübersicht

- Planungssoftware für die Anwendung der im abgeschossenen BMBF-Vorhaben „Exportorientierte Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet Abwasser - Validierung an technischen Anlagen“
- Software zur Planung und Bemessung der untersuchten Abwasser- und Schlammbehandlungssysteme
  - Belebungsanlagen
  - Tröpfkörper
  - Anaerobanlagen
  - Abwasserteichanlagen
  - Schlammfaulung
  - solare Klärschlammtrocknung
  - Desinfektionssysteme

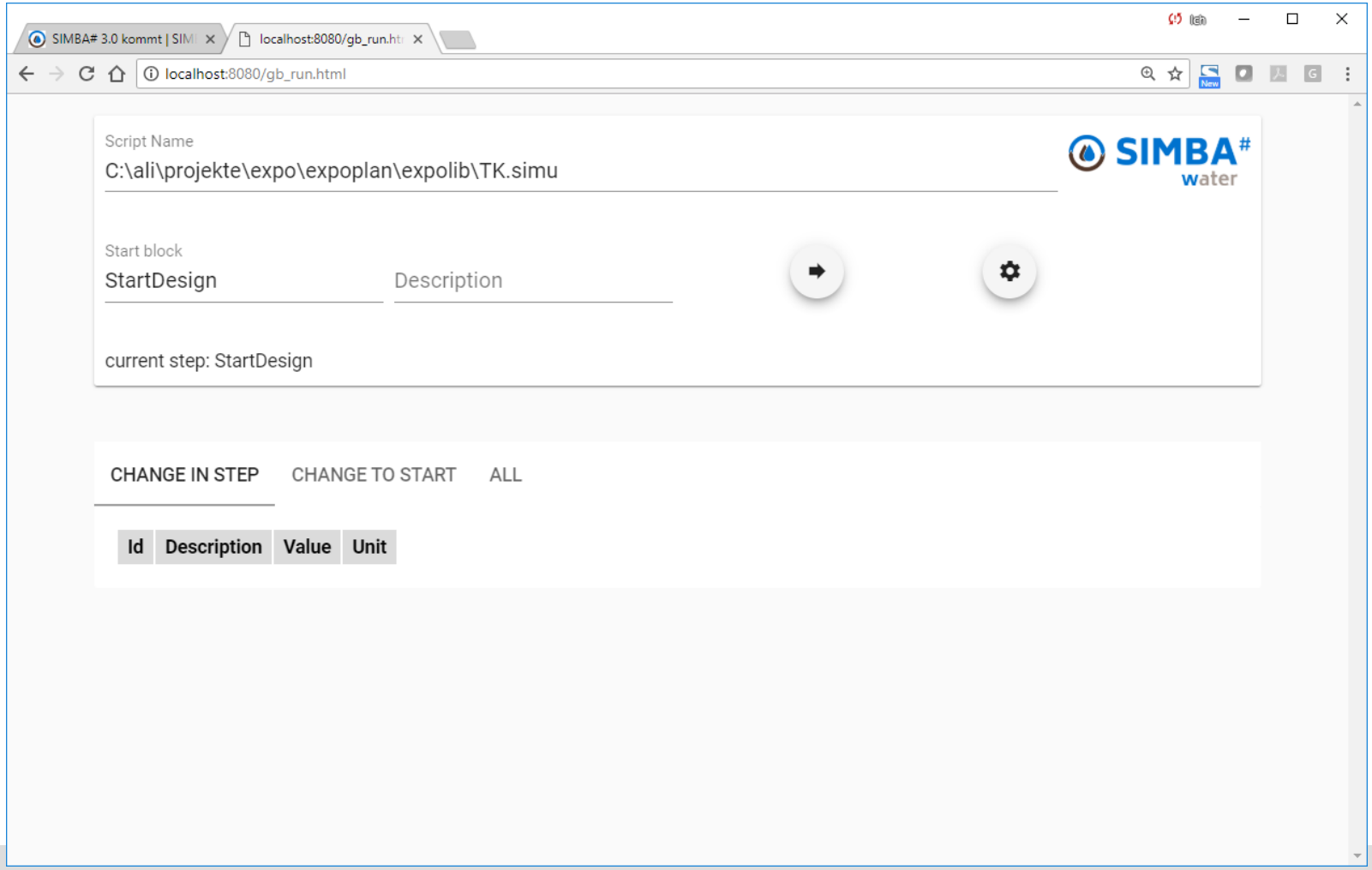
SIMBA auch fürs Design – Das Projekt EXPOPLAN
Bemessung von Tropfkörpern

