

# **Die Digitalisierung der Wasser- wirtschaft**

Herausgeber:

Prof. Dr. Jörg E. Drewes

Prof. Dr. Brigitte Helmreich

Prof. Dr.-Ing. Konrad Koch

Dr. R. Mitsdoerffer

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München

Berichtsheft Nr. 231

ISSN 0942-914X

2025

Alle Rechte vorbehalten.

Wiedergabe nur mit Genehmigung der Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls für  
Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität München e. V.,  
Am Coulombwall 3, 85748 Garching

# Vorwort

Die Digitalisierung hält in allen Bereichen der Gesellschaft Einzug. Vielfach sind damit Erleichterungen verbunden, Prozesse werden beschleunigt und automatisiert oder es werden Ressourcen eingespart. Digitale Daten können durch entsprechende Modelle weiterverarbeitet werden. Dabei können sowohl bekannte deterministische oder empirische Modelle zum Einsatz kommen, als auch durch die verarbeitende Einheit selbst neu generierte Algorithmen („Machine Learning“). Allerdings birgt die digitale Verfügbarkeit von Daten auch Risiken, insbesondere wenn es sich um sensible Daten handelt.

In der Wasserwirtschaft schreitet die Digitalisierung schnell voran. Sie bietet trotz aller Herausforderungen große Potenziale. Diese betreffen die Implementierung und Integration in existierende Strukturen, die Optimierung von Prozessen und Betriebsabläufen, aber auch Datenmanagement und -sicherheit. Um die Digitalisierung und die damit verbundenen Möglichkeiten wirklich gezielt nutzen zu können, braucht es auch entsprechend geschultes Personal.

Die Vorgaben der europäischen kommunalen Abwasserrahmenrichtlinie („KARL“) u.a. zur weitergehenden Nährstoffelimination, zur Spurenstoffentfernung und zur Energie-neutralität, stellen Kläranlagenplaner und -betreiber in den nächsten Jahren ohnehin vor viele Herausforderungen, die mit Hilfe der Digitalisierung im Idealfall leichter zu lösen sind.

Das Seminar richtet sich an Kommunen, Planungsbüros, Wasserwirtschaftsämter, Genehmigungsbehörden, Anlagenbauer sowie Forschungseinrichtungen und Universitäten.

Wir freuen uns auf eine interessante und anregende Diskussion!

Garching, den 14. Juli 2025

Prof. Dr.-Ing. Jörg E. Drewes, Prof. Dr. Brigitte Helmreich, Prof. Dr.-Ing. Konrad Koch, Ralf Mitsdoerffer und das Organisationsteam



# Inhaltsverzeichnis

Der Ingenieurberuf im digitalen Wandel	10
Dr. Lisa Broß, DWA Bundesgeschäftsstelle, Hennef	
Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar	12
Robert Schmidt / Dr. Bernhard Böhm, Münchner Stadtentwässerung, München	
Die energiepositive Kläranlage – Synergie, Chancen, Herausforderungen	26
Prof. Dr. Konrad Koch	
Lachgasemissionen aus Kläranlagen: Im Zielkonflikt mit Nährstoffelimination & Energieneutralität?	35
Dr. Wenzel Gruber, Eawag, Dübendorf (CH)	
Die digitale Transformation der Wasserwirtschaft – Von der Strategie zur Umsetzung – Mehrwerte zentraler Plattformen und Erfahrungen bei EGLV	47
Dr. Heiko Althoff, Emschergenossenschaft, Essen	
Chancen von Konnektivität, IoT und Datenanalyse für die ganzheitliche Prozess-Automation	63
Dr. Stephanie Kauf-Schraml, SCHRAML GmbH, Vagen	
BIM-Anwendungsfälle in der SiWaWi: Bestandserfassung und Visualisierung	82
Malte Mitsdoerffer	
Cyber-Sicherheit in der Informationsverarbeitung	94
Viktoris Pauw, Leibniz-Rechenzentrum, Garching	
Einsatz von KI für Betrieb und Service	106
Rainer Köhler, Huber SE, Berching	
Messmer Steuerungstechnik Biologie	114
Stefan Rose, Stadtentwässerung Schweinfurt	
Cloudbasierte Digitalisierungslösungen zur Unterstützung der betrieblichen Optimierung von wasserwirtschaftlichen Prozessen	123
Martin Lohmann, Endress+Hauser Conducta GmbH & Co. KG, Gerlingen	
Prozessteuerung mit KI	133
Dr. Achim Ried, Xylem Services GmbH, Herford	
Berichte aus der Siedlungswasserwirtschaft Nr. 231	7

---

Aussteller	144
Verzeichnis Schriftenreihe	146

---



**Prozessverbesserung** steigert die Effizienz und gewährleistet gleichzeitig die Einhaltung von Vorschriften.

Die Wasser- und Abwasserindustrie muss es schaffen, die Wassersicherheit zu verbessern bei gleichzeitig schrumpfenden Budgets. Mit unserem umfassenden Portfolio an Instrumenten, Expertendienstleistungen und Branchenkenntnissen unterstützen wir Sie beim Schutz und der Erhaltung von Wasserquellen und bei der Verbesserung von Prozessen im gesamten Wasserkreislauf.



Mehr erfahren  
[de.endress.com/wasser-abwasser](https://de.endress.com/wasser-abwasser)

Endress+Hauser   
People for Process Automation

# Die Digitalisierung der Wasserwirtschaft

## Der Ingenieurberuf im digitalen Wandel

Dr. Lisa Broß

DWA Bundesgeschäftsstelle  
Theodor-Heuss-Allee 17  
53773 Hennef

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 23

Keine Folien verfügbar

# Die Digitalisierung der Wasser- wirtschaft

## Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar

Robert Schmidt / Dr. Bernhard Böhm

Münchner Stadtentwässerung  
Friedenstraße 40  
81671 München

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 231

52. Abwassertechnisches Seminar, 16. Juli 2025



## Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar

Robert Schmidt und Bernhard Böhm  
Münchner Stadtentwässerung



Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar



### Gliederung

- Die Isar in München im frühen 19. Jahrhundert
- Bau der Schwemmkanalisation
- Bau der Abwasserreinigungsanlagen
- Auswirkungen auf die Wasserqualität der Isar
- Sonderprogramm Isar-Loisach-Wurm
- Isarplan München

52. Abwassertechnisches Seminar 2  
16. Juli 2025

## Die Isar in München im frühen 19. Jahrhundert

- Netz von Stadtbächen im Stadtgebiet
- Trinkwasserversorgung über Brunnen
- Abwasserentsorgung über Versitzgruben
- Gemeingebrauch von Bach- und Isarwasser
- Fischerei als Wirtschaftsfaktor



1907: Stadtbach in der heutigen Sparkassenstraße

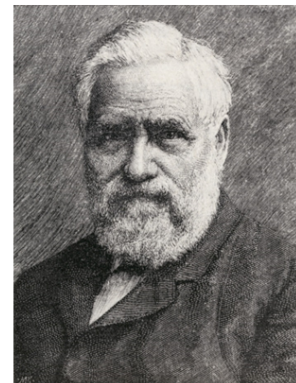
Quelle: www.mucbook.de

52. Abwassertechnisches Seminar  
16. Juli 2025

3

## Die ersten Kanäle...

- 21. Oktober 1811  
Genehmigung der Vorschläge des Gemeindebauinspektors  
„Die Erbauung von unterirdischen Abzugskanälen betreffend“
- 1854  
Choleraepidemie - Interventionen von Max von Pettenkofer
- 1862 – 1874  
Arnold Zenetti: Erster systematischer Kanalisationsentwurf  
Bau eines Sielnetzes von 24,6 km Länge
- 1876  
Erster Gesamtentwässerungsplan durch J. Gordon
- 1890  
Beschluss zum Bau einer Schwemmkanalisation



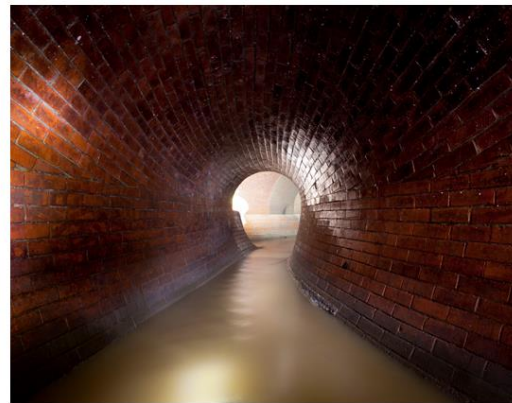
Max von Pettenkofer  
ord. Professor für Hygiene

52. Abwassertechnisches Seminar  
16. Juli 2025

4

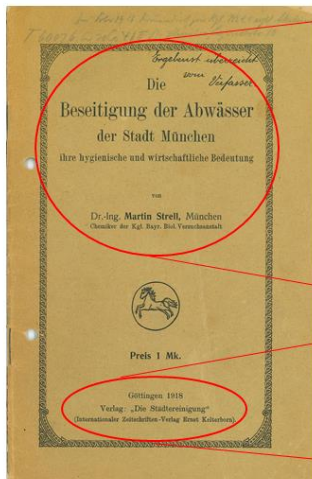
## Bau der Schwemmkanalisation

- Heftige Proteste der stromab liegenden Städte Freising, Moosburg und Landshut gegen die Genehmigung einer Schwemmkanalisation
- Pettenkofer schätzt die Selbstreinigungskraft der Isar als ausreichend hoch ein
- 28. Dezember 1892  
Genehmigung der Staatsregierung zur Einleitung fäkalhaltiger Abwässer – Beginn der Schwemmkanalisation in München
- Auf eine Abwasserreinigung darf vorläufig verzichtet werden

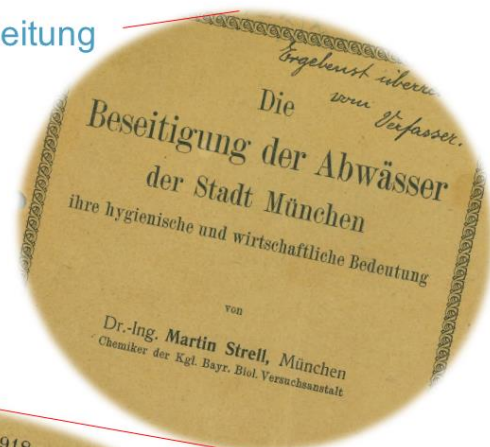


Mauerwerkskanal in München

## Folgen der ungereinigten Abwassereinleitung



Göttingen 1918  
Verlag: „Die Städtereinigung“  
(Internationaler Zeitschriften-Verlag Ernst Kelterborn).

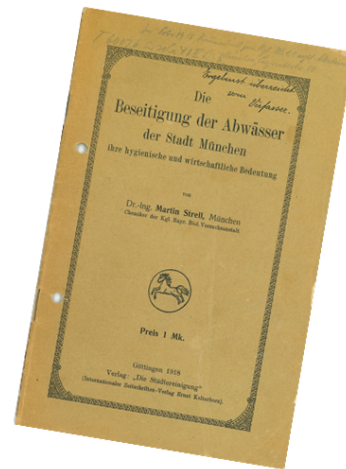


Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar



Folgen der ungereinigten Abwassereinleitung

- Mischungsverhältnis bei Einleitung des Abwassers in die Isar im Mittel rund 1:18
- Verpilzung der Isar mit *Sphaerotilus natans* bis Landshut
- Fischerei empfindlich geschädigt – Stadt München kauft sämtliche Fischereirechte von Pullach bis zur Grenze Niederbayerns
- Minister von Brettreich in der bayerischen Abgeordnetenkammer:  
*„...Die Erwartungen bezüglich der Selbstreinigung der Isar, die seinerzeit von den ersten Autoren gehegt wurden, haben sich leider nicht erfüllt. Die Isar wird grob verunreinigt, mit der Fischerei ist es dahin.“*



52. Abwassertechnisches Seminar 16. Juli 2025 7

Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar



Beginn der Abwasserreinigung – Projekt „Mittlere Isar“ 1917-1922

- Bau des Oberförhinger Wehrs – Ausleitung des gesamten Isarwassers
- Bau einer mechanischen Kläranlage (Gut Großlappen)
- Biologische Nachreinigung in Fischteichen



52. Abwassertechnisches Seminar 16. Juli 2025 8

## Klärwerk Gut Großlappen – Die Anfänge

- Ausbau für 460.000 EW
- Inbetriebsetzung 1926
- Mehrstufige mechanische Reinigung



9

## Abwasserreinigung in Fischteichen

- Teichgut „Birkenhof“
- Fischteiche nach Hofer
- Von April bis Oktober bespannt mit dem Ablauf der Kläranlage Gut Großlappen und Isarwasser
- Ablauf in den Mittlere-Isar-Kanal (Kraftwerkstreppe)



52. Abwassertechnisches Seminar 10  
16. Juli 2025

## Ausbau der Kläranlage – Vorklärung und Faulung

- Erweiterung der Kapazität der Kläranlage durch große Vorklärbecken
- Verwertung des Primärschlammes zur Energieerzeugung in Faulbehältern



11

## Ausbau der Kläranlage – Schlammfaulung



- Mit dem Ausbau der Reinigungsleistung gewinnt neben dem Aspekt der Gewässergüte auch der Energieverbrauch der Abwasserreinigung zunehmend an Bedeutung

52. Abwassertechnisches Seminar 12  
16. Juli 2025

## Ausbau der Kläranlage – Biologische Reinigung

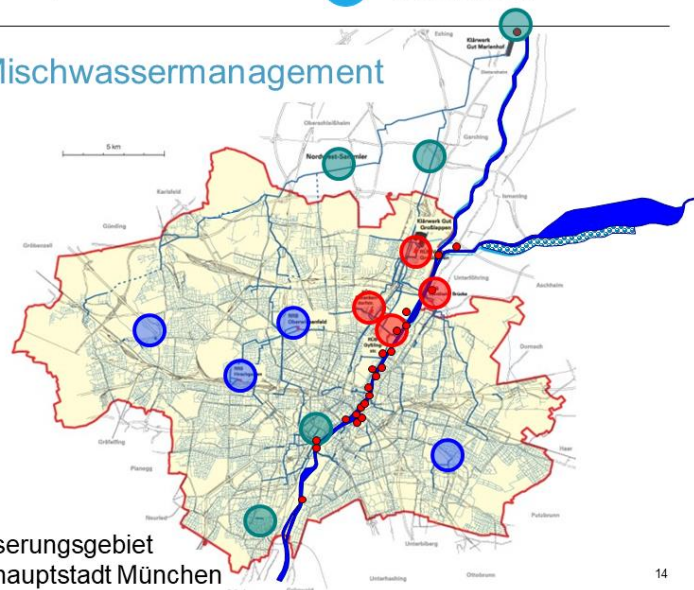
- 60er Jahre 1. biologische Stufe
- 90er Jahre 2. biologische Stufe



Jahr 1971 <sup>13</sup>

## Ausbau des Kanalnetzes - Mischwassermanagement

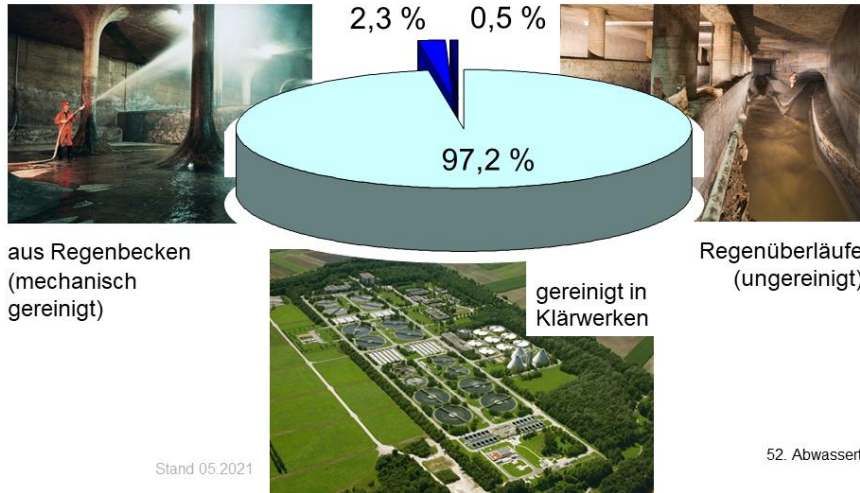
● RRB	184.000 m <sup>3</sup>
● RRK	335.000 m <sup>3</sup>
● RÜB	184.000 m <sup>3</sup>
Gesamt	703.000 m <sup>3</sup>



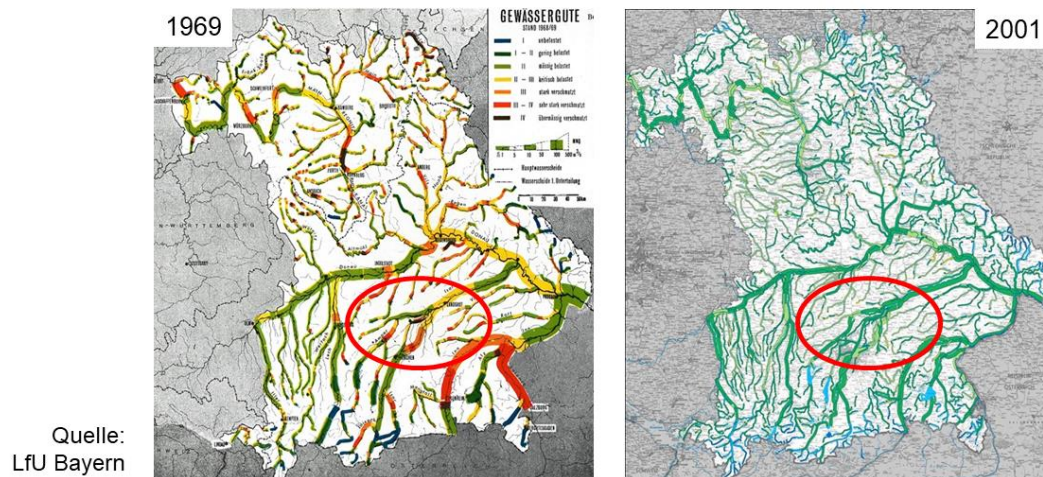
Entwässerungsgebiet  
Landeshauptstadt München

14

### Ausbau des Kanalnetzes – Mischwasserbilanz 1991 - 2021



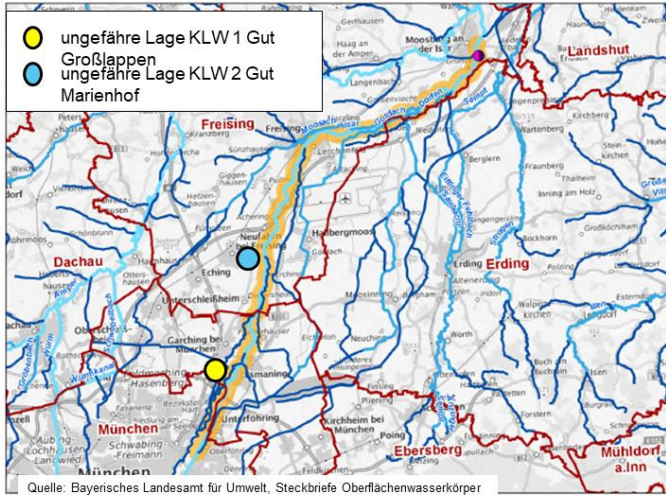
### Auswirkung auf die Gewässergüte – Entwicklung des Saprobienindex



Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar



Qualitätszustand Isar gemäß FWK-Steckbriefen  
F404: Isar von Anfang Mittlere-Isar-Kanal (MIK) bis Moosburg



Ökologischer Zustand	2015	Aktuell
Zustand (Z)/Potenzial (P) (gesamt)	Z2	Z2

Biologische Qualitätskomponenten	2015	Aktuell
Phytoplankton	Nk	Nk
Makrophyten/Phytobenthos	2	2
Makrozoobenthos	2	2
Fischfauna	2	2

Unterstützende Qualitätskomponenten	2015	Aktuell
Hydromorphologie		
Wasserhaushalt	Nbr	H2
Durchgängigkeit	Nbr	Nbr
Morphologie	Nbr	Nbr

Physikalisch-chemische Qualitätskomponenten	2015	Aktuell
Temperaturverhältnisse	Nbr	Nk
Sauerstoffhaushalt	Nbr	E
Salzgehalt	Nbr	E
Versauerungszustand	Nk	E
Nährstoffverhältnisse	Nbr	E

17

Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar



Baden in der Isar

- Trotz erheblicher Verbesserung der Gewässergüte: Im Jahr 2000 keine Badegewässerqualität in der Isar
- Schwerpunkt der hygienischen Belastung der oberen und mittleren Isar resultiert aus punktuellen Einleitungen aus siedlungswasserwirtschaftlichen Anlagen



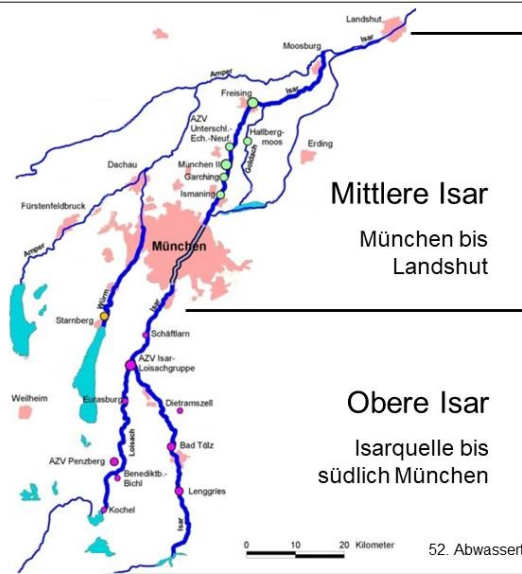
52. Abwassertechnisches Seminar 18  
16. Juli 2025

Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar



### Sonderprogramm Isar – Loisach – Würm

- Kläranlage Bad Tölz ab dem Jahr 2000 mit UV-Desinfektion
- In der Folge Ausrüstung von insgesamt 16 Kläranlagen mit Desinfektionsanlagen
- KLW München II Gut Marienhof mit 1 Mio EW größte Einzelanlage



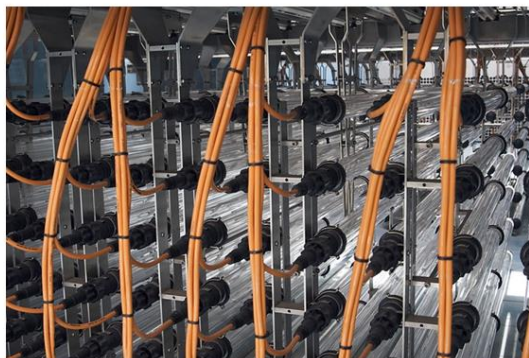
52. Abwassertechnisches Seminar 19  
16. Juli 2025

Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar



### Desinfektionsanlage KLW Gut Marienhof

- Niederdruck Hg-Lampe 254 nm
- DNS wird verändert/zerstört

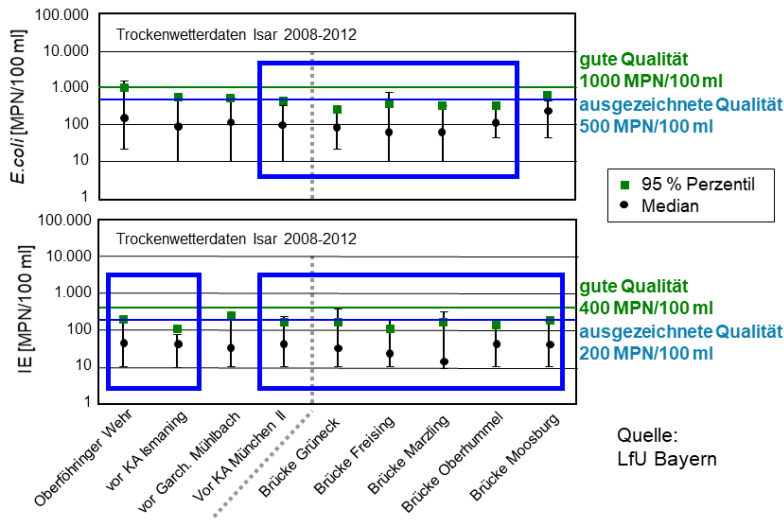


52. Abwassertechnisches Seminar 20  
16. Juli 2025

Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar



Hygienische Wasserqualität der Isar



- Infolge der durchgängigen Desinfektion aller Abwasser-einleitungen wird in der Isar bis Moosburg gute bis ausgezeichnete Bade-gewässerqualität erreicht

52. Abwassertechnisches Seminar 16. Juli 2025 21

Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar



Badegewässerqualität in der Isar



- Betrieb der Desinfektions-anlagen von Mitte April bis Ende September (einheitlich bei allen Betreibern an der Isar)

52. Abwassertechnisches Seminar 16. Juli 2025 22

Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar



### Isarplan München

- Renaturierung des Isarlaufs in München 2000 - 2011



Quelle: BR

52. Abwassertechnisches Seminar 23  
16. Juli 2025

Die Rolle der Siedlungsentwässerung am Beispiel der Isar



### Fazit

- Trotz der Nutzung und Belastung der Isar durch eine hochverdichtete Millionenstadt ist es durch siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen im Kanalnetz und auf den Klärwerken gelungen, die früher hoch belastete Isar zu einem Gewässer mit gutem ökologischen Zustand und Badegewässerqualität zu entwickeln

renaturierter Isarabschnitt



Quelle: www.bfn.de

52. Abwassertechnisches Seminar 24  
16. Juli 2025

52. Abwassertechnisches Seminar, 16. Juli 2025



Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit



Quelle: LHM, Foto: Anette Göttlicher

25

# Die Digitalisierung der Wasserwirtschaft

## Die energiepositive Kläranlage – Synergie, Chancen, Herausforderungen

Prof. Dr. Konrad Koch

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
Am Coulombwall 3  
85748 Garching b. München

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 231

# Die energiepositive Kläranlage – Herausforderungen, Synergien, Chancen

Konrad Koch



Konrad Koch | 52. Abwassertechnisches Seminar | Garching | 16. Juli 2025

1

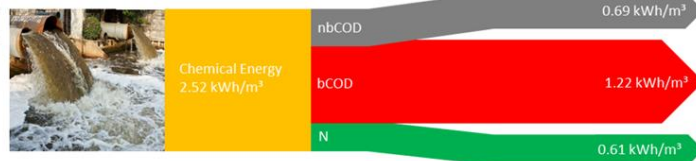
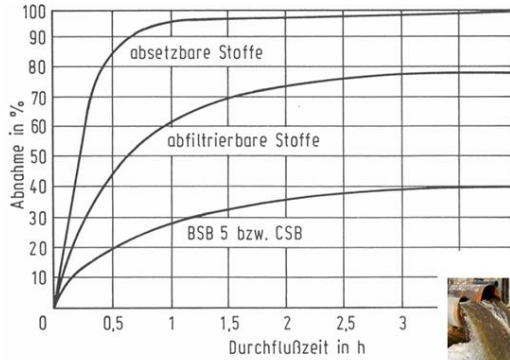
## Novellierte Kommunalabwasserrichtlinie der EU („KARL“)



Konrad Koch | 52. Abwassertechnisches Seminar | Garching | 16. Juli 2025

2

## Beispiel 1: Intensivierte Vorklärung



Horstmeyer, Weißbach, Koch, Drewes, J. *Water Reuse Desalin.*, 2018, 8(4), 455-467.

## Beispiel 1: Intensivierte Vorklärung



CARISMO concept:  
Flocculation  
+ microsieve  
+ post-treatment

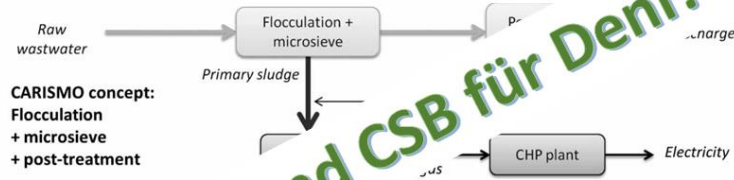


Table 1 | Influent and effluent quality of pilot plant for direct filtration of raw wastewater while dosing <sup>a</sup>

Parameter	Influent		Effluent		Relative elimination Mean (%)
	Mean	min-max	min-max	Mean (%)	
Suspended solids (mg SS/L)	465		4-26	96	
Total COD (mg O <sub>2</sub> /L)			133-281	78	
COD particulate (mg O <sub>2</sub> /L)			1-38	97	
COD soluble (mg O <sub>2</sub> /L)			146-262	30	
Total phosphorus (P)		19.4	1.1-3.4	86	
P particul.	4.9-14.8	0.5	0-1.8	94	
P soluble (m)	4.6-9.4	1.8	0.8-2.8	76	
Total nitrogen (n)	90	73-111	75	59-89	17
NH <sub>4</sub> -N (mg NH <sub>4</sub> -N/L)	68	54-77	61	51-67	10

Mean values of composite samples (n = 16).

Aber: ausreichend CSB für Deni?



40 % mehr Methan



Energie

Remy, Boulestreau, Lesjean; *Water Sci. Technol.*, 2014, 70(10), 1709-1716.



### Beispiel 3: Seitenstrom-Deammonifikation

Influencing factors  $X_j$ :

- pH value
- Feeding strategy
- Aeration strategy

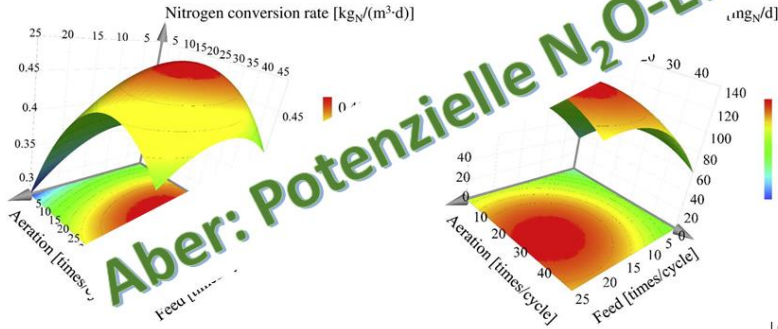
Design of experiment (DoE)

$$Y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^n \beta_j X_j + \sum_{j=1}^n \beta_{jj} X_j^2 + \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{k=j+1}^n \beta_{jk} X_j X_k \pm \varepsilon$$

Response variables  $Y$

- Nitrogen conversion
- $N_2O$  emission

Exemplary at pH 7.5:



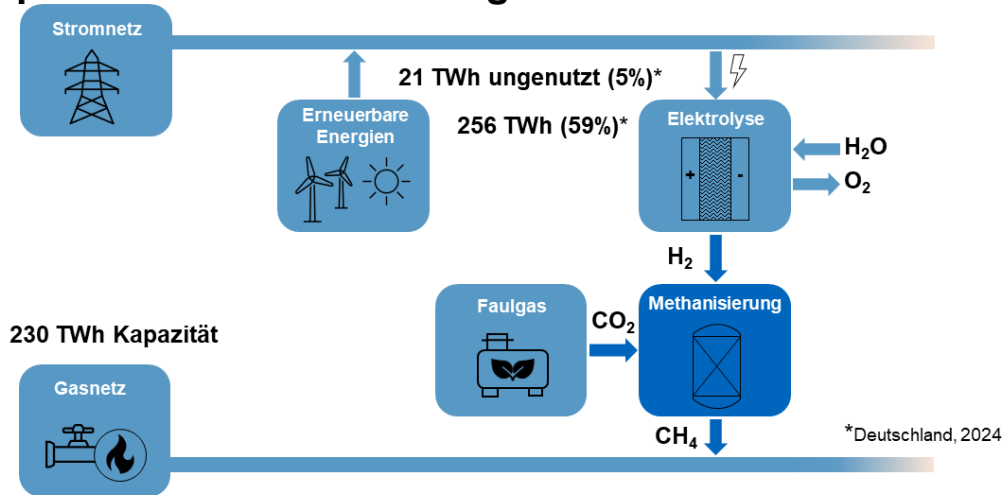
**N-Elimination**

Leix, Drewes, Ye, Koch; *Bioresource Technol.*, 2017, 236, 174–185.

Konrad Koch | 52. Abwassertechnisches Seminar | Garching | 16. Juli 2025

7

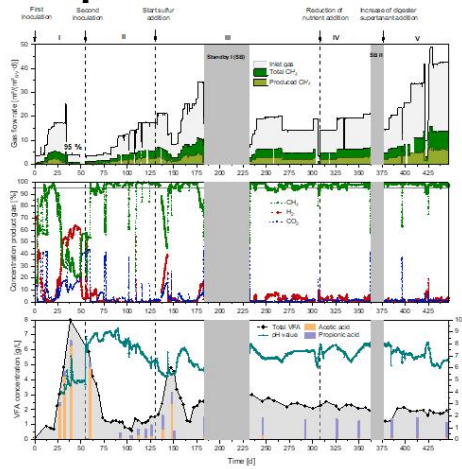
### Beispiel 4: Biomethanisierung



Konrad Koch | 52. Abwassertechnisches Seminar | Garching | 16. Juli 2025

8

## Beispiel 4: Biomethanisierung - *DemoMeth*



Feickert Fenske, Kirzeder, Strübing, Koch; *Bioresource Technol.*, 2023, 376, 128868.

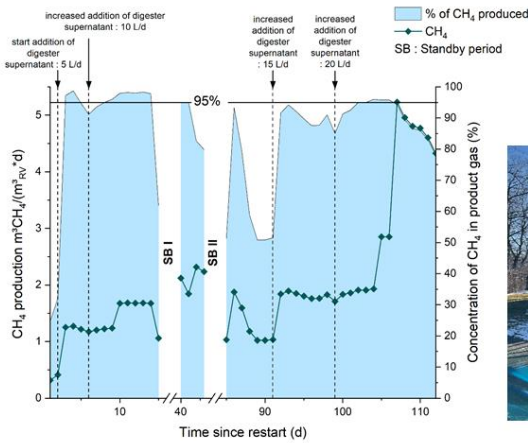
Konrad Koch | 52. Abwassertechnisches Seminar | Garching | 16. Juli 2025

- Methanproduktivität von über  $6 \text{ m}^3_{\text{CH}_4}/(\text{m}^3_{\text{RV}} \cdot \text{d})$  @ > 96%  $\text{CH}_4$
- einfaches, druckloses System
- Nutzung von Zentrat als Rieselmedium
- nur Spurenelementzugabe nötig
- ca.  $\frac{1}{20}$  des Faulbehältervolumens



9

## Beispiel 4: Biomethanisierung - *KomMeth*



Wenzel, Niebauer, Koch; *Appl. Energy*, 2025, in preparation.

Konrad Koch | 52. Abwassertechnisches Seminar | Garching | 16. Juli 2025

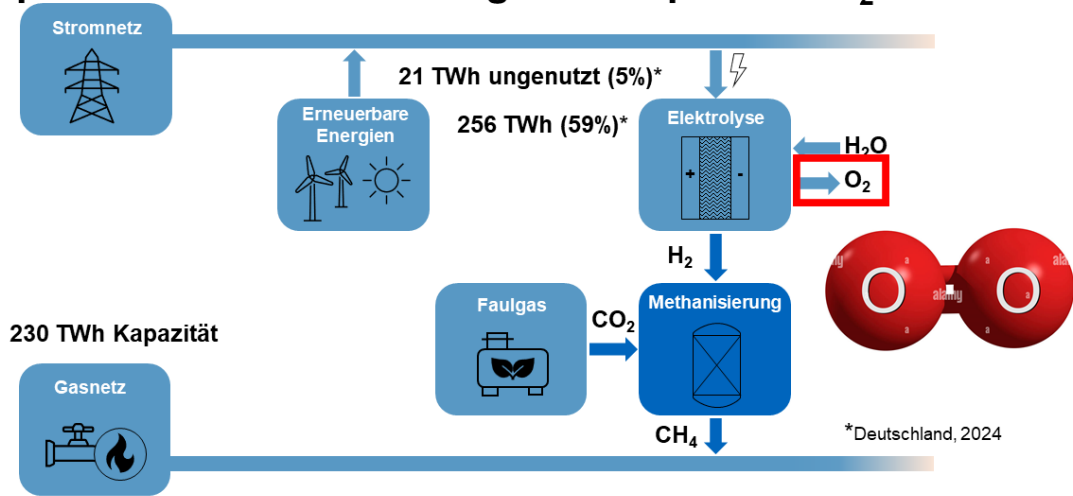
- Erfolgreiche Wiederinbetriebnahme
- Methanproduktivität noch steigerbar
- zus. Nährstoffgabe deutlich reduziert



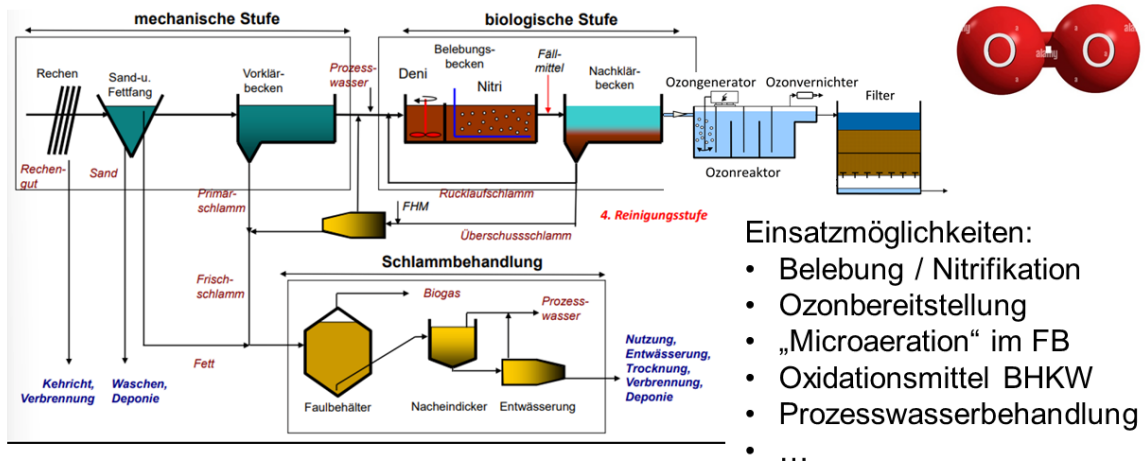
Energie

10

## Beispiel 4: Biomethanisierung - Nebenprodukt O<sub>2</sub>



## Beispiel 4: Biomethanisierung - Nebenprodukt O<sub>2</sub>



Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft  
TUM School of Engineering and Design  
Technische Universität München

## Beispiel 5: „Pippi-Motor“

**Fall A ("NO<sub>x</sub>-optimierte Fahrweise"):**  
 $\eta_e = 40\%$      $\text{CH}_4\text{-Verbrauch: } 230 \text{ g/kWh}$      $\text{NO}_x\text{-Emission: } 10 \text{ g/kWh}$      $\text{NH}_3\text{-Verbrauch: } 5,7 \text{ g/kWh}$      $\text{CH}_4/\text{NH}_3 = 43$

**Fall B ("Energieoptimierte Fahrweise"):**  
 $\eta_e = 42\%$      $\text{CH}_4\text{-Verbrauch: } 219 \text{ g/kWh}$      $\text{NO}_x\text{-Emission } 13 \text{ g/kWh}^{(*)}$      $\text{NH}_3\text{-Verbrauch: } 7,4 \text{ g/kWh}$      $\text{CH}_4/\text{NH}_3 = 30$

**Fall B vs. Fall A:**  
 $1,7 \text{ g NH}_3 \text{ spart } 11 \text{ g CH}_4$     Heizwert von  $1,7 \text{ g NH}_3$ :  $32 \text{ kJ}$      $\rightarrow$     Indirekte  $\text{NH}_3$ -Nutzung ist 18x effektiver als thermische Nutzung  
 Heizwert von  $11 \text{ g CH}_4$ :  $550 \text{ kJ}$      $\rightarrow$     Verhältnis im Klärschlamm  $\approx 4 \text{ m}^3_{\text{CH}_4}/\text{m}^3_{\text{NH}_3} \rightarrow \text{N}$  mehr als ausreichend

Konrad Koch | 52. Abwassertechnisches Seminar | Garching | 16. Juli 2025 13

Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft  
TUM School of Engineering and Design  
Technische Universität München

**TUM**

## Zusammenfassung & Ausblick

- „KARL“ ist eine Herausforderung, bietet aber auch Chance und potenzielle Synergien
- Digitalisierung kann ein wichtiges Tool dabei sein
- Vernetzung und Austausch essenziell zur weiteren Optimierung

Konrad Koch | 52. Abwassertechnisches Seminar | Garching | 16. Juli 2025 14

## Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



Konrad Koch | 52. Abwassertechnisches Seminar | Garching | 16. Juli 2025

# Die Digitalisierung der Wasserwirtschaft

Lachgasemissionen aus Kläranlagen: Im Zielkonflikt mit Nährstoffelimination & Energieneutralität?

Dr. Wenzel Gruber

Eawag  
Überlandstraße 133  
8600 Dübendorf (CH)

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 231



## N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Kläranlagen:

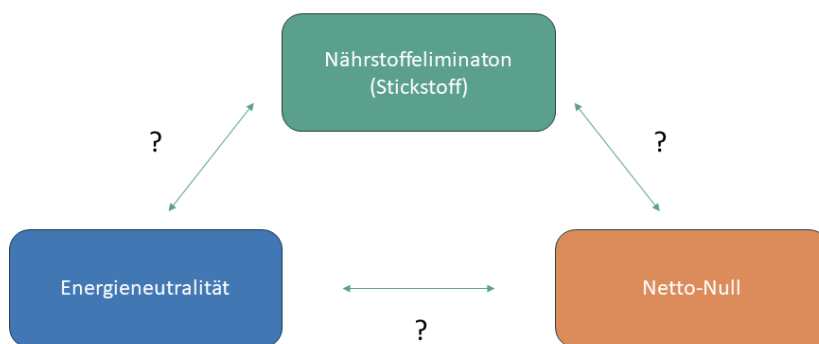
### *Im Zielkonflikt mit Nährstoffelimination & Energieneutralität?*

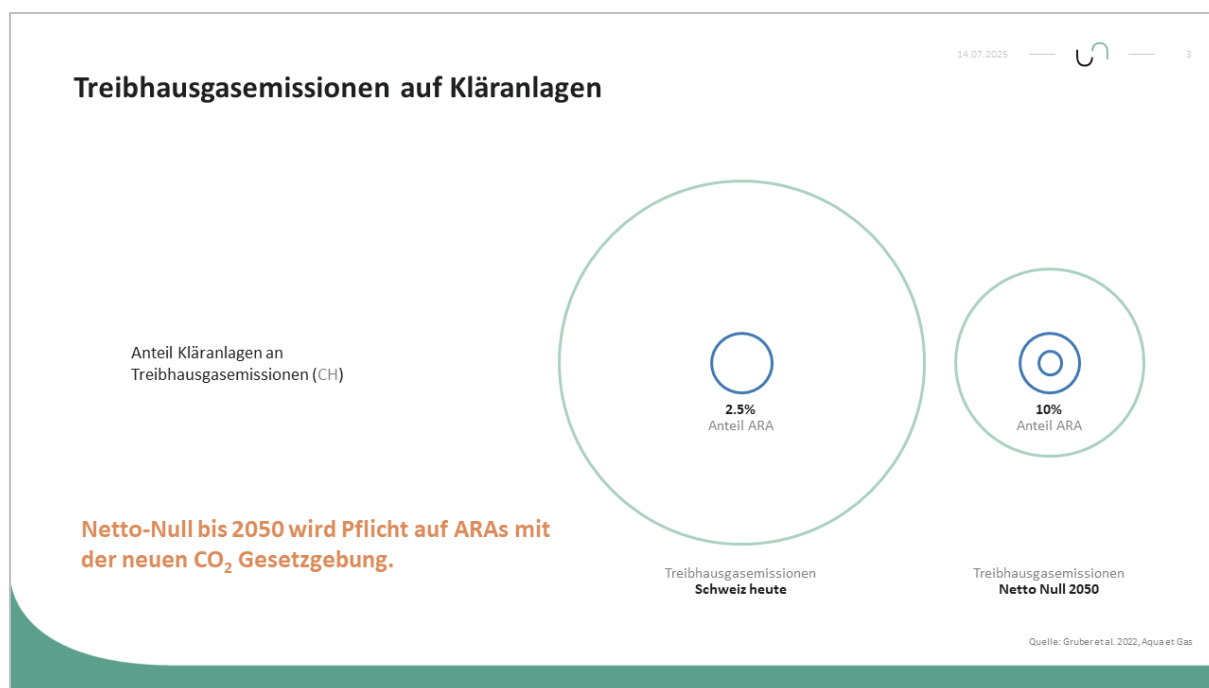
Dr. Wenzel Gruber

52. Abwassertechnisches Seminar

## Zielkonflikte?


14.07.2025 —  — 2





### Treibhausgase ARA

Treibhausgaspotentiale

14.07.2025 —  — 4

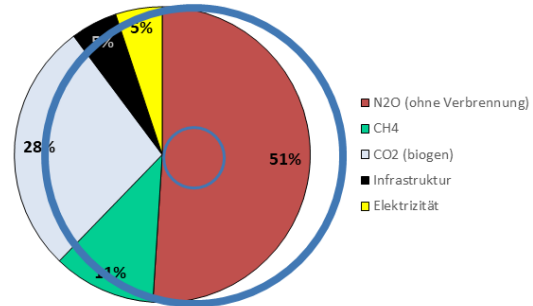
<b>Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)</b>	<b>1 kgCO<sub>2</sub>-e/kgCO<sub>2</sub></b>
<b>Methan (CH<sub>4</sub>)</b>	<b>27 kgCO<sub>2</sub>-e/kgCH<sub>4</sub></b>
<b>Lachgas (N<sub>2</sub>O)</b>	<b>265 kgCO<sub>2</sub>-e/kgN<sub>2</sub>O</b>

## Treibhausgasemissionen in Kläranlagen

14.07.2025 5

Treibhausgasemissionen Kläranlagen Schweiz

130 kg CO<sub>2</sub>-eq/a = 15 CHF/a

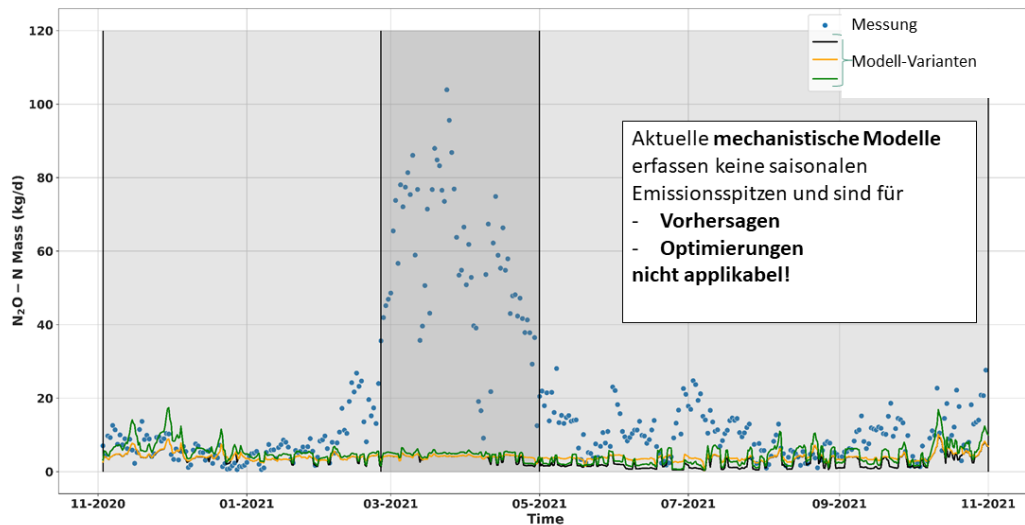


Netto-Null bis 2050 ist verpflichtend in der Schweiz auch für Kläranlagen.

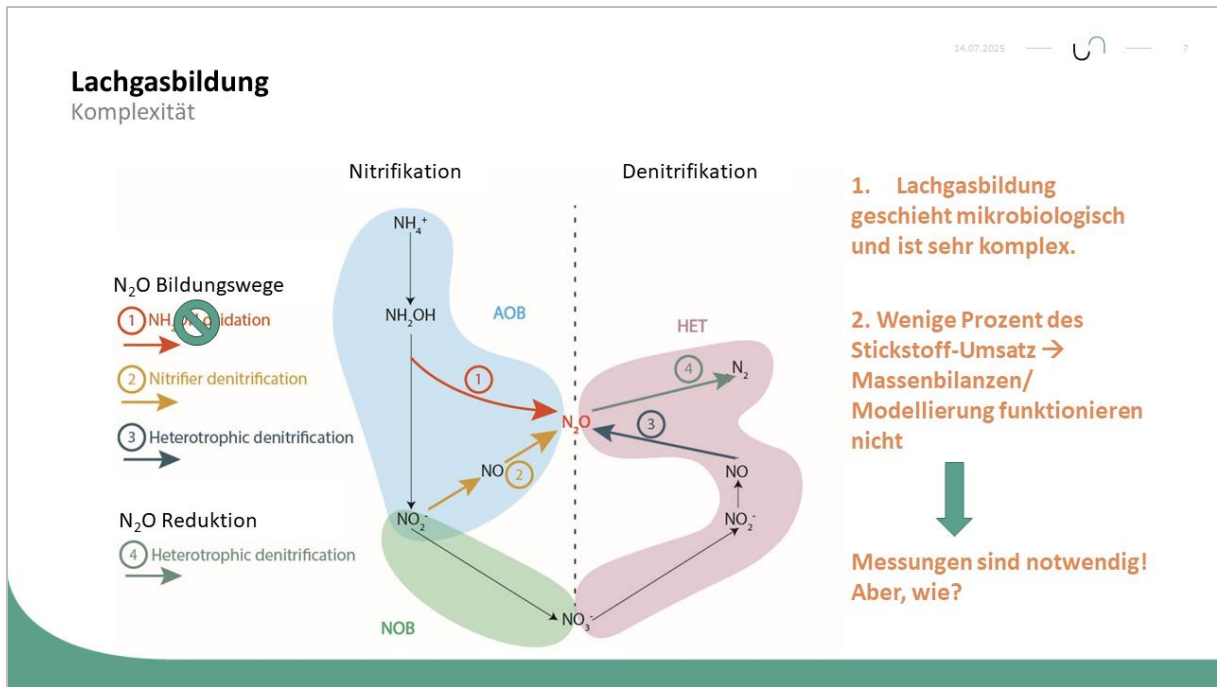
Source: Probst & Bützer 2024, Aqua et Gas


## Lachgasmodellierung

14.07.2025 6



Seshan, S., Poinapen, J., Zandvoort, M.H., Van Lier, J.B., Kapelan, Z., 2024. Limitations of a biokinetic model to predict the seasonal variations of nitrous oxide emissions from a full-scale wastewater treatment plant. Science of The Total Environment 917, 170370. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170370>




14.07.2025 —  — 9

### Messsystem Notos

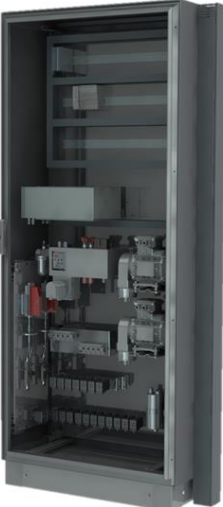
Messhaube


- ✓ Zahlreiche Gasspezies  
( $N_2O$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$ )
- ✓ Räumlich/zeitlich hochaufgelöst  
(14 Messpunkte, 40 s pro Messpunkt)
- ✓ Engmaschige Online-Überwachung  
(z.B. Gasflusskontrolle je Messpunkt)
- ✓ Kein regelmässiger Wartungsaufwand  
(Auto-Kalibration, Qualitätskomponenten)
- ✓ Bewährt auf 20 Kläranlagen  
(25 Messjahre)

Notos mini



Notos S

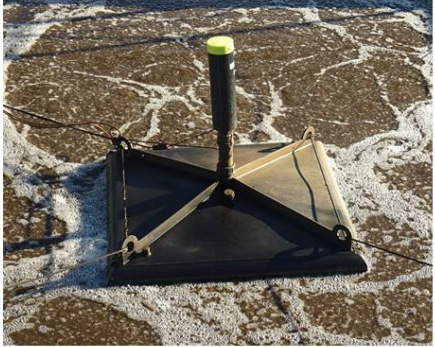


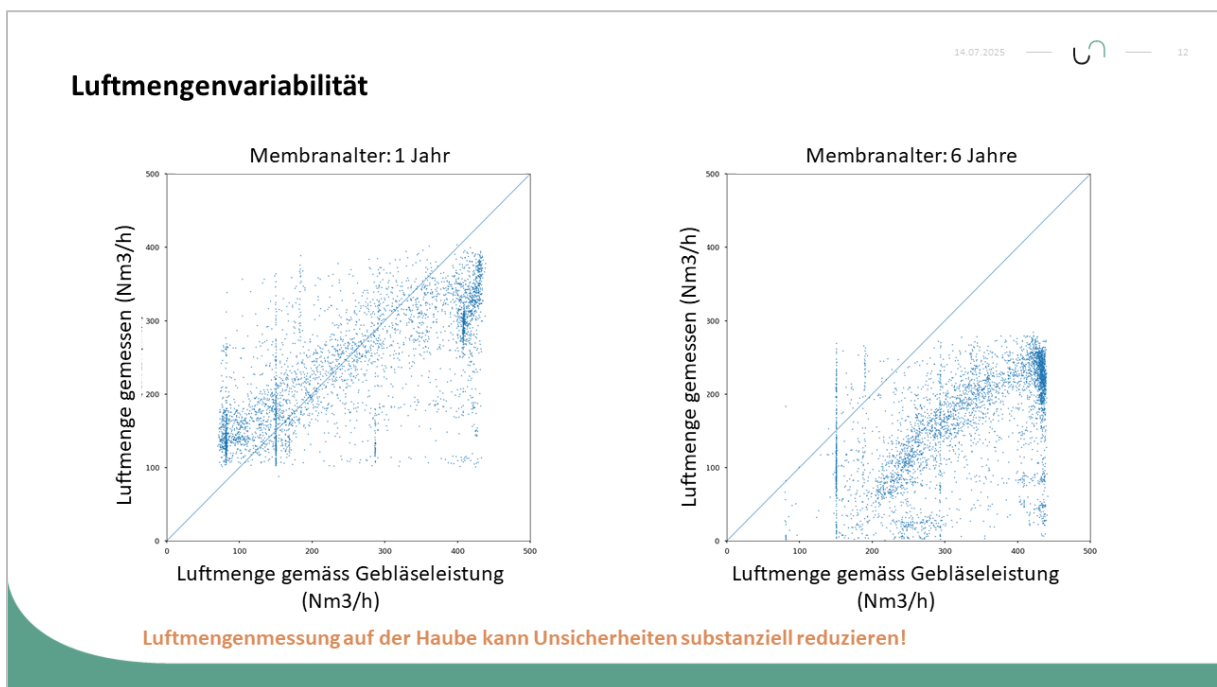
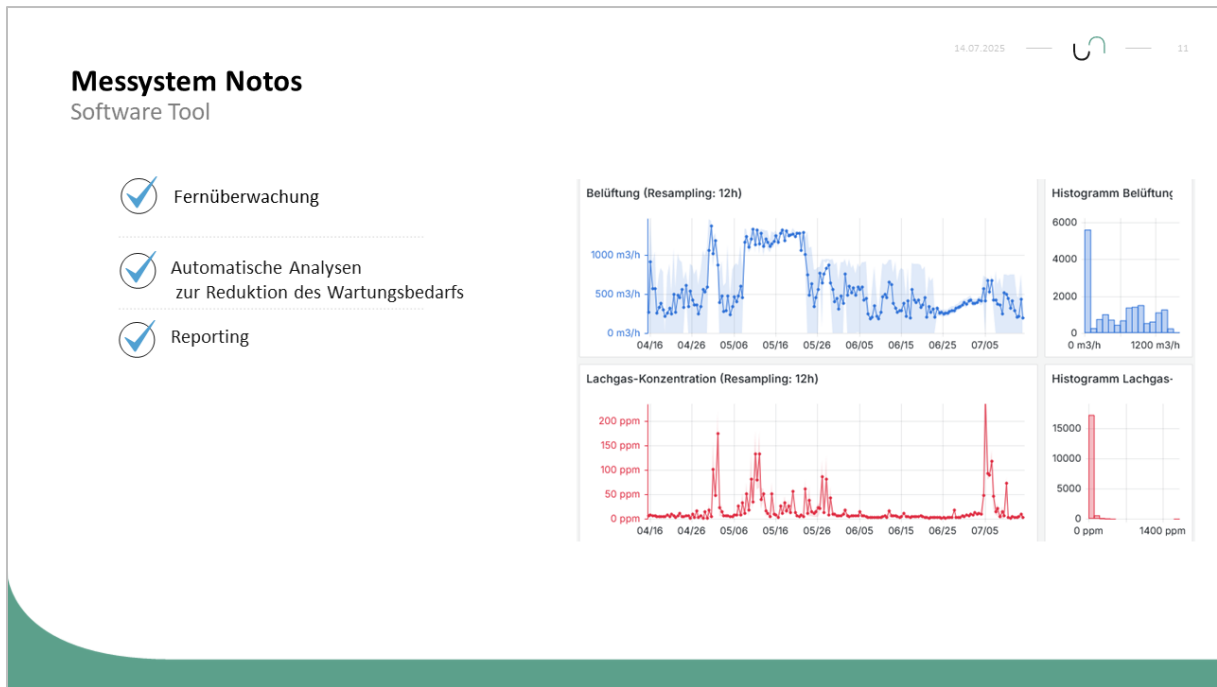
14.07.2025 —  — 10

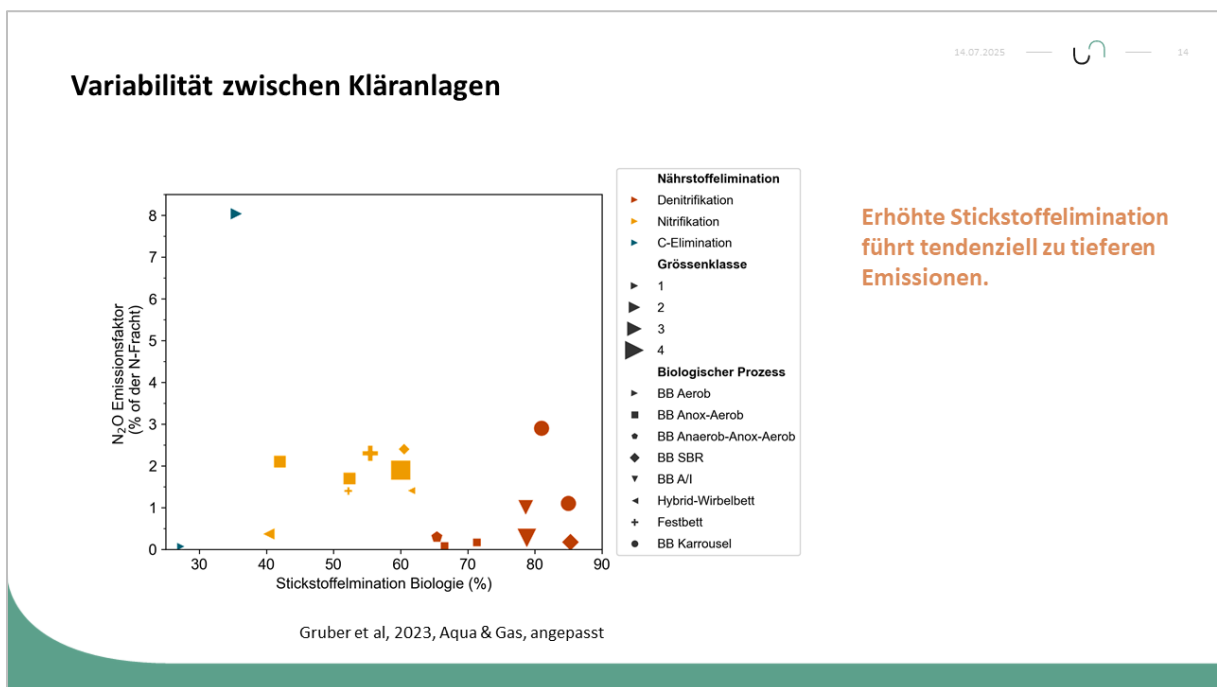
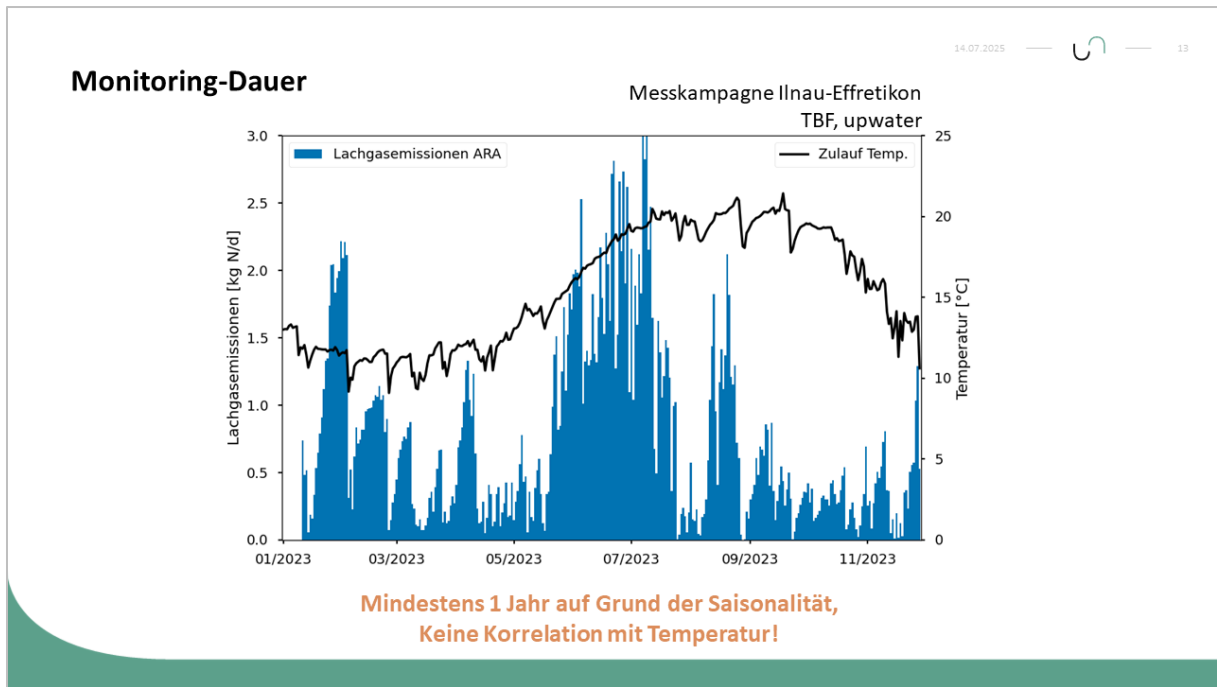
### Messsystem Notos

Messhaube

- ✓ Modulare Luftmengenmessung
- ✓ Geringes Totvolumen/Schnelle Reaktionszeit
- ✓ Leicht und stapelbar  
(15 kg)
- ✓ Einfach zu installieren







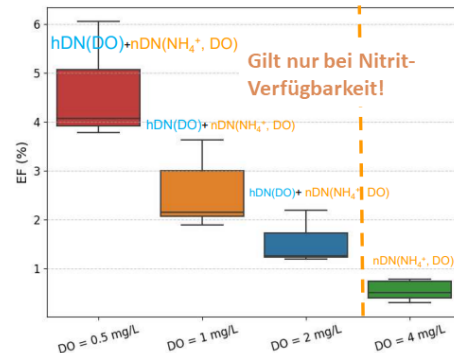
## Lachgasbildende Faktoren

### ○ Heterotrophe Denitrifikation (während Belüftung)

- Tiefer Sauerstoff
- Nitrit oder Nitrat
- Limitierte Kohlenstoffverfügbarkeit

### ○ Autotrophe Denitrifikation (während Belüftung)

- Tiefer Sauerstoff
- Nitrit
- Ammonium
- Faulwasser



Copyright: Laurence Strubbe et al., 2025, Eawag

## Nitrit, Lachgas, DNA-Messungen

### ○ Nitrit: wichtiger Treiber von Lachgas

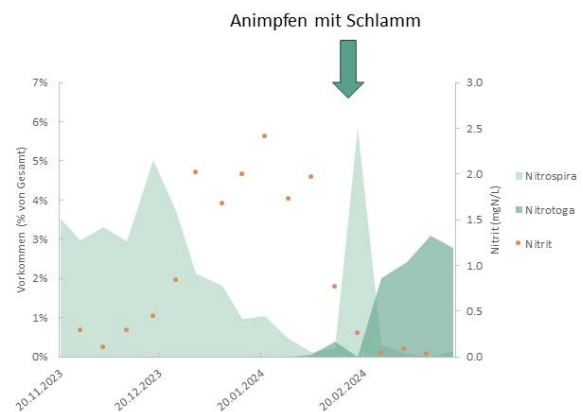
### ○ Nitritakkumulation durch Veränderungen im Mikrobiom

### ○ DNA-Analysen nützlich für

- Ursachenfindung
- Gegenmassnahmen



DNA-Sequenzierer

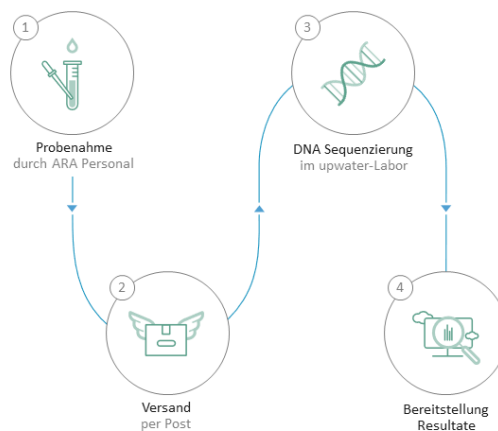


## Technologie Mikrobiom-Monitoring

14.07.2025 — 17

- ✓ Zeitnahe Analyse der Proben (<7 Tage)
- ✓ Hochaufgelöste Zusammensetzung des Mikrobioms (30'000 reads)
- ✓ Angepasste Analyse für wichtige Fragestellungen auf ARAs

### Ablauf der wöchentlichen Probenahme



## Gegenmassnahmen

14.07.2025 — 18

- Nitritakkumulation verhindern
  - Schlammalter saisonal anpassen
  - O<sub>2</sub>-Verfügbarkeit frühzeitig erhöhen
- Dynamische Regelung
  - Denitrifikation/ N<sub>2</sub>O-Abbau erhöhen
- Lachgasmessung in Steuerung integrieren
  - O<sub>2</sub>-Sollwert erhöhen bei hohen Emissionen
- End-of-Pipe
  - RTO (Thermische Oxidation)
  - Hohe energetische Kosten (Beispiel ARA Bern: 10% des Biogas)



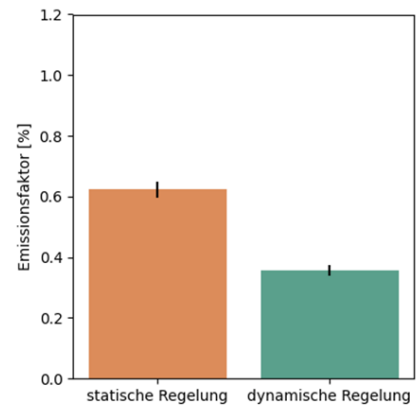
RTO ARA Bern

## Beispiel Lachgasoptimierung

Dynamische Regelung

14.07.2025 — 19

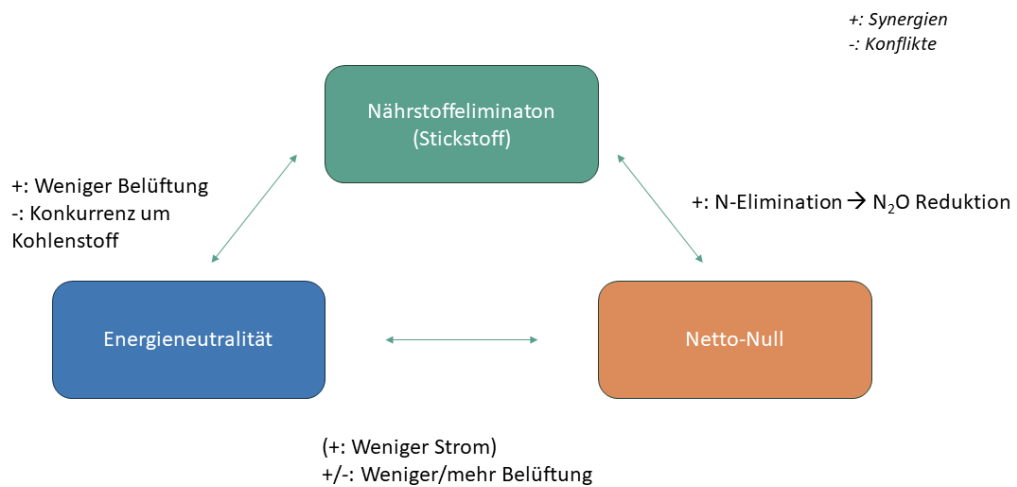
- Anpassung verschiedener Regelparameter der Biologie in Abhängigkeit der Belastung
  - Belüftung der bivalenten Zone
  - Sauerstoffsollwerte
  - Faulwasserdosierung
- Vorteile
  - Erhöhung Stickstoffelimination
  - Reduktion Lachgasemissionen
  - Reduktion Energieverbrauch durch Reduktion Belüftung