- Beispiel aus EXPOPLAN: Tropfkörper-Design, Umsetzung als PAP



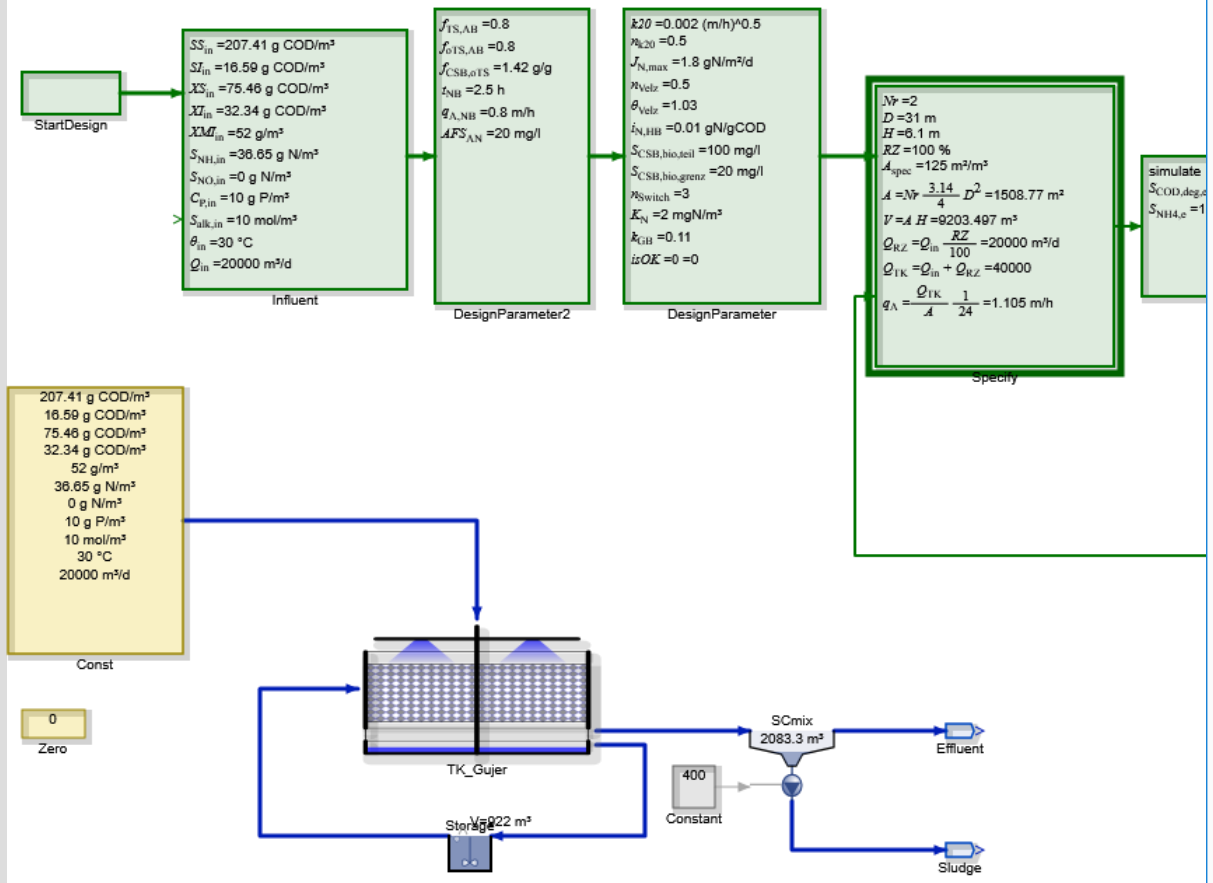
SIMBA auch fürs Design – Das Projekt EXPOPLAN
Bemessung von Tropfkörpern