Dynamische Regelung ARA Langmatt

## Zielkonflikte? Teilweise!

14.07.2025 — 20



## Zusammenfassung

- Direkte Emissionen ( $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$  und  $\text{CO}_2$ ) machen 80% bis 90% der gesamten Treibhausgasemissionen der Kläranlagen aus
- Emissionsmessungen sind notwendig für:
  - Bestimmung
  - Optimierung
- Reduktionsmassnahmen sind vorhanden und werden erfolgreich umgesetzt
- Keine Zielkonflikte mit Nährstoffelimination/  
Situationsabhängige Zielkonflikte mit Energieverbrauch

## Fragen



# Die Digitalisierung der Wasserwirtschaft

Die digitale Transformation der Wasserwirtschaft – Von der Strategie zur Umsetzung – Mehrwerte zentraler Plattformen und Erfahrungen bei EGLV

Dr. Heiko Althoff

Emschergenossenschaft  
Kronprinzenstraße 24  
45128 Essen

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 231



**EGLV**  
Emschergenossenschaft

# Die Digitale Transformation der Wasserwirtschaft –

von der Strategie zur Umsetzung  
Mehrwerte zentraler Platt-formen und Erfahrungen bei EGLV

**Dr.-Ing. Heiko Althoff, EGLV**  
16.07.2025, 52. Abwassertechnisches Seminar, TU München

Image by Joannis Ioannidis from Pixabay



**EGLV**  
Emschergenossenschaft  
Lippeverband

## Herausforderungen in der Wasserwirtschaft

- Daueraufgabe Wirtschaftlichkeit
- Technologieschub bietet neue digitale Möglichkeiten
- Sorgen und Bedenken der Mitarbeitenden
- IT-Sprache vs. Betreibersprache
- Cybersicherheit
- Permanente Effizienzhebung
- Demografischer Wandel

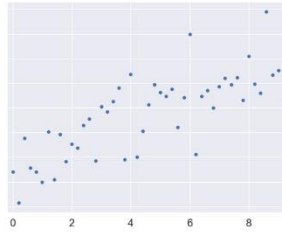
Bild von: Gerald Albrecht auf Pixabay



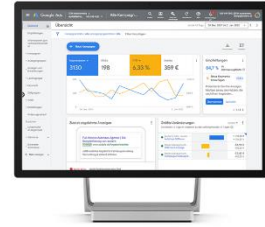
## Möglichkeiten der heutigen „digitalen Welt“



**BigData mit großen Datenbestände arbeiten**



**Einsatz künstlicher Intelligenz für Vorhersagen**



**Automatisiertes Reporting**

Emschergenossenschaft Lippeverband







## Digitalisierung

### in der deutschen Wasserwirtschaft

- Anlagenbetrieb weitgehend automatisiert
- Leitzentralen bei großen Betreibern
- 24/7-Überwachung
- Historische Trennung der Netze OT/IT
- Zahlreiche Prozessdatenbanken
- ERP-Systeme (z. B. SAP)
- GIS-Systeme
- Viele Insellösungen
- Herausforderung Cybersicherheit



## Kritische Infrastruktur

### KRITIS

#### Anlagen wichtiger Bedeutung für das staatliche Gemeinwesen

Betreiber sind gemäß BSI-Gesetz (BSIG) und BSI-Kritisverordnung verpflichtet,

- eine Kontaktstelle für die betriebene Kritische Infrastruktur zu benennen,
- IT-Störungen oder erhebliche Beeinträchtigungen zu melden,
- IT-Sicherheit auf dem "Stand der Technik" umzusetzen
- und dies alle zwei Jahre gegenüber dem BSI nachzuweisen



## Digitale Transformation

### Digitale Prozesse bei EGLV



#### ELEKTRONISCHER EINKAUF

Beschaffung, Bestellung, Abrechnung/ Bezahlung vollständig digital SAP-MM, SRM (Portal-App)



#### PERSONALMANAGEMENT

Zeitwirtschaft, ESS, MSS, Krankmeldungen, Zuschläge, Reisekosten, ... (Portal-APP)



#### EGLV-Intranet-Portal

Interne Unternehmensinformationen, Ideenmanagement, EGLV-Internetauftritt, Beschwerdemanagement, Korruptionsprävention, Besucherservice



#### DATENAUSTAUSCH

z. B. Mit dem Land NRW (ABK, ELWAS, DWD ...)



#### SICHERE SYSTEME

Cybersicherheit, Datenschutz, ...



#### ECMS / Dokumentenmanagement

Elektronische Workflows für Vermerke, digitale Projekthandbücher, E-Akte, ...



#### BETRIEBSFÜHRUNGSSYSTEM (BFS)

Verbindung von GIS und SAP-PM, Mobile Instandhaltung



#### PROZESSLEITSYSTEME

Hohe Varianz an Systemen, Dauerthemen Zentralisierung, Standardisierung



#### CAD / CAE – Systeme

Planung und Bau und Instandhaltung von Anlagen – Building Information Modeling (BIM)



#### BIG DATA

Datascience, Advanced Analytics, Künstliche Intelligenz

Emschergenossenschaft  
Lippeverband



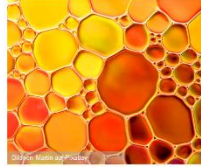
## Überlegungen zur digitalen Transformation



Emschergenossenschaft  
Lippeverband



## Status Quo bei EGLV in 2015



Digitale Insellösungen prägen die Systemarchitektur



Cybersicherheit gewinnt an Bedeutung



DataScience / Advanced Analytics am Horizont



Emschergenossenschaft Lippeverband

Digitale Innovationen werden durch starre Hierarchien ausgebremst



Beharrlichkeit bei den Anwendenden



## Strategische Überlegungen

### Zielvorgabe „Digitale Transformation“



- Steigerung der Prozesseffizienz
- Erhöhung der Bindung für Mitglieder
- Sicherstellung der Mittel- und Langfristentwicklung in der digitalen Welt
- Berücksichtigung der aus neuen Technologien entstehenden Transformationsthemen
- Schaffung der organisatorischen Voraussetzungen für die Umsetzung der Digitalisierungsmaßnahmen
- Weiterhin Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen
- IT-interne strategische Weiterentwicklung
- Integration der Digitalisierungsanforderungen aus anderen Strategien

Emschergenossenschaft Lippeverband

### Einsatz von Cloudtechnologien erlauben?



- Ja oder Nein?
- Private / Public / Community / Hybrid - Cloud?



## Strategische Überlegungen

### Etablierung eines unternehmensübergreifenden Think-Tanks



- Matrix statt Hierarchie
- Innovationsscouting
- Über den Tellerand schauen
- Ausprobieren dürfen

### Kleine Schritte machen und Quick-wins (PoC)



- Agiles Handeln
- Permanente Zieljustierung

### Gerüstet für die Zukunft durch offene Technologien



- Proprietär vs. Open Source
- Erfolge der Community
- Open Source nicht kostenfrei
- Offene Protokollschnittstellen

Emschergenossenschaft  
Lippeverband



## Strategische Überlegungen

### Identifikation von Schlüsseltechnologien erforderlich



- nicht immer offensichtlich, Beispiele Master Data Management, Cybersecurity, Virtualisierung
- Expertenwissen (Unternehmen und IT) erforderlich

### Bedeutung der Unternehmens-IT für EGLV



- Strategische Bedeutung der IT hat zugenommen
- Rolle des CDO klären

### Den Menschen mitnehmen



- nicht unterschätzen!
- Umgang mit Ängsten und Sorgen
- Verständniswandel (Demografie)
- klare Positionierung der Unternehmensleitung wichtig

Emschergenossenschaft  
Lippeverband



**Umsetzung im laufenden Geschäftsalltag**

- Die Unternehmensprozesse existieren bereits
- Digitale Transformation soll die heutigen digitalen Möglichkeiten effizient erschließen
- Transformation soll „nahtlos“ erfolgen

**Schlüsseltechnologien erforderlich**

Emschergenossenschaft Lippeverband

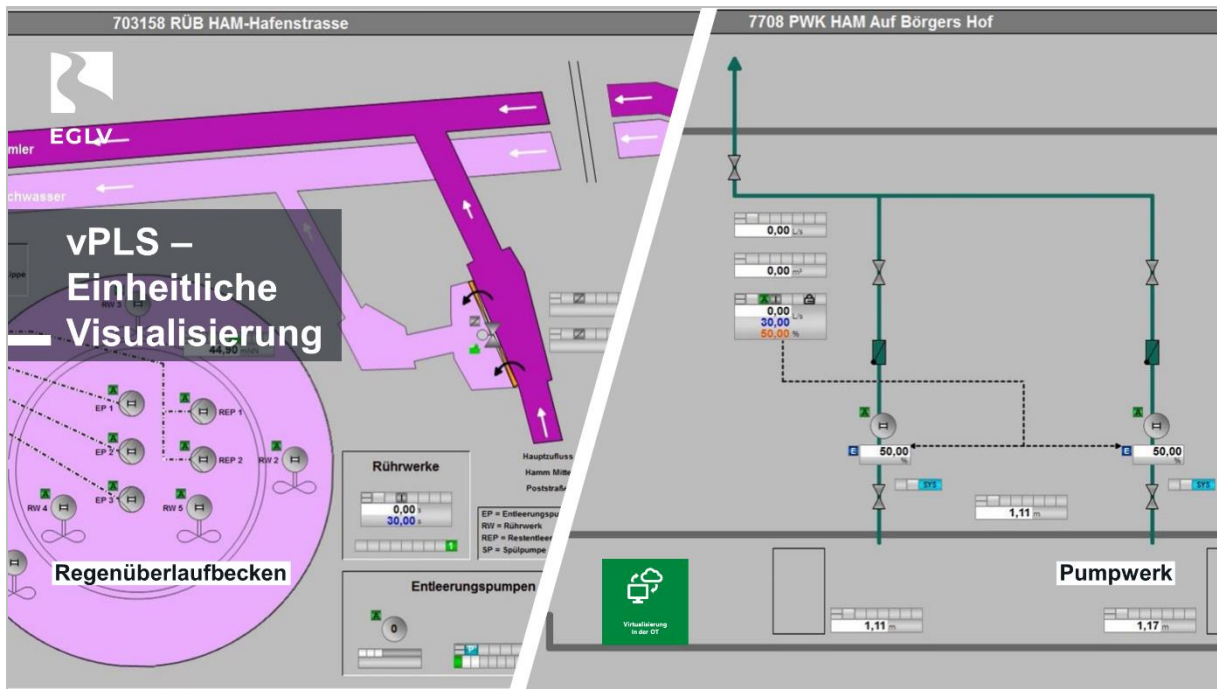


**Wesentliche Schlüsselthemen**  
der digitalen Transformation

- EIN sicheres Netz für OT und IT**
- Virtualisierung in der OT**
- Zeitgemäßes Datenmanagement**
- Offene Protokollstandards**
- Wandel Unternehmenskultur**

**PLATTFORMEN**

Emschergenossenschaft Lippeverband



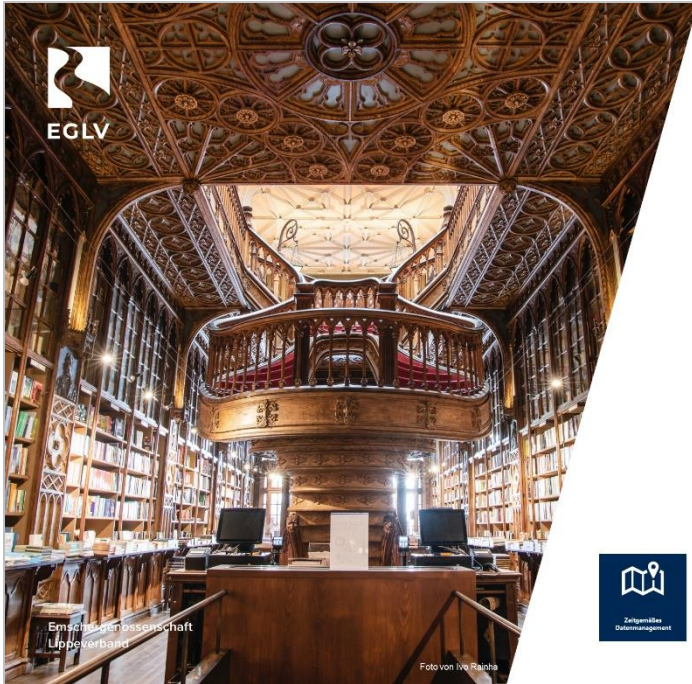
## Erfahrungen aus der Umsetzung

### Einführung virtueller Prozessleitsysteme



- **Umbauzeit von Vorteil: Zeit für saubere Programmierung und Tests**
- Möglichkeit, Betriebspersonal an die Technologie heranzuführen und Misstrauen abzubauen
- PoC ermöglichte die erste Ausarbeitung unternehmensweiter Standards
- Erfolgreiche Umsetzung schuf Interesse im Gesamtbetrieb (insbesondere Fernzugriff auf Prozessleitsysteme und Einsatz mobiler Endgeräte)
- **Bandbreitendiskussion konnte reduziert werden (300 kB/s reichen)**
- Mögliche Reduktion der SPSen auf KLA nachgewiesen (statt 3-5 reicht 1 SPS)
- Neue Daueraufgabe: Kommunikationsaufwand bei der Einführung der Technologie, gerade bei Erstumrüstung in einzelnen Bereichen. Wesentlich für den Erfolg!

Emschergenossenschaft  
Lippeverband



## Zentrale Plattformen

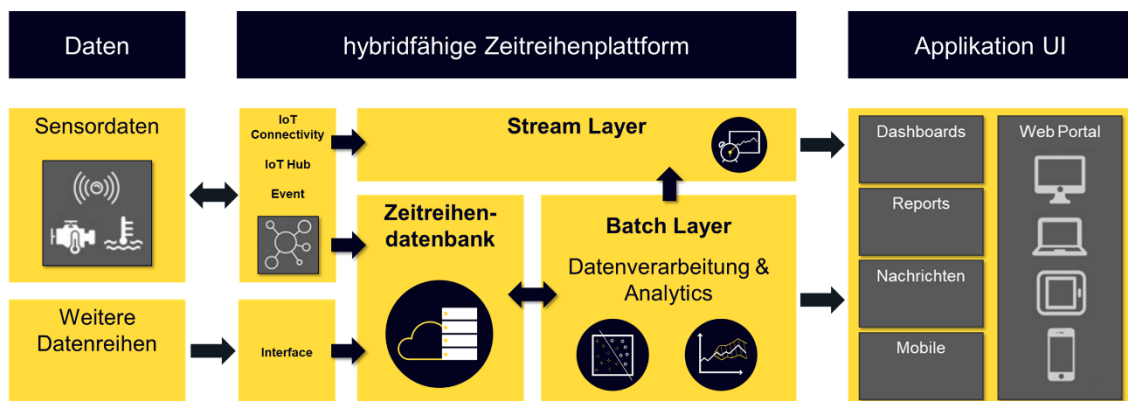
### Chancen

- Single Point of Truth
  - Erfassung von Betriebs- und Messdaten an einer Stelle
  - Schnelle Datenverfügbarkeit ohne aufwendige Suche
  - Zentrales Management für Datenpersistenz und Backup
  - Datenanbindungen für Dritte an einer Stelle
- Einfache Datennutzung  
z. B. für KI-Verfahren



## Zeitreihenplattform (ZRP)

Das „Fundament“ des digitalen Zwillings



Emschergenossenschaft  
Lippeverband

Identifikation von „No-Regret“-Maßnahmen



## Erfahrungen aus der Umsetzung

### Neues Datenbankframework



- Namensgebung nicht unterschätzen (HeTiDa → ZRP)
- PoC schnell umgesetzt
- **Anschließende Überführung des PoC in Produktivsystem ist IT-Großprojekt und benötigt Zeit (2018 – 2023)**
- Entwicklungszeit wird durch Aufnahme und Klärung der Anforderungen im Unternehmen bestimmt, nicht durch die Programmierung der ZRP
- ZRP ermöglicht einfache Anbindung von Systemen der Künstlichen Intelligenz (z. B. Automatische Betriebsstörungserkennung)

Emschergenossenschaft  
Lippeverband



## Erfahrungen aus der Umsetzung

### Visualisierung mit neuen Werkzeugen



- **Nutzung anstelle vPLS-Darstellungen realistisch (nahezu Echtzeit)**
- Damit weitere Entkopplung zwischen Anlagenbetrieb und Datennutzung möglich
- **Visualisierung zeigt die Mehrwerte der Digitalen Transformation für alle Beschäftigten**
- Frühzeitiger Einsatz von Visualisierungstools wesentlich, um die Ziele der gesamten Arbeiten verständlich zu erklären
- Einfache eigene Erstellung von Dashboards auch für nicht IT-ler möglich
- Dashboarding für unterschiedliche Zielgruppen einfach möglich

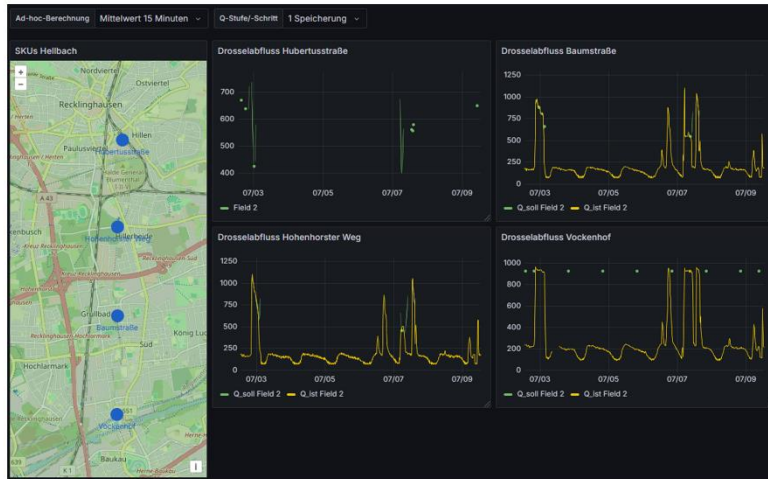
Emschergenossenschaft  
Lippeverband





## Beispiel Dashboard für ein Einzugsgebiet

Einsatz von OpenSource-Software Grafana



Emschergenossenschaft  
Lippeverband



## Mehrwerte des Konzepts

für die Benutzergruppen



### Anlagenbetrieb

- Perspektivisch weniger Fachwissen für vPLS erforderlich, wenige Programmierer
- Einheitliche Visualisierung für alle Anlagen
- Zugang zur Anlagensteuerung immer auf dem gleichen Weg
- Mobiler Zugriff 24/7
- Reduktion des Aufgabenkanons für Beschäftigte im Anlagenbetrieb (Demografie)
- Schnelles Reporting / Gute Datenverfügbarkeit

Emschergenossenschaft  
Lippeverband

### Datennutzer (außerhalb Betrieb)

- F&E-Abteilungen
- Zentrale Datenverfügbarkeit an einer Stelle
- Aufwendige Datensuche wird reduziert
- Einsatz künstlicher Intelligenz mit direkter Datenanbindung möglich
- Erkennen neuer Zusammenhänge
- IoT / Dronendaten können erfasst werden



## Mehrwerte des Konzepts

für die Benutzergruppen



### Management

- Dashboard ermöglicht individuell zugeschnittene Visualisierungen
- Unternehmen ist technisch gut für die Zukunft vorbereitet – Innovationen können einfach angebunden werden
- Vorbereitung zudem auf den demografischen Wandel
- Vorhandene Hardwareressourcen werden durch die Virtualisierung besser ausgenutzt -> wirtschaftlicher Anlagenbetrieb

### Unternehmens-IT

- Bündelung der IT-Kompetenzen
- Weitergehende Standardisierung
- Einheitliche Anlagenprogrammierung
- Bessere Ausnutzung vorhandener Hardware
- Einheitliche Netzinfrastruktur
- Bessere Cybersecurity durch einheitliche Sicherheitskonzepte

Emschergenossenschaft  
Lippeverband



## Zusammenfassung

Die Digitale Transformation der Wasserwirtschaft - Von der Strategie zur Umsetzung - Mehrwerte zentraler Plattformen und Erfahrungen bei EGLV

- Digitale Transformation bietet die Chance, neue Potentiale zu heben und weiterhin die Leistungen kostengünstig und zuverlässig zu erbringen
- **Es bedarf strategischer Überlegungen und Planungen**
- **Schlüsseltechnologien** ermitteln und einführen
- **Plattformen sind ein wesentliches Element**, um zukunftssicher mit Daten zu arbeiten
- Es ergeben sich **zahlreiche Mehrwerte**
- EGLV haben **wertvolle Erfahrungen** gesammelt, die auch für andere Unternehmen der Wasserwirtschaft bei ihrer digitalen Transformation hilfreich sein können
- **Digitale Transformation** benötigt Zeit!