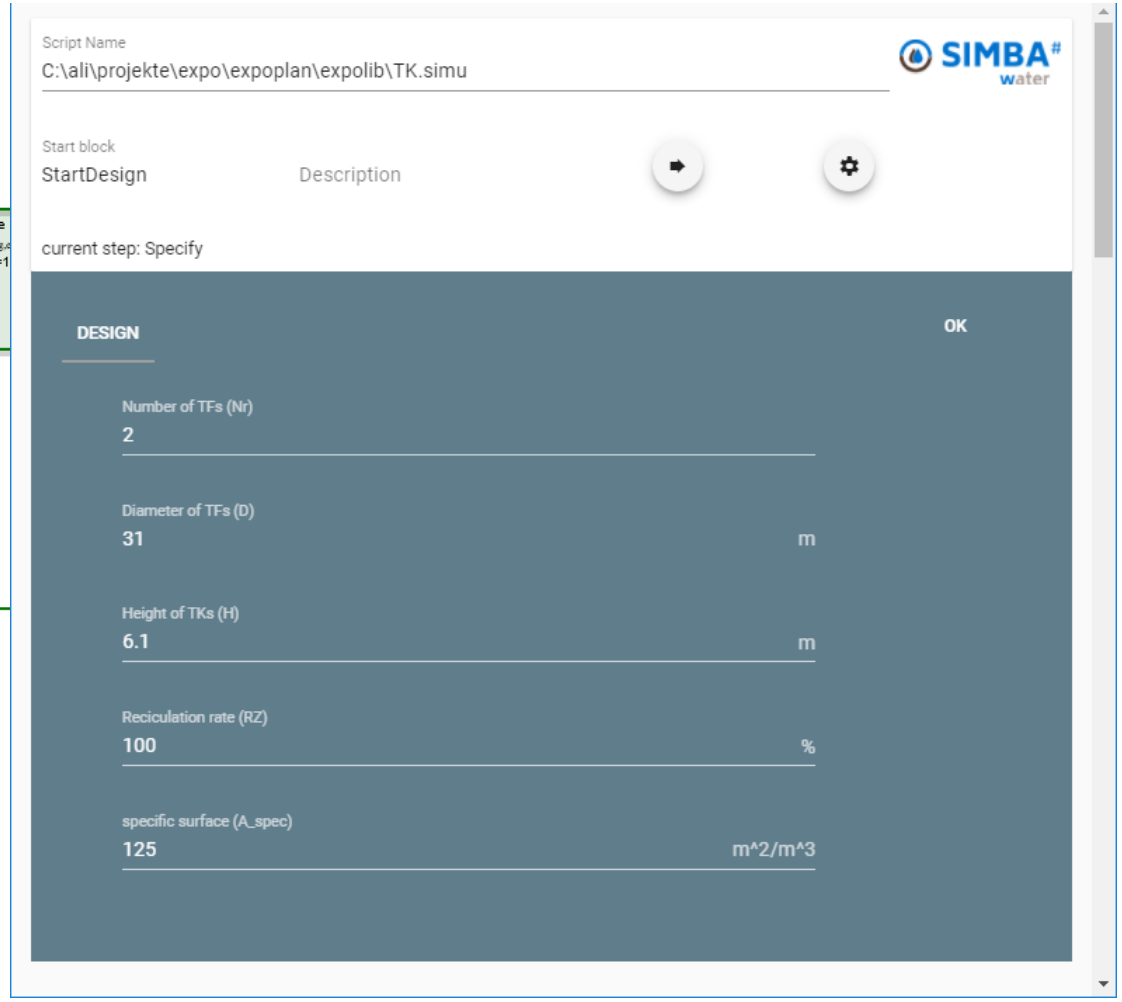
- Beispiel aus EXPOPLAN: Tropfkörper-Design, Umsetzung als PAP