Emschergenossenschaft  
Lippeverband



# Die Digitalisierung der Wasser- wirtschaft

Chancen von Konnektivität, IoT und Da-  
tenanalyse für die ganzheitliche Prozess-  
Automation

Dr. Stephanie Kauf-Schraml

SCHRAML GmbH  
Herzheimer Straße 7  
83620 Vagen

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 231

## Chancen von Konnektivität, IoT und Datenanalyse für die ganzheitliche Prozess-Automation



Ressourcen intelligent managen

Prozessleittechnik | SCADA | Fernwirken | IoT | Automation

07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

1



>35



Jahre Expertise in  
Deutschland  
(und international)

AQASY  
Prozessleitsystem,  
SCADA & KI  
(PC, HMI, Web, App)



Fernwirken  
IoT  
Automatisieren

Ressourcen intelligent  
managen



07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

2

**SCHRAML** 

## Eckpunkte zum Vortrag



Chancen und Risiken der Konnektivität



IoT Fernwirken




Datenanalyse & KI



Informations- und IT-Sicherheit

### Chancen und Herausforderungen der Digitalisierung




07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml 3


**SCHRAML** 

## Prozessleitsysteme als Chancen für alle on premise auf der Anlage oder als Service aus der Cloud





⚠ Keine flächendeckende Internet- / Mobilfunkversorgung | teilw. fehlende Freigaben für IT-Invest bei kleinen & mittleren Anlagen




✔ Affinität der aktuellen/nachfolgenden Generation für digitale Lösungen








Kläranlage & Kanalnetz



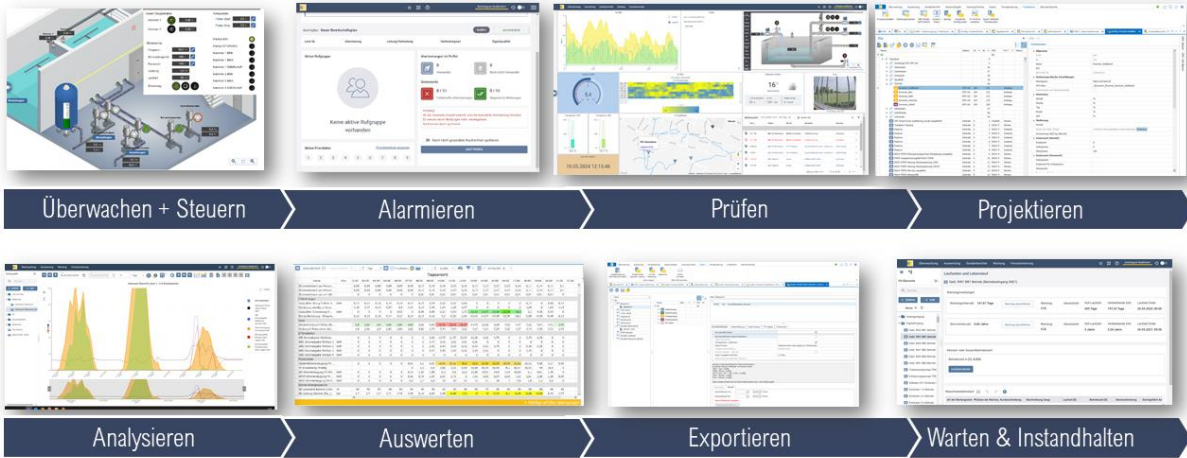


Kläranlage & Kanalnetz



07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml 4

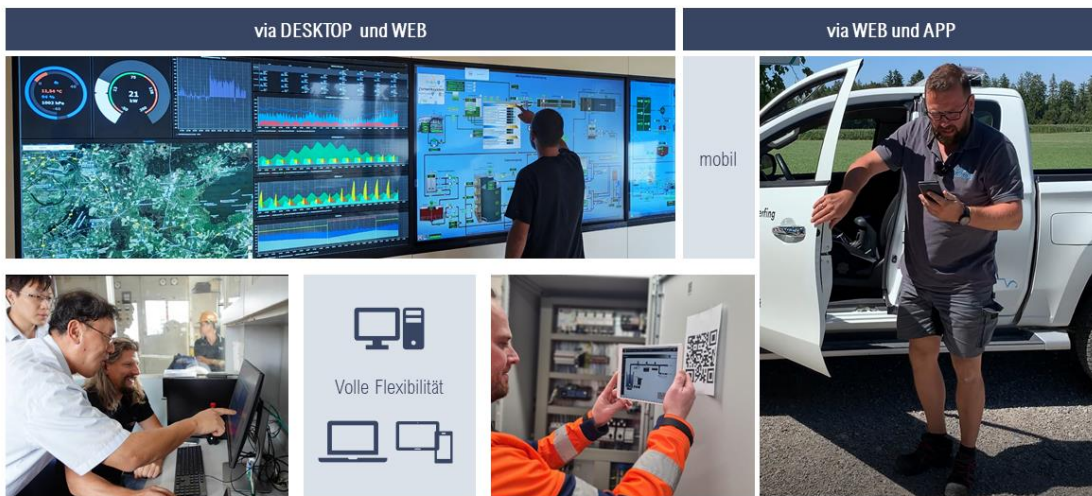
## Leitsystem Funktionen



07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

5

## Passgenau Überwachen, Bedienen, Analysieren



07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

6

## Aktuelle Herausforderungen

SCHRAML



## Eckpunkte zum Vortrag

SCHRAML

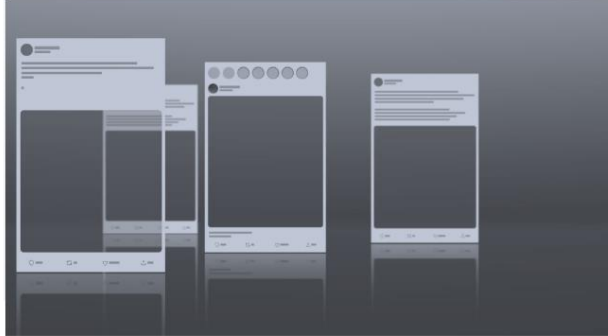


Frust vieler Betreiber, den keiner gebrauchen kann ...

Rückstau an Digitalisierung



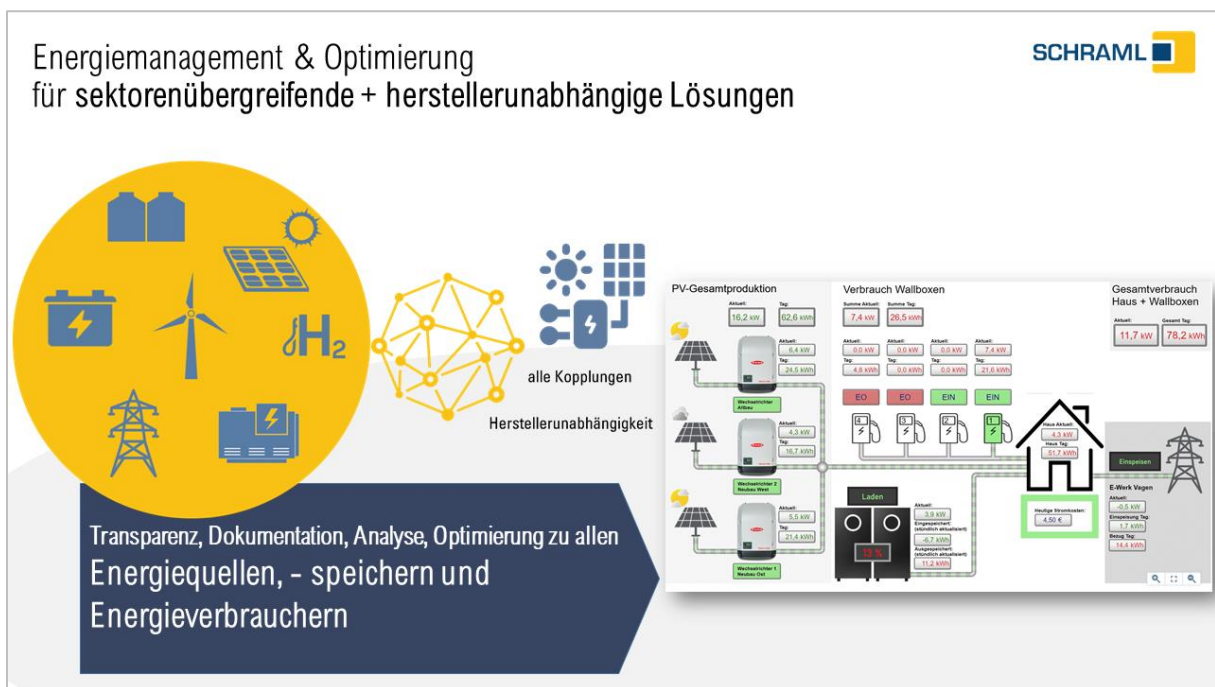
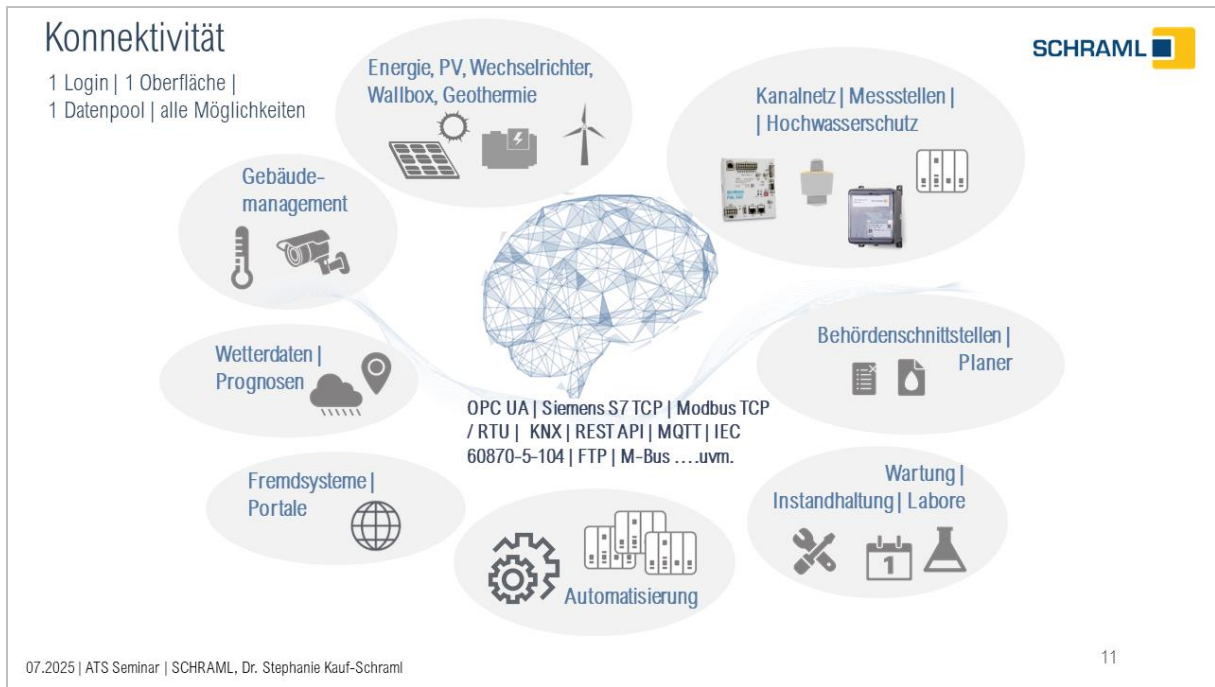
Zig verteilte Insel-Einzellösungen



Die Lösung: eine Systemplattform für „alles“  
ein digitales Gehirn und Nervensystem



1 Datenpool, 1 Login, klare Lizenzgebühren, klare IT-Sicherheit & Systemabsicherung



### Konnektivität und Schnittstellenflexibilität für sektorenübergreifende + herstellerunabhängige Lösungen

OPC UA Automatisierungslinie

REST API | Python für Wetterdaten von Extern

Modbus TCP zur Anbindung der Wechselrichter

REST API | Python zu Sonnen-Portal für Batteriedaten

Siemens TCP Anlagensteuerung

M-Bus für Wallboxen

KNX Bus | REST API für Gebäudesteuerung

Fernwirkanlage | dezentrale Aussenbauwerke

07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

13

### REST API für Dateneinbindung | inkl. kompletter Prozessverarbeitung

### REST API für Datenexport/-weitergabe

DWD

REST API Dateneinbindung

Portale, Fremdsysteme, Wetterdienste...

MIP 588

REST API Export/Weitergabe

z.B. Websites, Fremdsysteme, FLIWAS...

07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

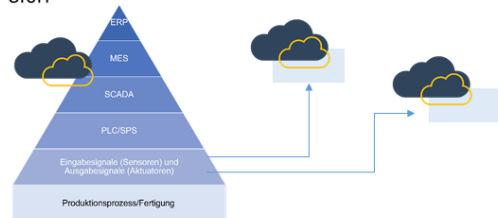
14



## Herausforderungen

- Abklärung – welche Schnittstellen sind bei den Herstellern verfügbar
  - Viele Einzellösungen | Automatisierungspyramide verändert sich
    - teilw. viele (unnötige) Schnittstellen
    - viele Ansprechpartner, kein klarer Verantwortlicher
    - Komplexität | Kompatibilitätsfragen bei Upgrades
- Schnittstelle möglichst nah am Prozess

! Alte, serielle Schnittstellen/  
Automatisierungskomponenten




- Abhängigkeit von funktionierender Technik, IT-Peripherie
  - Denken in Ausfallsicherheiten | doppelter Boden → managebare (!) Redundanzen
  - Notbedien-Ebenen vor Ort unabhängig von Gesamt-System → z.B. durchgängige HMI-Lösungen


## Eckpunkte zum Vortrag





### Flexible Lösungen und Übertragungswege für den „Weg ins Leitsystem-Gehirn“



DSL  
LAN/VPN  
SHDSL  
4G LTE (2G)



4G LTE (2G)  
LTE-M  
NB-IoT

**Orte mit Strom, Steuerung, etc**

Pumpwerke  
RÜBs  
Hochwasseranlagen  
Verbundanlagen  
uvm.


Integrierte Modems, VPN Router, Ersatzwegsaltungen, HMI, uvm.



**Orte ohne Strom**


Schächte  
RÜBs  
Pegel  
uvm.

Ultra-Low Power CPUs  
Energiesparsam und flexibel - Triggermodus




07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

### Vielfältige Übertragungswege für „den Weg ins Leitsystem-Gehirn“



DSL  
LAN/DSL  
SHDSL



4G LTE

LTE-M  
NB-IoT  
LoRAWAN

**Kabelgebundene Übertragungswege**

**Klassischer Mobilfunk**

**LPWAN | für energieautarke Lösungen**

Alte serielle Verbindungen wie SL, WL (anfällig, langsam)

2G GPRS Abschaltung

450 MHz noch im Aufbau

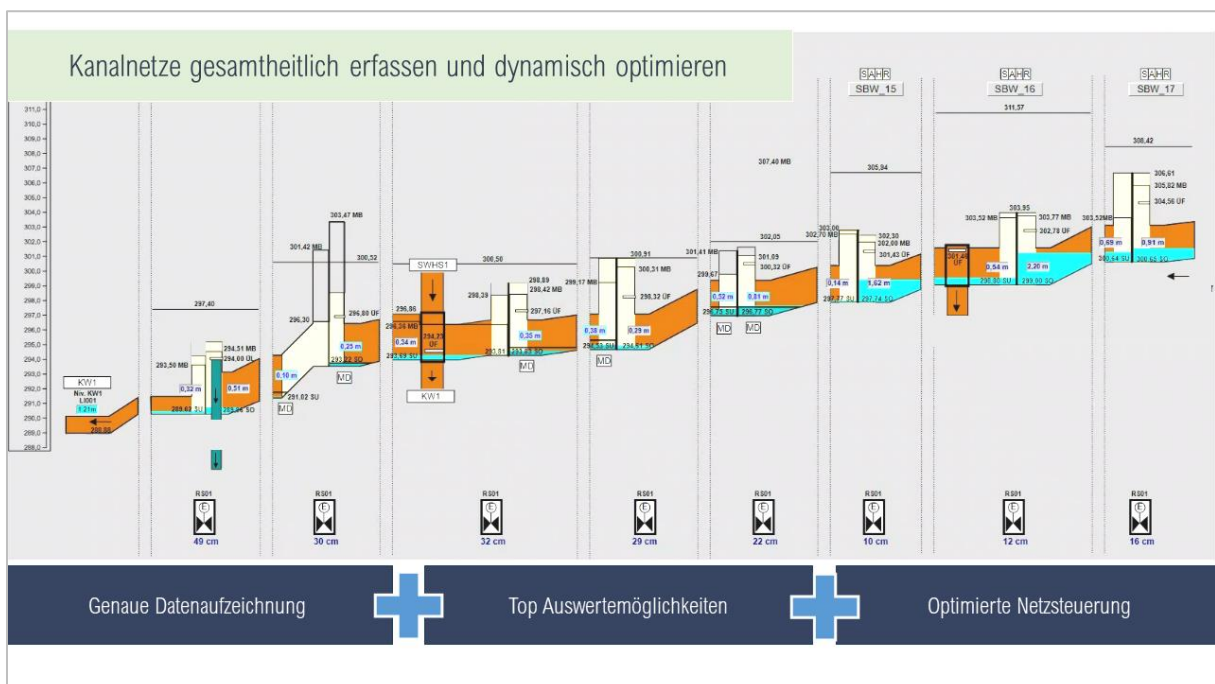
100% Verfügbarkeit eines Übertragungswegs gibt es nicht → Ersatzwegsaltungen bei kritischen Stationen

07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

Querkommunikation und vernetzte Automatisierung  
Zur dynamischen Kanalnetzbewirtschaftung

07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

19





Mit den Augen im Kanal – für Analysen im Leitsystem auch bei schon vergangenen Events

07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

**SCHRAML** 

### Eckpunkte zum Vortrag



Chancen und Risiken der Konnektivität



IoT Fernwirken



Datenanalyse & KI



Informations- und IT-Sicherheit

Einstieg in die Prozessleit-technik

## Chancen und Risiken der Digitalisierung

07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml 22

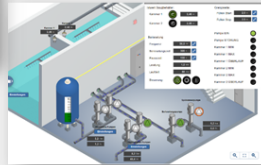
# Alles unter Kontrolle: Überwachung + Steuern + Analysieren



Prozesse | Überwachen | Steuern



Aktuelle Messwert(schreiber) im Sekundentakt, etc.



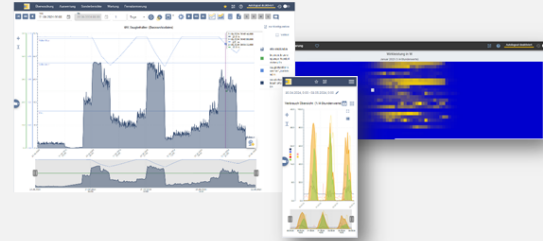
Dashboards & Prozessbilder mit aktuellen Werten & Zuständen – Steuern via Prozessbilder



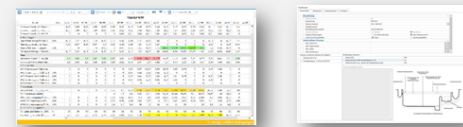
07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml



Prozessdaten | Analysieren | Auswerten



Dokumentieren | Berichten | Exportieren



## Chancen durch KI als digitales Assistenzsystem



Durchblick im Datenschwungel | Keine Datenfriedhöfe  
Informationen und Analysemöglichkeiten nutzen!

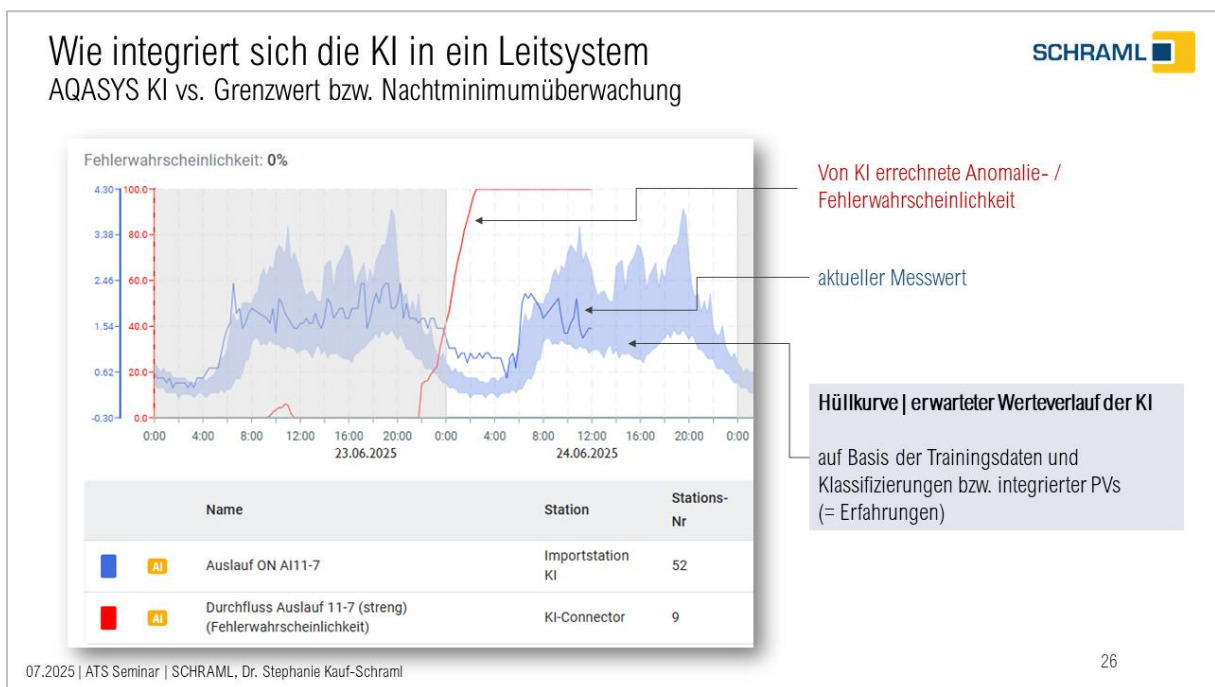
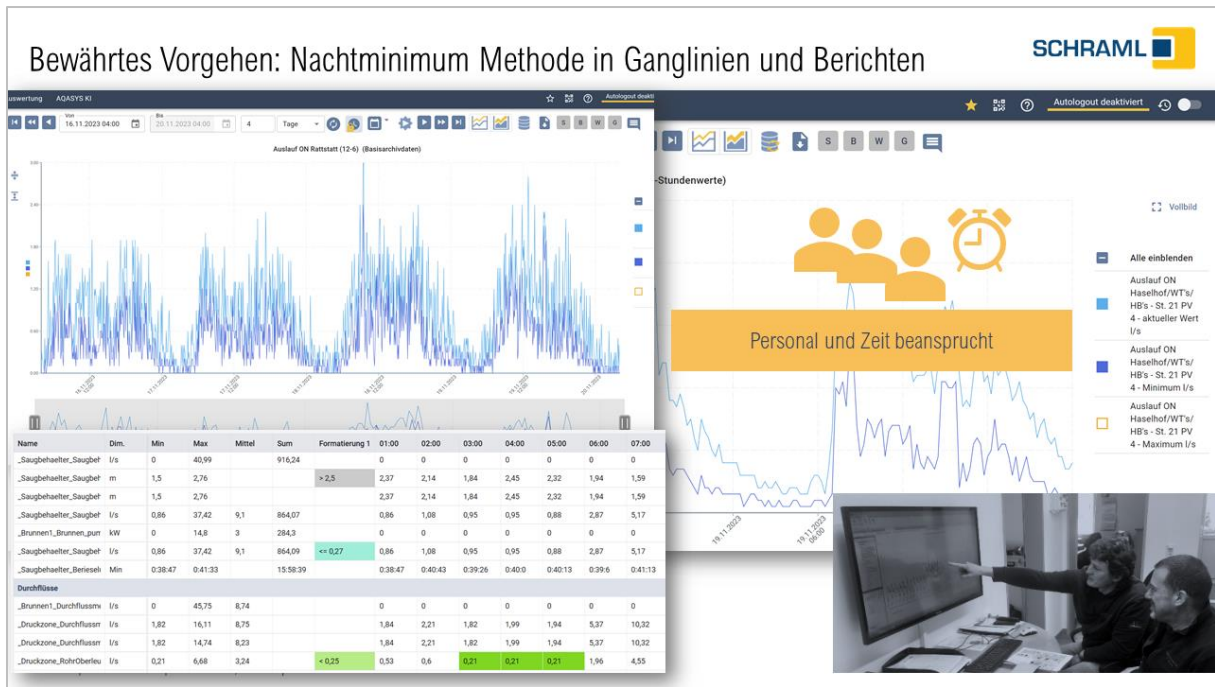
Anomalien sicher und frühzeitig erkennen  
- Keine Falschentwicklungen verpassen



Standard-, Fleißarbeiten durch KI  
(Maschine, Agenten)  
Wertvolle Zeit des Personals  
gezielt einsetzen

07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

24



## Wie integriert sich die KI in ein Leitsystem

SCHRAML



07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

27

## Eckpunkte zum Vortrag

SCHRAML



07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

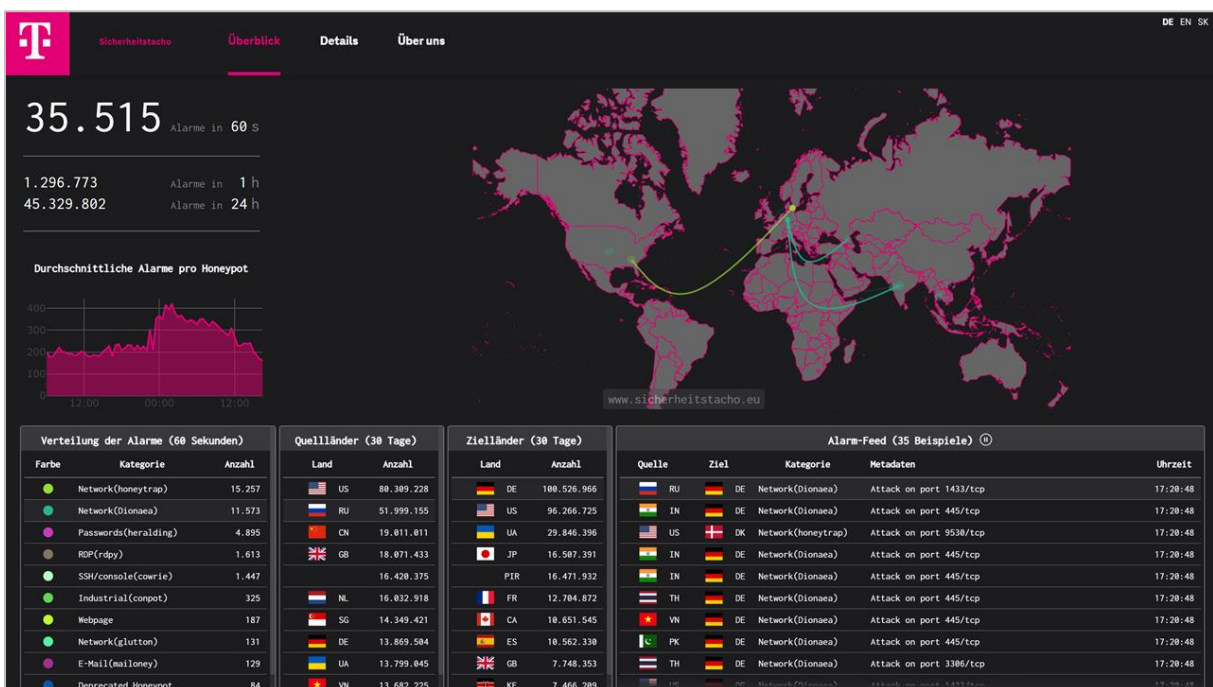
28

## Grundlegende Ziele | Kontext der Informationssicherheit

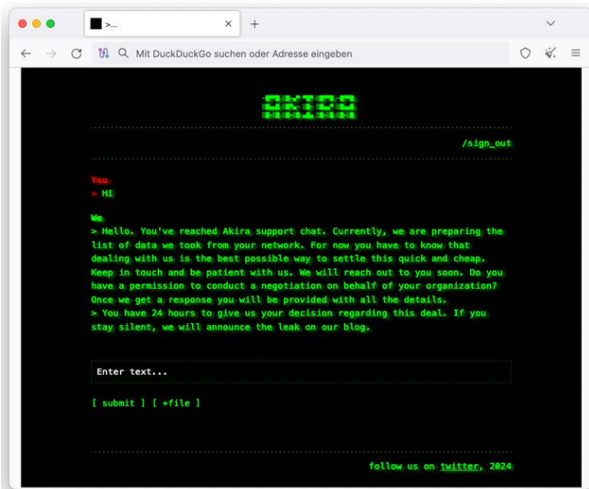


07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

29



## RANSOMWARE Angriff auf Südwestfalen IT (SIT)



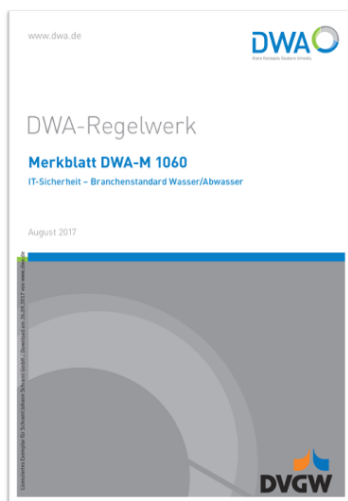
- wegen eines **schwachen Passworts | fehlender Mehrfaktor-Authentifizierung**
- schlecht gepflegte VPN-Appliance Anbindung
- Angreifer begannen am 18.10.2023, Zugangsdaten auszuprobieren und erbeuteten nach kurzer Zeit die VPN-Kennung eines SIT-Mitarbeiters
- Zugang nicht per Mehr-Faktor-Authentifizierung (MFA) gegen „Passwort-Raten“ geschützt
- ab 29.10.2023/30.10.2023 Verschlüsselung von ca. 960 Systemen
- Zusätzlich **ungepatchte Sicherheitslücke bei Firewall/VPN-Endpoint genutzt** (war seit September 2023 öffentlich bekannt)
- Scan-Aktivitäten von AKIRA wurden nicht unterbunden im Netzwerk
- Backups waren vorhanden, gesichert, durch Verschlüsselung nicht betroffen
- Keine Daten abgeflossen (nach SIT Info)
- Wiederaufbau der Systeme langwierig

<https://www.heise.de/news/Suedwestfalen-IT-Angreifer-ernten-Passwort-und-kamen-ueber-bekannte-Cisco-Luecke-9610102.html>  
Screenshot des Supportchats der Ransomware-Gruppierung Akira (B&K: heise security / cku)

07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

31

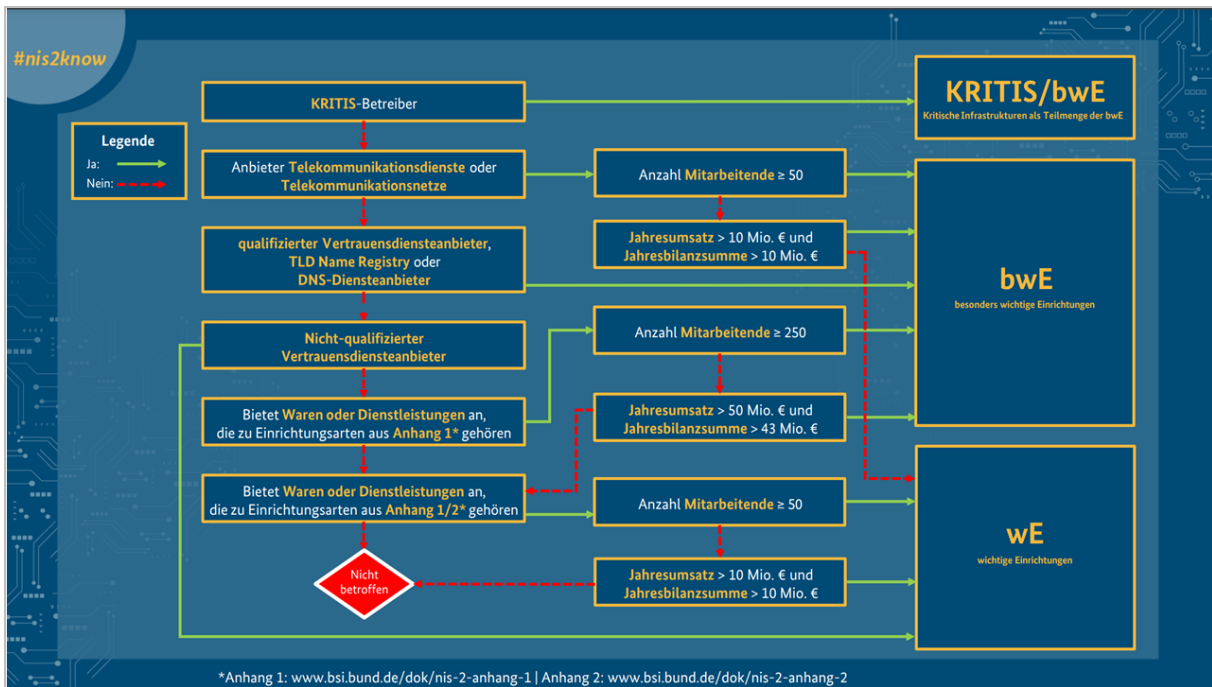
## DWA / DVGW Merkblatt (DWA-M 1060, DVGW W 1060) IT-Sicherheit – Branchenstandard Wasser/Abwasser (B3S)



„Der IT-Sicherheitsstandard für den Sektor **Wasser** dient als Grundlage für die Risikoabschätzung und die Durchführung von Maßnahmen zum Schutz der informationstechnischen Systeme, Komponenten oder Prozesse von Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsanlagen, **unabhängig davon, ob eine Anlage gemäß BSI-Kritisverordnung (BSI-KritisV) als Kritische Infrastruktur eingestuft ist.**“

07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml

32




**SCHRAML**


KRITIS | NIS | Cyber Resilience Act und Branchenstandards erfordern viele technische und organisatorische Maßnahmen

Hier: Kurzfokus auf PLS Fernzugriffe

- Unbeaufsichtigte Fernzugriffe** oder **schwache Passwörter** sind ernste Sicherheitsrisiken
- Einwahlverbindungen in Anlagen per Remote-Zugriffs-Software wie z.B. TeamViewer, nur dann aktiv (!) öffnen, wenn nötig (z.B. technischer Support vom Integrator) und vor Ort begleiten – und danach direkt wieder schließen
- Durchgängige (Benutzerrechte, Leitvorgangsdoku) sowie SSL/TLS verschlüsselte und authentifizierte Kommunikation via Leitsystem App und/oder Webclient + 2-Faktor-Authentifizierung


07.2025 | ATS Seminar | SCHRAML, Dr. Stephanie Kauf-Schraml 34







**SCHRAML** 

Relax – alles unter Kontrolle!

Dr. Stephanie Kauf-Schraml  
stephanie.schraml@schraml.de

  
www.schraml.de

Follow us! 

-  schraml\_team
-  SCHRAML GmbH
-  SCHRAML

# Die Digitalisierung der Wasser- wirtschaft

## BIM-Anwendungsfälle in der SiWaWi: Bestandserfassung und Visualisierung

Malte Mitsdoerffer

GFM Bau- und Umweltingenieure GmbH  
Anni-Albers-Straße 7  
80807 München

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 231

# BIM-Anwendungsfälle in der Siedlungswasserwirtschaft

Bestandserfassung und Visualisierung

2 BIM-Anwendungsfälle in der Siedlungswasserwirtschaft  
GFM Bau- und Umweltingenieure – Tätigkeitsbereiche

## TRAGWERKSPLANUNG

- Neubau
- Bauen im Bestand
- Spezialtiefbau



## OBJEKTPLANUNG

- Umbau
- Neubau
- Bauschadensanalysen
- Bauliche Sanierung



## KLÄRANLAGE

- Abwasserreinigung
- Schlamm- und Reststoffbehandlung
- Energetische Optimierung



## KANALISATION

- Kanalbau/-sanierung
- Pumpstationen
- Hydraulische Berechnungen
- Schmutzfrachtberechnung



## STRAßE

- Verkehrswegebau
- Erschließung
- Vermessung



## DIGITALES

- 3D-Laserscanning
- 3D-Modellierung (Gelände/ Gebäude/technische Anlagen)
- DISS



3 BIM-Anwendungsfälle in der Siedlungswasserwirtschaft  
Born|Ermel|Ingenieure - Fachgebiete

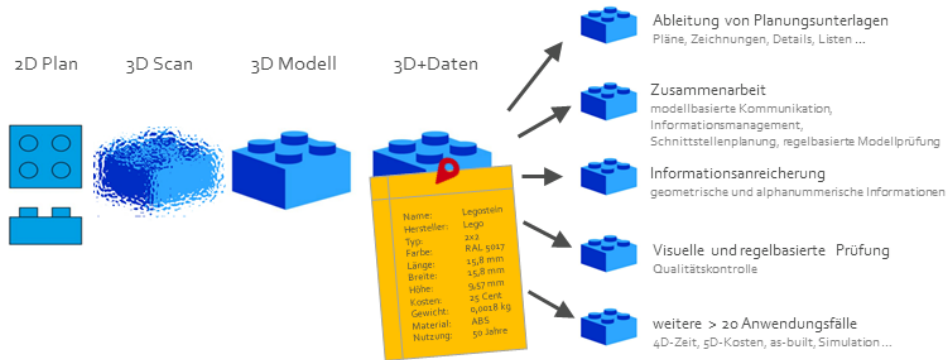
**BORN | ERMEL** Ingenieure **GFM**

 Abwasser	 Wasser	 Infrastruktur	 Schlamm
 Abfall	 Energie	 Industrie	 Elektrotechnik
 Bauwesen	 Altlasten / Deponien	 Projektmanagement	 Digitale Planung

# BIM - METHODIK

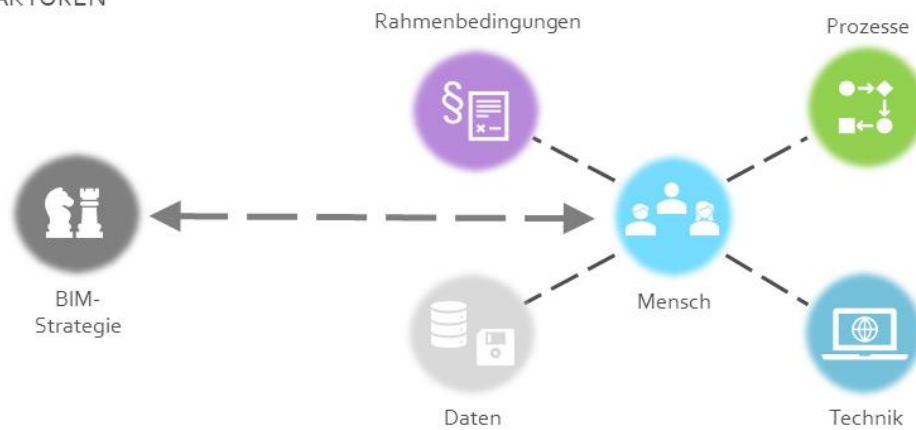
## Building-Information-Modelling (BIM)

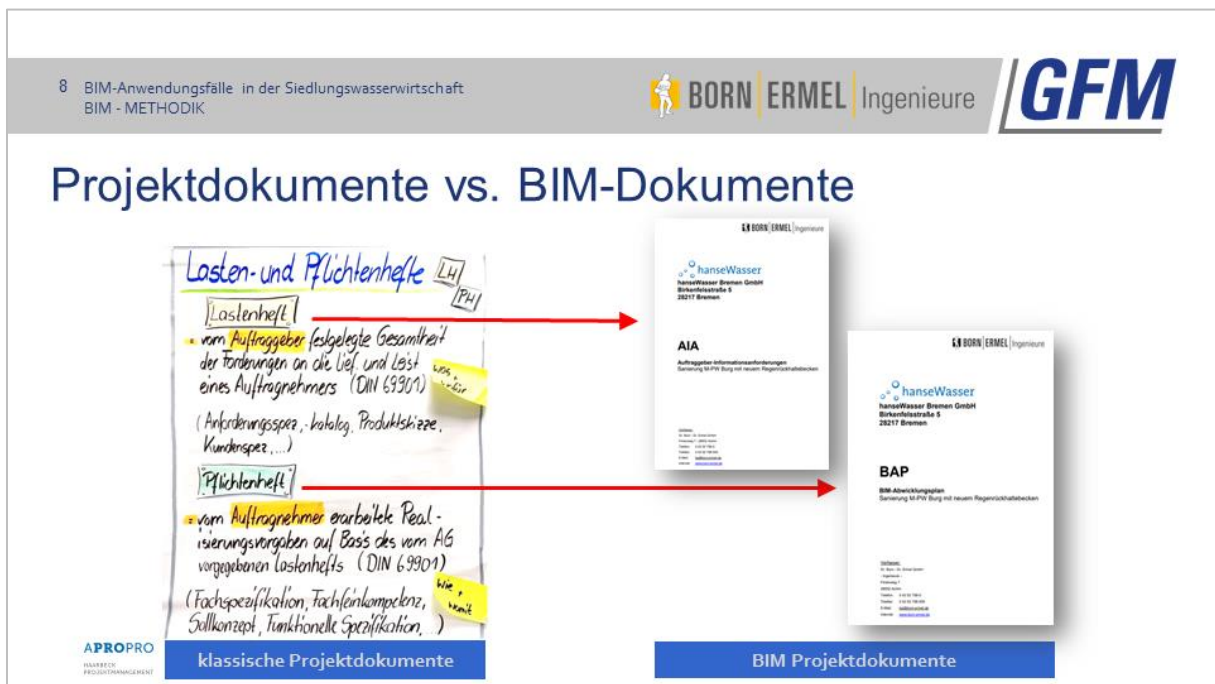
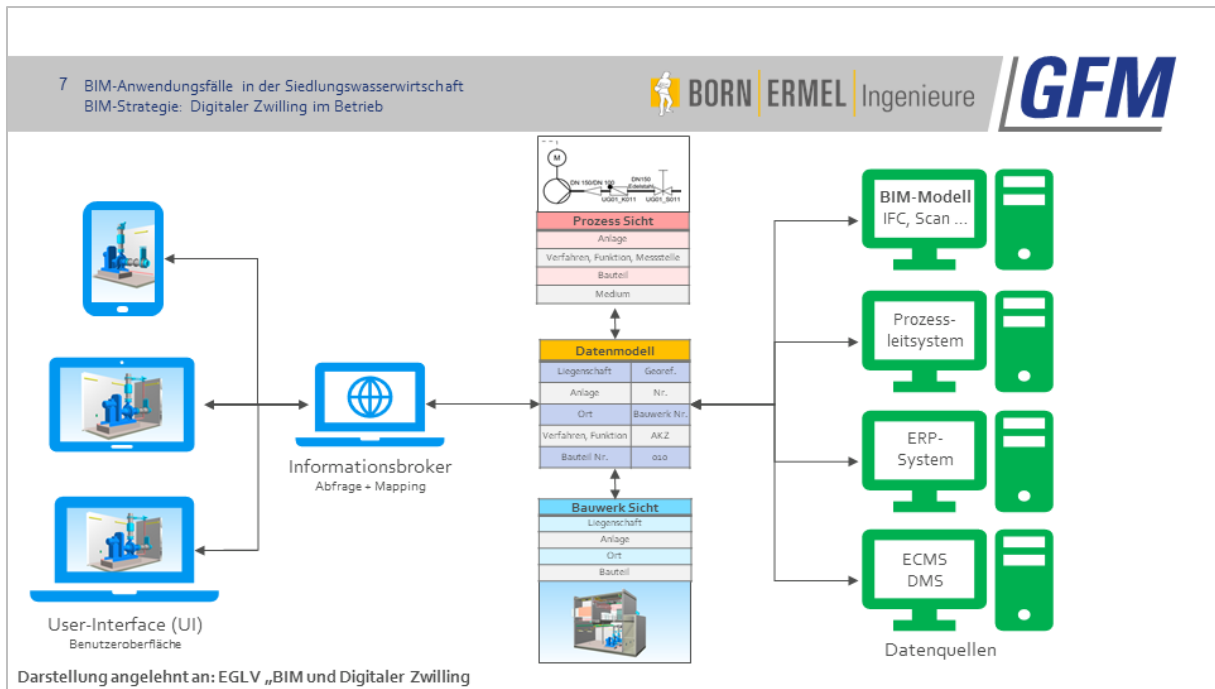
BIM steht für die Nutzung von **digitalen Hilfsmitteln** und den **zugehörigen Arbeitsmethoden**, um **Planungs-, Bau- und Betriebsprozesse** zu erleichtern bzw. **effektiver zu gestalten**.