WEB-Service zum Design

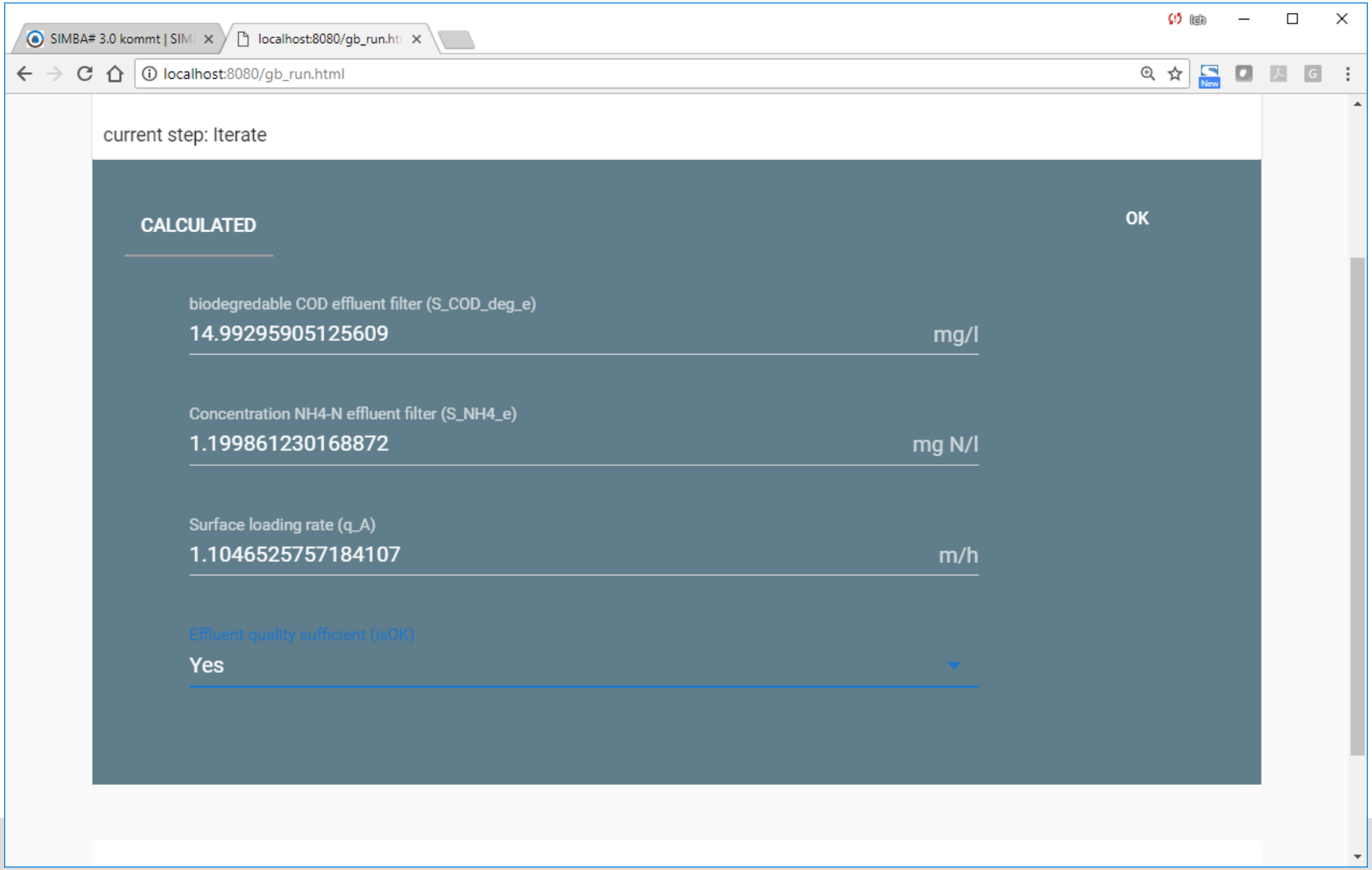
Tropfkörper-Design (EXPOPLAN)





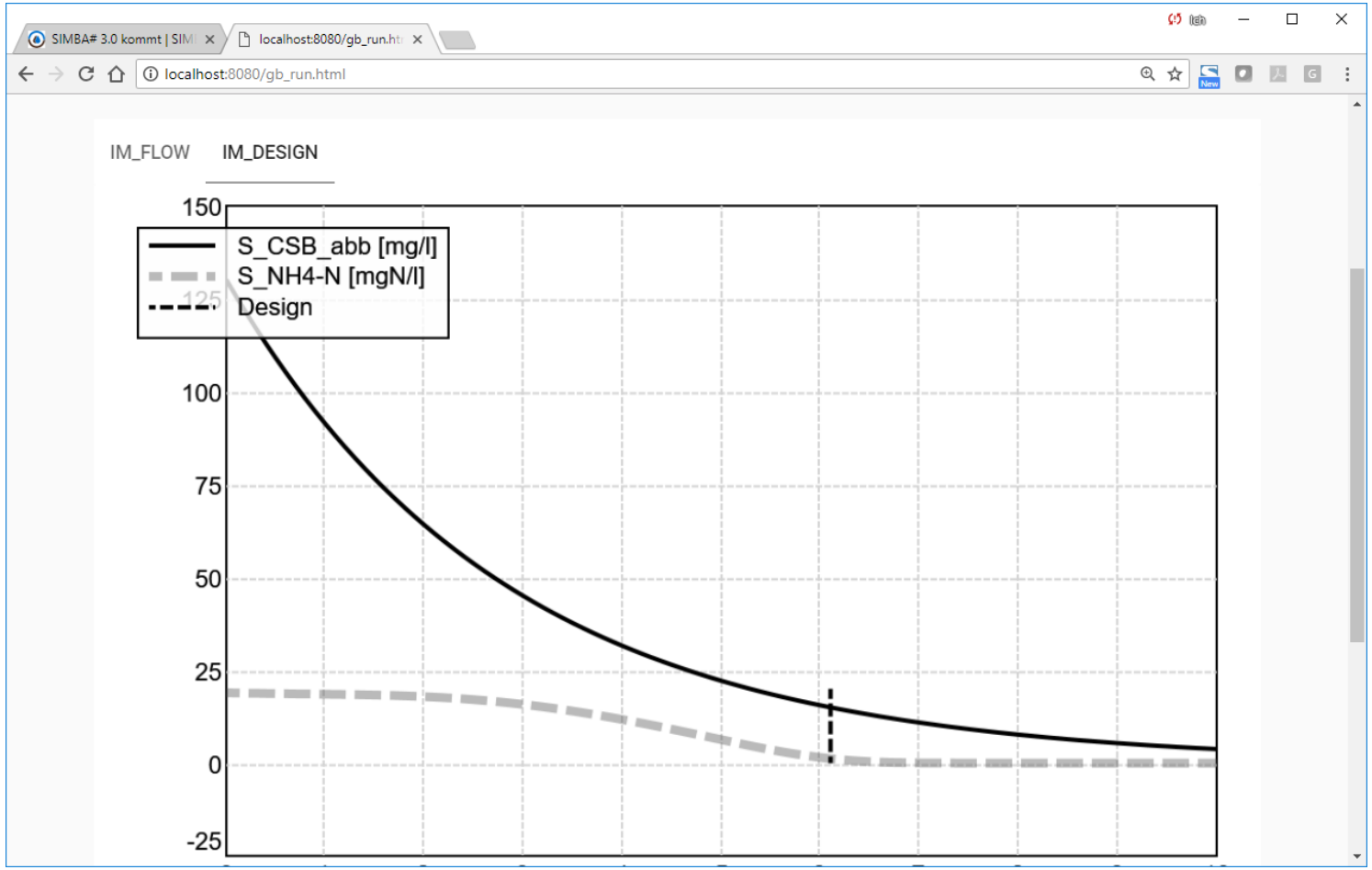
SIMBA auch fürs Design – Das Projekt EXPOPLAN
Bemessung von Tropfkörpern

- Beispiel aus EXPOPLAN: Tropfkörper-Design, Umsetzung als PAP



SIMBA auch fürs Design – Das Projekt EXPOPLAN
Bemessung von Tropfkörpern

- Beispiel aus EXPOPLAN: Tropfkörper-Design, Umsetzung als PAP



SIMBA auch fürs Design – Das Projekt EXPOPLAN
Bemessung von Tropfkörpern

- Beispiel aus EXPOPLAN: Tropfkörper,
  - Ergbnisse z.B. in Excel
- Geplant
  - Variantenvergleiche
  - Erstellung Simulationsmodul
  - Verschaltung von Technologien
  - Bessere UX
  - Intuitive Erstellung von Bemessungsvorschriften
  - WEB-Version

	A	B	C	D	E
55	S_CSB	dry weather COD concentration soluble	mg/l	224	
56	S_CSB_abb	dry weather COD concentration soluble de	mg/l	208.39	
57	S_CSB_abb_ATK_iter	TF effluent COD degredable	mg/l	14.63317	
58	S_CSB_abb_ZTK	Degredable soluble COD influent TK	mg/l	126.9466	
59	S_CSB_inert	dry weather COD concentration soluble ine	mg/l	15.61	
60	S_NH4	Concentration NH4-N	mg N/l	36.65	
61	S_NH4_ATK_iter	TF effluent NH4-N	mgN/l	1.013036	
62	S_NH4_ZTK	Concentration NH4-N influent TF	mg N/l	18.83152	
63	TS	Concentration TSS	mg/l	350	
64	TS_zBB	Concentration TSS	mg/l	140	
65	X_CSB	dry weather COD concentration particulate	mg/l	196	
66	X_CSB_abb	dry weather COD concentration particulate	mg/l	61.74	
67	X_CSB_abb_hydr	dry weather COD concentration particulate	mg/l	30.87	
68	X_CSB_inert	dry weather COD concentration particulate	mg/l	26.46	
69	X_CSB_zBB	partikulate COD concentration inflow activ	mg/l	88.2	
70	X_oTS	excess sludge VSS COD	mg/l	224	
71	X_TS	excess sludge COD	mg/l	280	
72	X_TS_A281	excess sludge COD	mg/l	157.5	
73	Design result				
74	Id	Description	Unit		
75	A	Surface of all TFs	m^2	1508.77	
76	A_NKB	Surface clarifier	m^2	1041.667	
77	Tiefe_NKB	Depth clarifier	m	2	
78	V	total Volume TFs	m^3	9203.497	
79	V_BOD_A281	Required volume BOD removal A281	m^3	7805	
80	V_NKB	Volume clarifier	m^3	2083.333	
81	V_VK	Volume primary clarifier	m^3	1458.333	
82	V_TKN_A281	Required volume N removal A281	m^3	9900	
83	X_result	matrix with results		0.0	
84	Design				
85	Id	Description	Unit		
86	A_spec	specific surface	m^2/m^3	125	
87	D	Diameter of TFs	m	31	
88	H	Height of TKs	m	6.1	
89	Nr	Number of TFs		2	
90	RZ	Reciculation rate	%	100	
91	VK	Retention time in primary sedimentation		1.5-2h	
92	Effluent				
93	Id	Description	Unit		
94	S_CSB_abb_ATK	TF effluent COD degredable	mg/l	14.63332	
95	S_CSB_ATK	TF effluent COD	mg/l	30.24332	
96	S_NH4_ATK	TF effluent NH4-N	mgN/l	1.017948	
97	X_CSB_AN	Effluent COD partikulate	mg/l	22.72	
98	C_CSB_AN	Effluent COD	mg/l	52.96332	
99					

Result

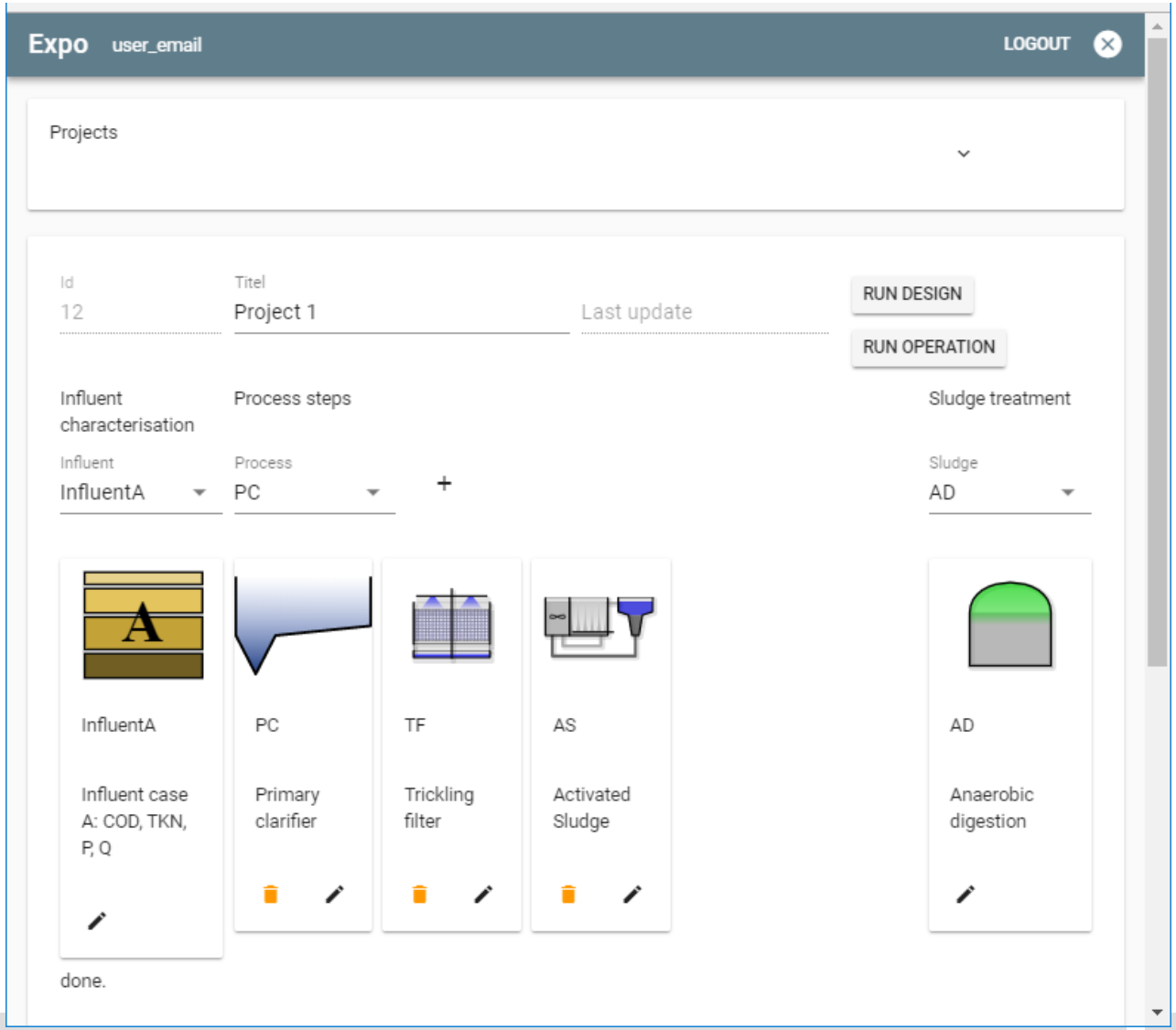
Bereit

ifak

WEB-Service zum Design

WEB-Konfigurator

Verfahrensketten (EXPOPLAN)



Projekt Kommunal 4.0

- u.a. Simulationsgestütztes A131/M210- Design- und Betriebsoptimierungstool
- **Designtool**
  - Planungswerkzeug für Ingenieurbüros
  - statische Bemessung nach A131 und M210.
  - einfaches SBR-Verfahren mit zwei Zyklusvarianten mit fester Phasenlänge und ohne Phasenregelung.
  - Übertragung der Ergebnisse auf ein SBR-Modell in SIMBA zur Visualisierung der Ergebnisse
  - Überprüfung und Optimierung der in der statischen Bemessung erzielten Werte durch eine dynamische Simulation.

Projekt Kommunal 4.0

- Simulationsgestütztes A131/M210- Design- und Betriebsoptimierungstool
- **Betreibertool**
  - für Anlagenbetreiber
  - Grundlage aktuelle Daten zum Betriebszustand und Wetterlage
  - Empfehlung für den aktuellen Betrieb der Anlage
  - hydraulische Belastung der Anlage wird über eine Massenbilanz abgeschätzt, in die Echtzeitdaten von Füllständen, Zuständen und Zykluslänge der SBR und der Speicherbecken und aktuelle Regendaten und Prognosen einfließen
  - Der Betreiber kann anhand der Ergebnisse entscheiden, ab welchem Zeitpunkt beispielsweise von Trocken- auf Regenwetterzyklus umgestellt werden muss, um ein Überlaufen des Vorlagebehälters zu verhindern.

Zusammenfassung

Maßgeschneiderte Planung von Verfahren, Ausrüstung und Automatisierungskonzept bestmöglich nur mit Unterstützung durch Simulation möglich.

Empfohlene Vorgehensweise:

- Durchführung einer klassischen Bemessung
- Aufbau eines Simulationsmodells mit den Volumina aus der Bemessung sowie konstanten Zulauffrachten aus der Bemessung
- Plausibilitätsprüfung des Modells
- Erweiterte Zulaufdatenbasis aus vorhandenen Betriebsdaten
- Aufbau und Berechnung von Simulationsmodellen für zu untersuchende Varianten
- Unterstützung der Detail- bzw. Entwurfsplanung im Hinblick auf Verfahrenstechnik und Ausrüstung
- Kontinuierlicher Einsatz im weiteren Projektverlauf!!!

Zusammenfassung

- Design und Simulation integriert in Spezialsoftware für Experten
- Über IoT Technologien
  - einfache Anwendung über WEB-Apps
  - Nutzung durch breiten Nutzerkreis