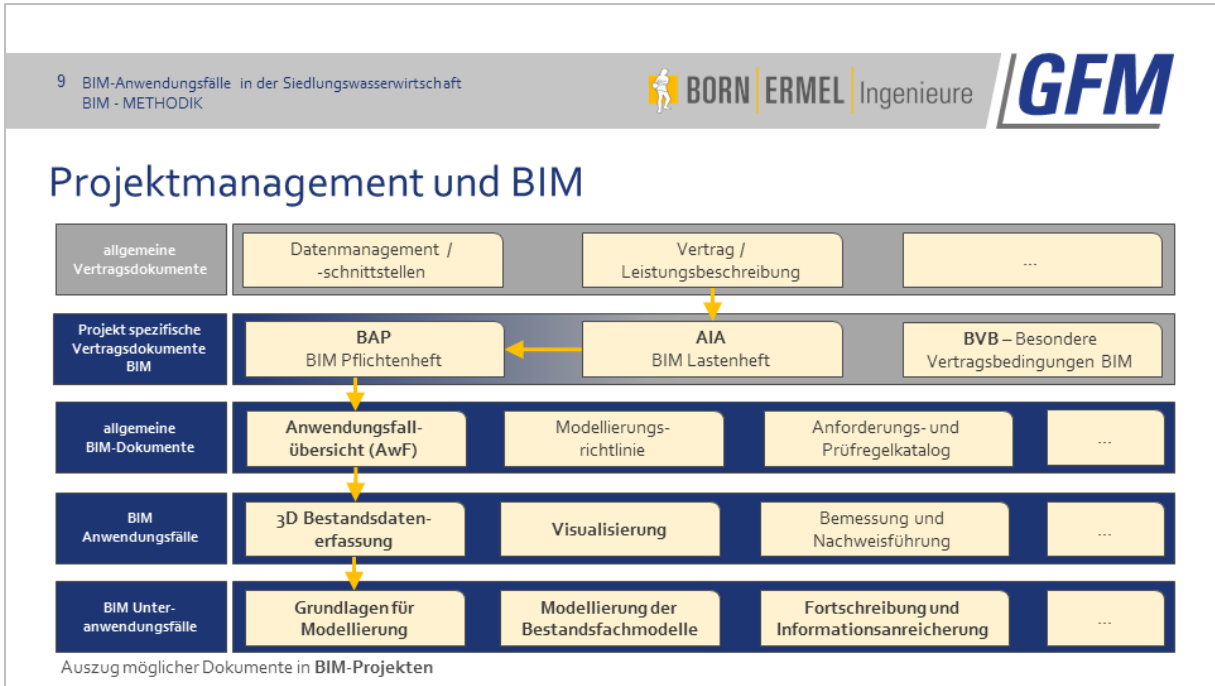


## Projektmanagement und BIM

5-BIM-FAKTOREN







10 BIM-Anwendungsfälle in der Siedlungswasserwirtschaft  
BIM - METHODIK

## Wo können uns BIM-Anwendungsfälle im Arbeitsalltag helfen?

Anwendungsfälle	Bedarf	Leistungsphasen HOAI								Betrieb	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
000 Grundsätzliches (Mindestanforderungen)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
010 Bestandserfassung und -modellierung	X	X	X	X		X					X
020 Bedarfsplanung	X										X
030 Planungsvarianten bzw. Erstellung haushaltsbegründender Unterlagen			X								
040 Visualisierung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
050 Koordination der Fachgewerke		X	X	X		X				X	X
060 Planungsschrittskontrolle und Qualitätsprüfung		X	X	X	X	X				X	
070 Bemessung und Nachweisführung			X	X		X				X	
080 Ableitung von Planunterlagen		X	X	X	X	X				X	X
090 Genehmigungsprozess					X					X	
100 Mengen- und Kostenermittlung			X	X		X	X			X	
110 Leistungsverzeichnis, Ausschreibung, Vergabe							X	X			
120 Terminplanung Ausführung				X		X		X	X		
130 Logistikplanung				X		X		X	X		
140 Baufortschrittskontrolle										X	
150 Änderungs- und Nachtragsmanagement										X	
160 Abrechnung von Bauleistungen										X	
170 Abnahme- und Mängelmanagement										X	X
180 Inbetriebnahmemanagement										X	
190 Projekt- und Bauwerksdokumentation	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
200 Nutzung für Betrieb und Erhaltung	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

# Bestandsdatenerfassung und -modellierung

12 BIM-Anwendungsfälle in der Siedlungswasserwirtschaft  
Bestandsdatenerfassung und -modellierung



BORN | ERMEL | Ingenieure

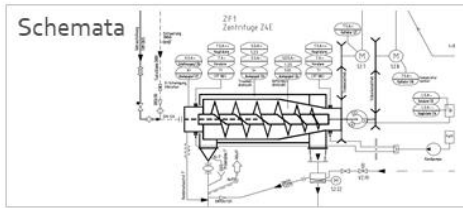
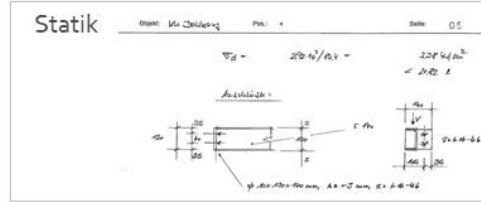
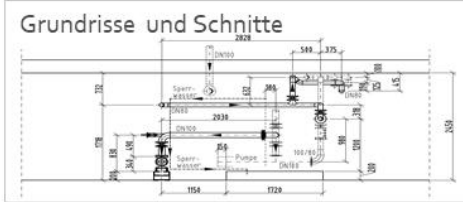
**GFM**

## AWF 010: Bestandsdatenerfassung und -modellierung



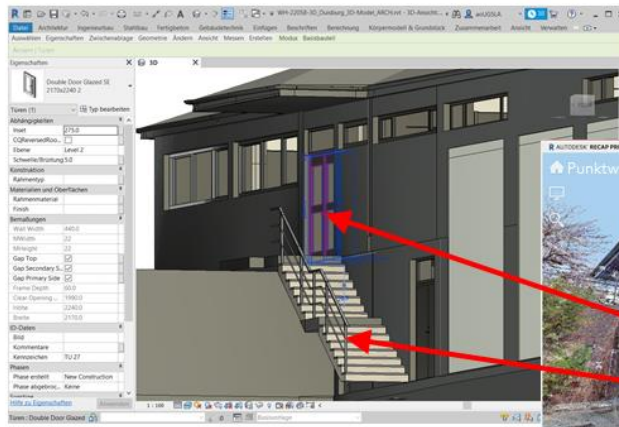
13 BIM-Anwendungsfälle in der Siedlungswasserwirtschaft  
Bestandsdatenerfassung und -modellierung

## AWF 010.1 - Grundlagen für Modellierung



14 BIM-Anwendungsfälle in der Siedlungswasserwirtschaft  
Bestandsdatenerfassung und -modellierung

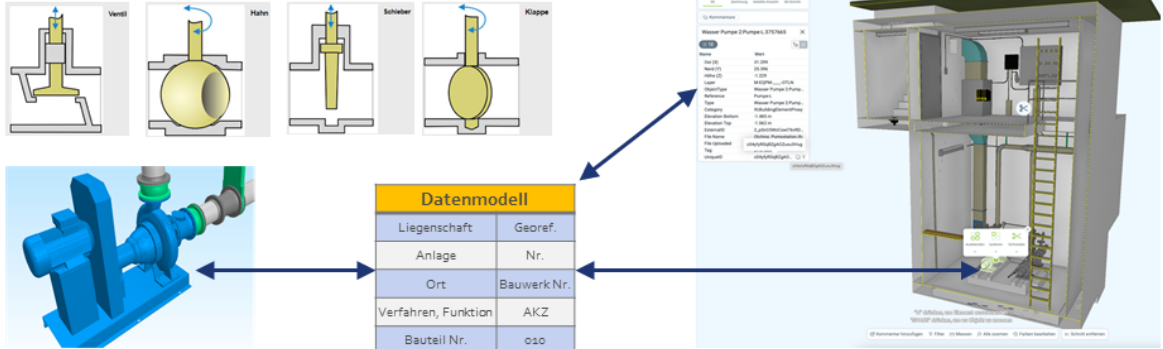
## AWF 010.2 - Modellierung der Bestandsfachmodelle



## AWF 010.3 – Fortschreibung und Informationsanreicherung

Die Bauteilinformationen sollten sich am Bedarf der Modellnutzer orientieren und können nach Leistungsbild, Leistungsphase, Anwendungsfall, Lieferzeitpunkt, etc. gegliedert sein.

Beispiel: Art der Armatur



# VISUALISIERUNG



## AWF 040 - Visualisierung

AWF 040

UAWF 040.100  
Fotorealistische Bilder

UAWF 040.200  
Animation / Film

UAWF 040.300  
interaktive Visualisierung

UAWF 040.400  
Virtuelle Begehung



## AWF 040 - Visualisierung

AWF 040

UAWF 040.100  
Fotorealistische Bilder

UAWF 040.200  
Animation / Film

UAWF 040.300  
interaktive Visualisierung

UAWF 040.400  
Virtuelle Begehung



## AWF 040 - Visualisierung

**AWF 040**

- UAWF 040.100  
Fotorealistische Bilder
- UAWF 040.200  
Animation / Film
- UAWF 040.300  
interaktive Visualisierung
- UAWF 040.400  
Virtuelle Begehung



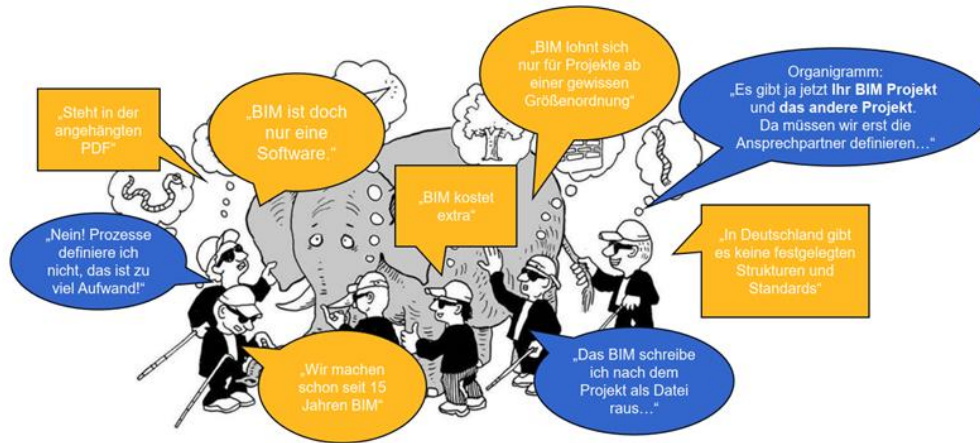
## AWF 040 - Visualisierung

**AWF 040**

- UAWF 040.100  
Fotorealistische Bilder
- UAWF 040.200  
Animation / Film
- UAWF 040.300  
interaktive Visualisierung
- UAWF 040.400  
Virtuelle Begehung



## Was bedeuten die 3 Buchstaben? **NICHT !**



# Die Digitalisierung der Wasser- wirtschaft

## Cyber-Sicherheit in der Informationsver- arbeitung

Viktoria Pauw

Leibniz-Rechenzentrum  
Boltzmannstraße 1  
85748 Garching

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 231



Leibniz Supercomputing Centre  
of the Bavarian Academy of Sciences and Humanities



## Datenmanagement und IT-Sicherheit am LRZ

ATS Seminar | 16.07.25 | LRZ Environmental Computing & Trusted Research  
Environments Team

Leibniz Rechenzentrum (LRZ) – der BAdW



BAYERISCHE  
AKADEMIE  
DER  
WISSENSCHAFTEN



<p><b>Institut der Bayerischen Akademie der Wissenschaften</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> ~ 270 employees approx.</li> <li> 262,5 Gbit/s internet connection</li> <li> 62 years of IT support</li> <li> 4,900 WLAN access points</li> </ul>	<p><b>IT Service Provider für die Münchener Universitäten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> 110,000 Studenten</li> <li> 30,000 Mitarbeiter</li> <li> 8,500 Wissenschaftler</li> </ul>	<p><b>IT Lösungen für die Wissenschaft</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> <b>HPC</b> High-Performance Computing</li> <li> <b>V2C</b> Virtual Reality und Visualisierung</li> <li> <b>QC</b> Quantum-computing</li> <li> <b>Big Data</b> Competence Centre</li> </ul>	
--	---	---	--

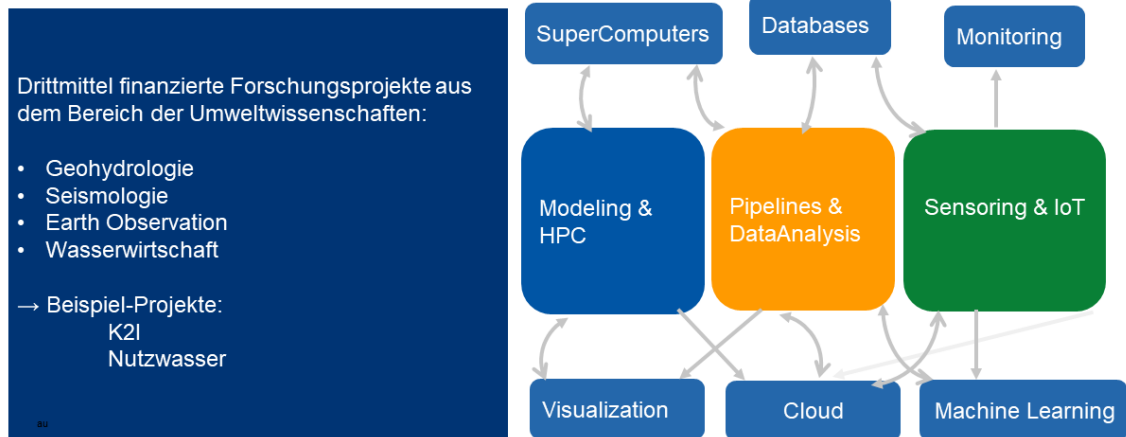
Leibniz Supercomputing Centre | Lorentz Center Workshop "Digital Twin Earth" | 2023

3

LRZ Environmental Computing Team




Environmental Computing (EnvComp)



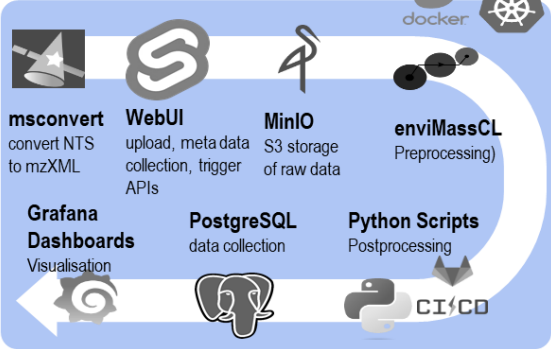
4

LRZ Environmental Computing Team

## K<sup>2</sup>I Projekt – Künstliche Intelligenz im Wasser Monitoring



- Tracking Surface water trace substances
- only a fraction can be identified by „Target Screening“
- LC-HRMS „Non-Target Screening“ (NTS)
- Security: Minimal Ports open, Kubernetes isolating components in Containers and VMs, Monitoring



**msconvert** convert NTS to mzXML

**WebUI** upload, meta data collection, trigger APIs

**MinIO** S3 storage of raw data








**enviMassCL** Preprocessing

**PostgreSQL** data collection

**Python Scripts** Postprocessing

**Grafana Dashboards** Visualisation

**CI/CD**

Leibniz Supercomputing Centre | Lorentz Center Workshop "Digital Twin Earth" | 2023

5

Projekte des LRZ Environmental Computing Team

## Nutzwasser Project





- Mehrfachnutzung von Wasser erhöhen
- Wasserqualität prüfen
- Bedarf abschätzen durch Wetterbericht und Boden-Messungen
- Daten sammeln in Cloud → Dashboards
- LoRa verschlüsselt



Test-Gewächshäuser in Schweinfurt



Monitoring von Regen und Bodenfeuchte



Leibniz Supercomputing Centre | Lorentz Center Workshop "Digital Twin Earth" | 2023

6

LRZ Environmental Computing Team

## Nutzwasser Projekt

- Internet of Things (IoT)
- LRZ compute cloud gesichert durch Security Groups
- Visualisierung und Monitoring mit Grafana mit beschränktem Zugang
- Website: <https://www.nutzwasser.org>

Leibniz Supercomputing Centre | Lorentz Center Workshop "Digital Twin Earth" | 2023

LRZ TRE Team

## Trusted Research Environment (TRE)

Drittmittel finanzierte Forschungsprojekte aus dem Bereich hochsensible Daten und Sichere Forschungs-Clouds:

- Medizin
- Genetik
- Persönliche Daten

→ Beispiele:

- GHGA
- DigiMed

8

DigiMed Bayern  
Traditionelle Forschungsmodelle



- Dezentralisierte Server (Abteilungen)
- Laptops und persönliche Geräte
- Inkonsistente Security patch und update-Verwaltung
- Physische Datensicherheit oft nachrangiger Gesichtspunkt
- keine globaler Übersicht des Datenzustandes oder der Zugriffe darauf

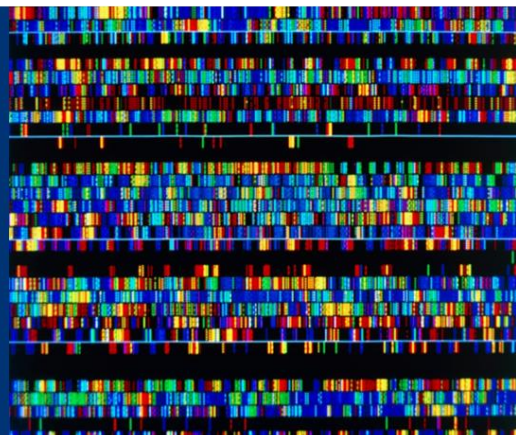


9

DigiMed Bayern  
Motivation GHGA – German Human Genom Archive



- Aktuelle Forschungsdaten übersteigen die Möglichkeiten lokaler IT-Infrastrukturen
- Ein sequenziertes menschliches Genom benötigt gut 700 MB Speicherplatz
- die Genomdaten direkt aus einem sequencer benötigen mehr als 180 GB Speicherplatz



[https://media.nature.com/lw767/magazine-assets/d41586-021-01506-w/d41586-021-01506-w\\_19225050.jpg](https://media.nature.com/lw767/magazine-assets/d41586-021-01506-w/d41586-021-01506-w_19225050.jpg)

10

DigiMed Bayern

## Herausforderungen erkennen



Verlust von Daten (besonders Genomdaten) kann zu schwerwiegenden Konsequenzen führen

Die Einschätzung der Datenkritikalität ist eine Frage der Perspektive

→ Hacker oder staatliche Akteure schätzen Wichtigkeit anders ein als einzelne Forscher

Externe IT-Anbieter müssen vertrauenswürdig sein → überprüfbare Nachweise?



[https://tbttech.co/wp-content/uploads/2022/11/79beb02c8543b9bdf14aba1e.jpg.rendition.intel\\_web\\_864\\_486.jpg](https://tbttech.co/wp-content/uploads/2022/11/79beb02c8543b9bdf14aba1e.jpg.rendition.intel_web_864_486.jpg)

11

DigiMed Bayern

## C I A



**Confidentiality:** Sicherstellen, daß Daten geheim bleiben – vor unberechtigtem Zugriff geschützt

**Integrity:** Daten sind vertrauenswürdig → keine unerlaubten/unerkannten Veränderungen

**Availability:** Daten sind jederzeit für Analysen verfügbar

→ Confidentiality ist im Bereich bei hochsensiblen Daten meist der wichtigste Punkt  
einmal gebrochen, kann Confidentiality nicht mehr wieder hergestellt werden:  
"Data Leak"

→ Integrity kann durch Checks erfasst und durch Redundanzen wiederhergestellt werden

12

DigiMed Bayern  
**Trusted Research Environments**

Option: Datenhaltung in Ländern mit hohen regulatorischen Sicherheitsstandards

Digimed Secure Cloud:  
 Datenverschlüsselung 'at rest' und 'in flight'

→ Verschlüsselung während der Verarbeitung

→ Daten sind vor unerlaubten Veränderungen geschützt

**DigiMed Cloud**

13

DigiMed Bayern  
**TRE DigiMed Cloud**

Zentral administrierte, sichere und skalierbare Speicher- und Computeleistungen

Zentral: Verwaltung durch Sicherheits-affine IT-Spezialisten

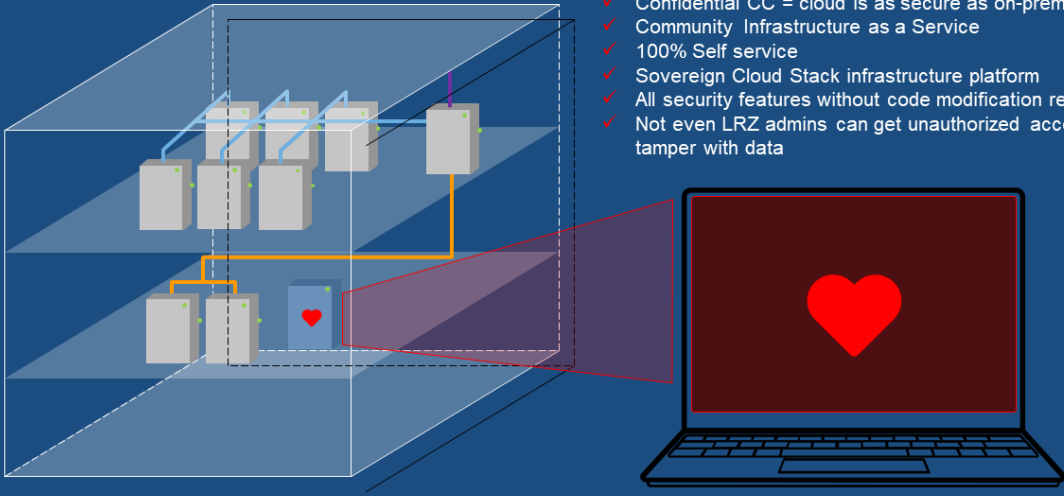
Sicher: Systemdesign basierend auf best practices, kein 'Aufbohren' vorhandener IT-Strukturen

Skalierbarkeit: Dynamische Adaptierung an aktuellen Rechenleistungs- und Speicherbedarf

N. Zhou, F. Dufour, V. Bode, P. Zinterhof, N. J. Hammer, and D. Kranz Müller, "Towards Confidential Computing: A Secure Cloud Architecture for Big Data Analytics and AI," in IEEE International Conference on Cloud Computing (IEEE CLOUD), (Chicago, Illinois, USA), 2023.  
 Introduction to the LRZ Resources | 22.01.24 | PD. Dr. Juan J. Durillo, Dr. Niels Fallenbeck, Dr. Naweiluo Zhou

14

DigiMed Bayern  
Trusted Research Environment (Forschungs-Cloud)



lrz

- ✓ Confidential CC = cloud is as secure as on-premises
- ✓ Community Infrastructure as a Service
- ✓ 100% Self service
- ✓ Sovereign Cloud Stack infrastructure platform
- ✓ All security features without code modification required
- ✓ Not even LRZ admins can get unauthorized access or tamper with data

DigiMed Bayern  
Trusted Research Environment (Forschungs-Cloud)



lrz

**Security**

- ✓ Physische Schutzmechanismen
- ✓ End-to-end Verschlüsselung
- ✓ Umfassendes Sicherheitskonzept
- ✓ Threat-Model und Mitigation

**Privacy**

- ✓ Pseudonymization of data
- ✓ Logische und kryptographische Trennung der Nutzer

**Sustainability**

- ✓ Skalierbarkeit und Zukunftsfestigkeit
- ✓ Integration mit Multi-Cloud Federation

IT expertise      Legal expertise

- ✓ **Gesetz:** Änderung in Art. 27 Abs. 4 S. 6 of the Bayerischen Krankenhausgesetzes („BayKrG“)
- ✓ **GDPR:** General Data Protection Regulation
- ✓ **AVV:** Auftragsverarbeitungs-Vertrag
- ✓ **TOMs:** Technical and Organisational measures
- ✓ **DSFA:** Datenschutzfolgen-Abschätzung
- ✓ **ISO:** Gap analysis
- ✓ **Nutzungs-Regulierung:** Training für Nutzer in Sicherheitsfragen

DigiMed Bayern



## Vertrauenswürdigkeit:

Vereinheitlichung der Planung und Überwachung der Sicherheitsfeatures:

In der Cloud:

- Sicherheit von Experten(-Team) gewährleistet
- Sicherheitsmassnahmen werden konsistent über alle Projekt durchgeführt
- Automatische 24/7 Überwachung



[https://tbttech.co/wp-content/uploads/2022/11/79beb02c8543b9bdf1f4aba1e.jpg.rendition.intel\\_web\\_864.486.jpg](https://tbttech.co/wp-content/uploads/2022/11/79beb02c8543b9bdf1f4aba1e.jpg.rendition.intel_web_864.486.jpg)

17

DigiMed Bayern



## Confidentiality durch Verschlüsselung

Physische oder logische (Netzwerk) Kompromittierung: Daten sind 'unlesbar'

Encryption at rest:

- Sämtliche Daten auf Speichermedien sind IMMER verschlüsselt
- Diebstahl von Datenträgern lediglich finanzielles 'Ärgernis'
- Durchsetzbarkeit: User muss nicht eingebunden werden

Encryption in flight:

- Netzwerkebene mit Transportverschlüsselung (z.B. TLS/SSL)
- Abhörsicherheit

18

## Weitere Vorteile einer Secure cloud



- Professionelles Management: interessierte Laien ↔ Vollzeitkraft mit entsprechender Ausbildung
  - Verschlüsselung: Schützt die Daten auch wenn andere Fehler geschehen sollten
  - Robuste Isolation:  
Sicherheitsvorfälle bleiben lokal (virtuelle Maschinen)
  - Nachvollziehbarkeit:  
audit trail
- Schutz von intellectual property, Ruf, Vertrauen in die Einrichtung

19

## Potentielle Schwierigkeiten



- Entscheidung pro/contra Cloud-Nutzung (regulatorische, psychologische, organisatorische Hemmnisse)
- Migration von workflows: Anteil lokaler IT vs. Cloud-IT
- Kosten: was kostet die aktuelle IT? Wie entwickelt sich die Kostenstruktur?
- Planungsbedarf/Entscheidungsbedarf: 'Motor'
- "Elefant im Raum": Amazon Web Services (AWS)

20

DigiMed Bayern  
Danke für Ihre Aufmerksamkeit

Environmental Computing Team:

Leads:

- Viktoria Pauw (pauw@lrz.de – admin)
- Mohamad Hayek (hayek@lrz.de – tech)

Trusted Research Environment Team:

Leads:

- Peter Zinterhof (zinterhof@lrz.de – admin)
- Naweiluo Zhou (zhou@lrz.de – tech)



# Die Digitalisierung der Wasser- wirtschaft

Einsatz von KI für Betrieb und Service

Rainer Köhler

Huber SE  
Industriepark Erasbach A1  
92334 Berching

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 231

16. Juli 2025

**HUBER  
TECHNOLOGY**  
WASTE WATER Solutions

# Künstliche Intelligenz für Betrieb & Service

Die Digitalisierung der Wasserwirtschaft  
52. Abwassertechnisches Seminar (ATS)

Rainer Köhler  
Chief Sales Officer  
HUBER SE



[www.huber.de](http://www.huber.de)

**Agenda**

- ◆ Herausforderungen & Zielsetzung
- ◆ Künstliche Intelligenz – Grundlagen
- ◆ Anwendungsfälle & Praxisbeispiele
- ◆ Vorteile & Mehrwerte
- ◆ Fazit & Ausblick


**HUBER  
TECHNOLOGY**  
WASTE WATER Solutions





[www.huber.de](http://www.huber.de)

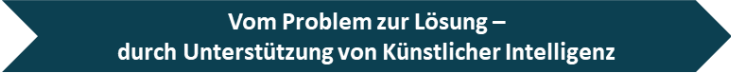
## Herausforderungen und Zielsetzung in der Verfahrenstechnik

Einsatzgebiete im Überblick



Herausforderungen	Einsatzgebiete
<ul style="list-style-type: none"> <li> Ungeplante Stillstände &amp; Ausfälle</li> <li> Ineffizienter Ressourceneinsatz</li> <li> Aufwendige manuelle Inspektion &amp; Datenerfassung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> Bedarfsgerechte Wartung</li> <li> Optimierung von Prozessen</li> <li> Automatisierung manueller Tätigkeiten</li> </ul>








Vom Problem zur Lösung –  
durch Unterstützung von Künstlicher Intelligenz

[www.huber.de](http://www.huber.de)


## Künstliche Intelligenz – Grundlagen



KI-Werkzeuge	KI-Modelle
<ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Datenanalyse-Tools</b> Erkennen von Mustern, Zusammenhängen &amp; Anomalien</li> <li> <b>Visualisierungs-Dashboards</b> Schnelle Insights in Kennzahlen und Prozesszustände</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Vorhersagemodelle</b> Wartungstermine im Voraus planen</li> <li> <b>Optimierungsalgorithmen</b> Automatisches Generieren von Vorschlägen zur Parameter-Anpassung zur Effizienzsteigerung</li> </ul>



KI-Werkzeuge helfen dabei,  
aus Rohdaten neue Erkenntnisse zu ziehen



KI-Modelle setzen Erkenntnisse in einsatzfähige  
Algorithmen um, die optimieren und steuern

Künstliche Intelligenz beschreibt **Verfahren** und Systeme, die  
aus **Daten lernen**, **Muster erkennen** und auf dieser Basis **Entscheidungen treffen** oder **Vorhersagen machen** –  
und das weitgehend **selbstständig**, ohne jede Regel vorher manuell vorgeben zu müssen.

[www.huber.de](http://www.huber.de)

## Erkennen von Verschleißzuständen

Anwendungsfall – Bedarfsgerechte Wartung



### Herausforderung

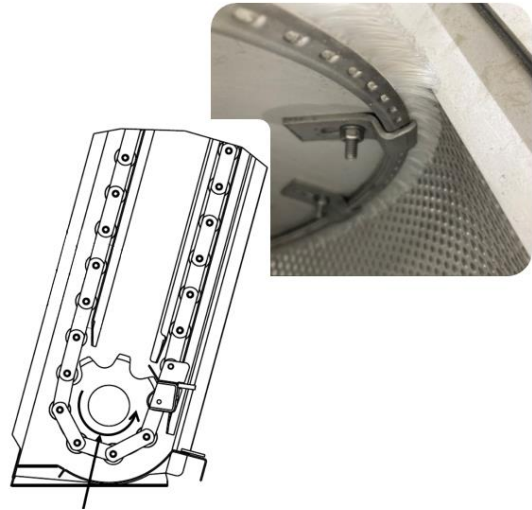
Erkennen des **passenden Zeitpunkts** zur **Wartung** von Maschinenkomponenten

### Lösung

Erkennung der **Abweichungen** vom ursprünglichen **Soll-Zustand**

### Der Weg zur Lösung

**Analyse** aufgenommener Sensor- & Aktor-Daten mit **KI-Werkzeugen** zum Herausarbeiten der **Zusammenhänge & Zustandsänderungen** im **zeitlichen Verlauf** zur Angabe des **bedarfsgerechten Wartungszeitpunkts** während des Betriebs



[www.huber.de](http://www.huber.de)

## Erkennen von Verschleißzuständen

Anwendungsfall – Analyse einer sinkenden werdenden Entwässerungsleistung der Schlamm entwässerung Q-PRESS®



### Daten

Mit Hilfe von **KI-gestützten** Verfahren werden aus umfangreichen Betriebsdaten relevanten Merkmale – **Durchfluss & Leistung** – identifiziert.



### Insights

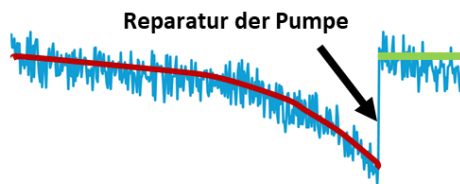
Ein Zusammenhang zwischen sinkendem Durchfluss und steigender Leistung wurde als Indikator für beginnenden Verschleiß erkannt



### Aktion

Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen wird gezielt gehandelt – Austausch der Pumpe bei Unterschreiten definierter Grenzwerte

**Sich verschlechterndes Entwässerungsergebnis**




**Verbessertes & stabilisiertes Entwässerungsergebnis**

[www.huber.de](http://www.huber.de)

## Erkennen von Verschleißzuständen

Anwendungsfall – Bedarfsgerechte Wartung der Beschickungspumpe für die Entwässerung mit Q-PRESS®





**Daten**

**Insights**

**Aktion**


**Benefits**

**Gezielte Wartung statt Routine**

- ▶ Vermeidung ungeplanter Stillstände
- ▶ Reduzierung von Kosten

**Schonender & stabiler Betrieb**

- ▶ Geringere Leistungsaufnahme & niedrigerer Energieverbrauch
- ▶ Stabilisierung des Prozesses



[www.huber.de](http://www.huber.de)

## Optimierung der Q-PRESS® Regelung

Anwendungsfall – Optimierung von Prozessen



**Herausforderung**

Gleichmäßiger, stabiler & zuverlässiger Betrieb bei gleichzeitig hohem Entwässerungsergebnis  
Bisher Regelung individuell über Druck → Drehzahl

**Lösung**

Entwicklung eines **patentierten Reglers** für die **Beschickung** der Q-PRESS® zur Schlammwässerung  
Regelung über Druck **und** Drehmoment → Drehzahl

**Der Weg zur Lösung**

**Analyse** aufgenommener Sensor- & Aktor-Daten mit **KI-Werkzeugen** zum Herausarbeiten der **Zusammenhänge** zur Weiterentwicklung des Ablaufprogramms mit einer **optimierten Beschickungsregelung**



[www.huber.de](http://www.huber.de)

## Computer Vision zur Rechengutererkennung

Anwendungsfall – Automatisierung manueller Tätigkeiten



### Herausforderung

Erkennen des entnommenen Rechenguts zum **Schutz** des Rechens & weiterer Maschinen **vor Beschädigungen**

### Lösung

Entwicklung einer **automatischen**, KI-basierten **Überwachung**

### Der Weg zur Lösung

Entwicklung eines KI-basierten **Computer Vision Modells**, das die **Überwachung** des **ankommenden Rechenguts** im Rechen in **Echtzeit** ermöglicht und beim **Erkennen von ungewöhnlichen Rechengut** oder **Störstoffen** den **Betreiber informiert**



### Weiterentwicklung

**Aufnahme der tatsächlichen Rechengutmenge** und darauf basierend Steuerung nachgeschalteter Aggregate

[www.huber.de](http://www.huber.de)

## Ersatzteilmanagement

Anwendungsfall – Optimierter Service



### Herausforderung

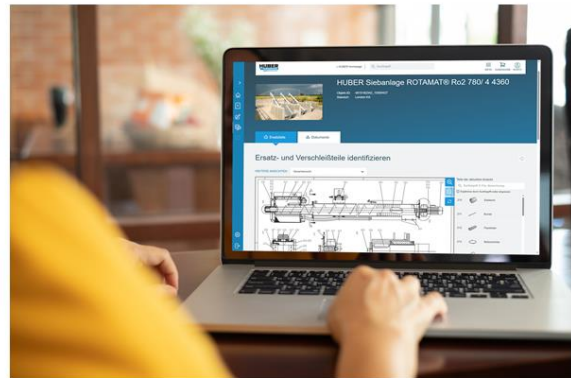
**Zeitaufwändige** und **komplizierte** Suche nach Ersatzteilen durch den Kunden

### Lösung

Webshop ermöglicht schnelle & unkomplizierte Identifikation und schafft damit die Basis für KI-gestützte Prognosen & Produktempfehlungen

### Der Weg zur Lösung

Analyse von Bestellhistorien mit **KI-Werkzeugen** zur **Identifikation** von **Bedarfsmustern** und automatischer **Produktempfehlung** auch in Verbindung mit Verschleißerkennung










[www.huber.de](http://www.huber.de)

## Vorteile & Mehrwerte

Was bringt KI im Einsatz & Service?













<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;">Zuverlässiger &amp; eingriffsarmer Betrieb</div> <ul style="list-style-type: none"> <li> Kontinuierliche Systemüberwachung</li> <li> Automatische Anomalie- und Fehlererkennung</li> <li> Automatische Betriebsparameter-Empfehlungen</li> </ul>	<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;">Entlastung beim Fachkräftemangel</div> <ul style="list-style-type: none"> <li> Übernahme manueller Routinetätigkeiten</li> <li> Planbare und zielgenaue Wartungen bei echtem Bedarf</li> <li> Reduzierter spezifischer Know-How Bedarf durch integriertes Wissen</li> </ul>
<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;">Steigerung der Effizienz</div> <ul style="list-style-type: none"> <li> Adaptive Prozesssteuerung für geringeren Einsatz von Betriebsstoffen (Energie   Chemikalien)</li> <li> Verminderte Ausfallkosten durch frühzeitige Warnung</li> <li> Optimierter Service</li> </ul>	<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;">Nachhaltigkeit &amp; Zukunftssicherheit</div> <ul style="list-style-type: none"> <li> Verbesserte Wasserqualität</li> <li> Geringere Umweltbelastung</li> <li> Niedriger Stromverbrauch &amp; saubere Energie</li> </ul>

[www.huber.de](http://www.huber.de)


## Fazit & Ausblick

KI als Brücke in die neue Ära



<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;">Rolle Künstlicher Intelligenz</div> <ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Wissenskatalysator</b> Verwandelt historische Betriebsdaten in praxistaugliche Erkenntnisse</li> <li> <b>Automatisierungs-Motor</b> Setzt diese Erkenntnisse in automatisierte Regelkreise um</li> <li> <b>Innovations-Treiber</b> Eröffnet neue Möglichkeiten von Predictive Maintenance bis autonomem Service</li> </ul>	<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;">Nächste Schritte</div> <ul style="list-style-type: none"> <li> <b>Pilotprojekt</b> Entwickeln &amp; Testen von KI-Lösungen mit Partnern</li> <li> <b>Roll-out &amp; Skalierung</b> Ausrollen von Lösungen und Aufnahme ins Portfolio</li> <li> <b>Rahmen schaffen</b> Datenstrategie, IT-Sicherheit und Schulungen fest verankern</li> </ul>
<div style="background-color: #003366; color: white; padding: 5px; text-align: center; font-weight: bold;">Herausforderungen</div> <ul style="list-style-type: none"> <li> Technologieskepsis – Datensicherheit und -eigentum</li> <li> Personalsituation für Spezialistenwissen</li> <li> IT – OT Sicherheit</li> </ul>	

[www.huber.de](http://www.huber.de)



*Mit Künstlicher Intelligenz verbindet HUBER  
verfahrens- und maschinentechnisches Know-how mit digitalen Lösungen –  
und eröffnet den Weg von etablierten, isolierten Einzelmaschinen  
hin zu integrierten, hochautomatisierten und optimierten Systemen*

[www.huber.de](http://www.huber.de)



**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**



[www.huber.de](http://www.huber.de)

# Die Digitalisierung der Wasser- wirtschaft

Messmer Steuerungstechnik Biologie

Stefan Rose

Stadtentwässerung Schweinfurt  
Schulgasse 13  
97424 Schweinfurt

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 231



erstellt von Stefan Rose



Informationen auf unserer Internetseite



Stadtentwässerung  
**SCHWEINFURT**  
Immer klares Wasser


### Optimierung der Belebungsbecken

#### Umstellung auf das ENCOFLOW® System



**RMU**  
Rudolf Messner  
Umwelttechnik






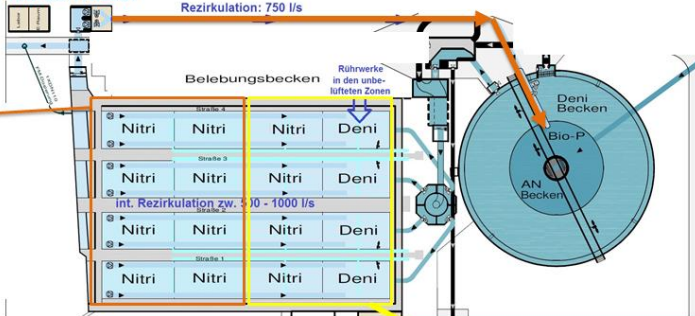
Stadtentwässerung  
**SCHWEINFURT**  
Immer klares Wasser

### Erneuerung der Belüftung inkl. Steuerung

#### bis 2015 Betriebsweise:

3.&4. Kaskade  
Dombelüfter  
Dauerbelüftung





Rezirkulation: 750 l/s

Belebungsbecken


Rührwerke in den unbelüfteten Zonen




Deni Becken  
Bio-P  
AN Becken

int. Rezirkulation zw. 50 - 1000 l/s

Ablauf  
Mechanik  
+ RLS

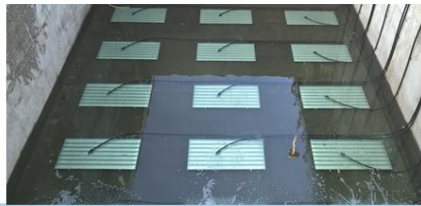
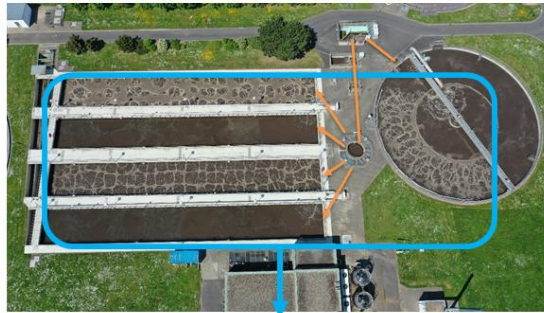
1.&2. Kaskade  
Plattenbelüfter



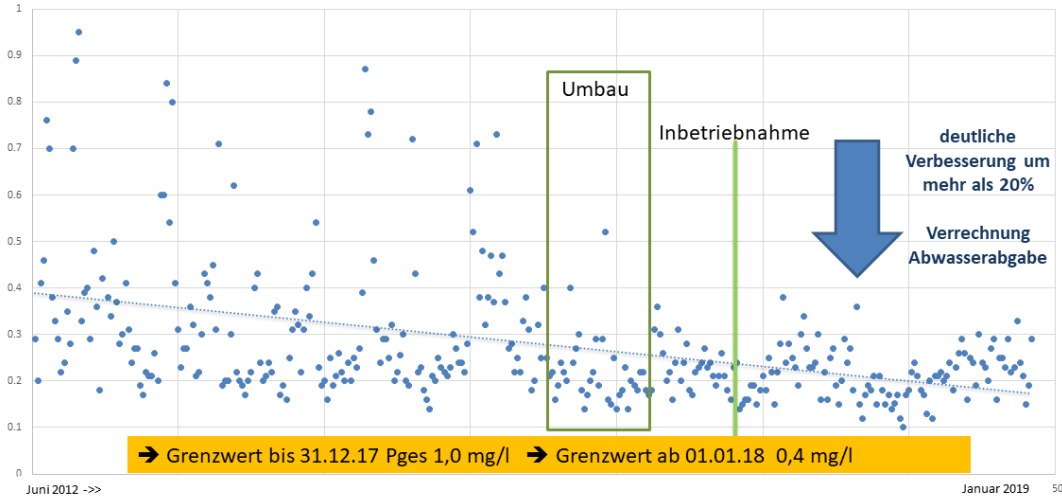
**Erneuerung der Belüftung inkl. Steuerung**

2015/2016:  
RMU Belüfter  
RMU Steuerung der Belüftung,  
**intermittierende Belüftung  
mit Propfenströmung**  
(Wegfall von 8 Rührwerken +  
8 internen Rezi-Pumpen)



**Erneuerung der Belüftung inkl. Steuerung**  
**Verbesserung Parameter Pges**

Pges-Werte Endablauf - Zeitbereich v. Mitte 2012 – Januar 2019 - 2h Messprogramm



### Erneuerung der Verdichter



4 HV Turboverdichtern (Bj. 1993)

- Ersatzteile
- teils max. Druckbereich
- Effizienz



**4 neue Verdichter (3 Baugrößen)**  
magnetgelagert, FU-Betrieb, Schraubenverdichter

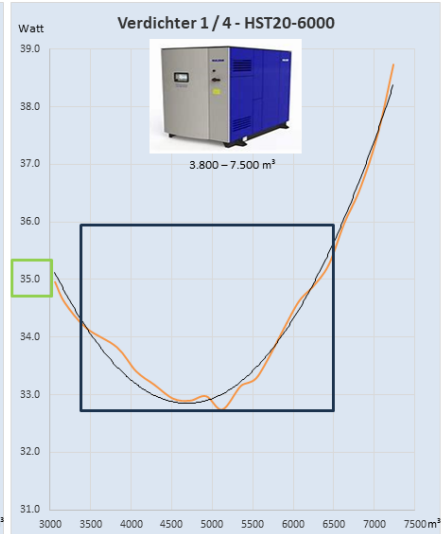
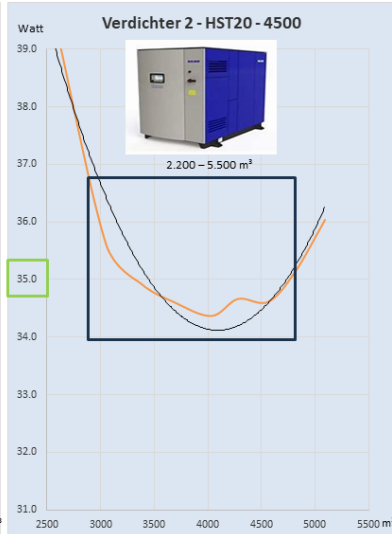
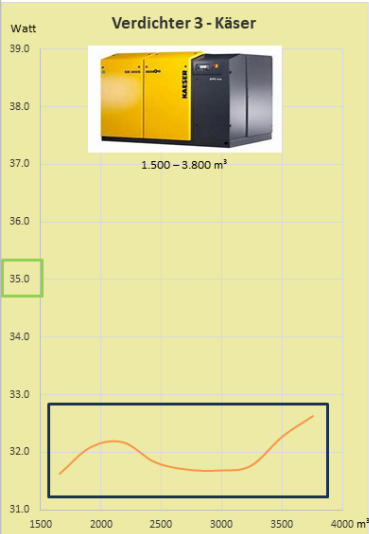


Berechnung der Einsparung:

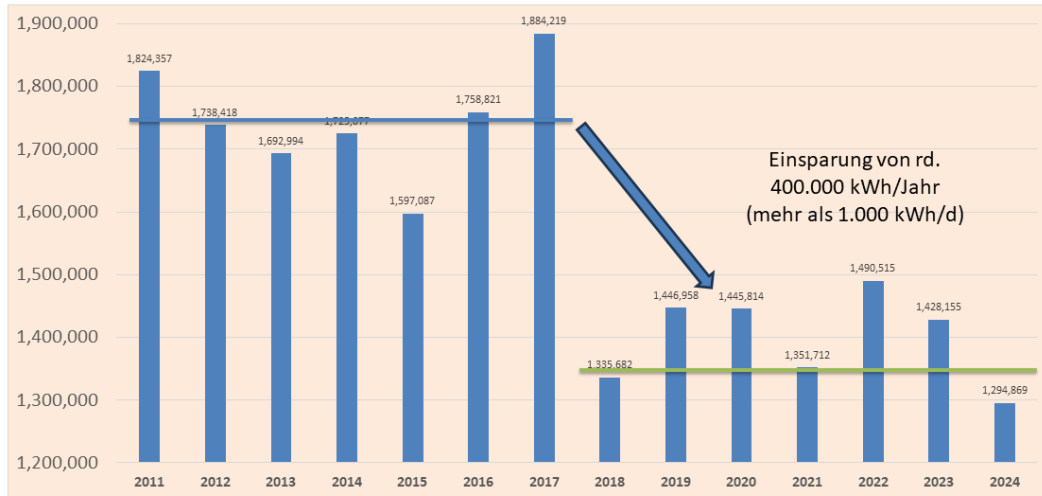
**Alte Turbos: 40 Watt/Nm<sup>3</sup>h\*mbar**  
**Neue Verdichter: < 35 Watt/Nm<sup>3</sup>h\*mbar**

→ Einsparung von 12,5%  $\triangleq$  **220.000 kWh/a**

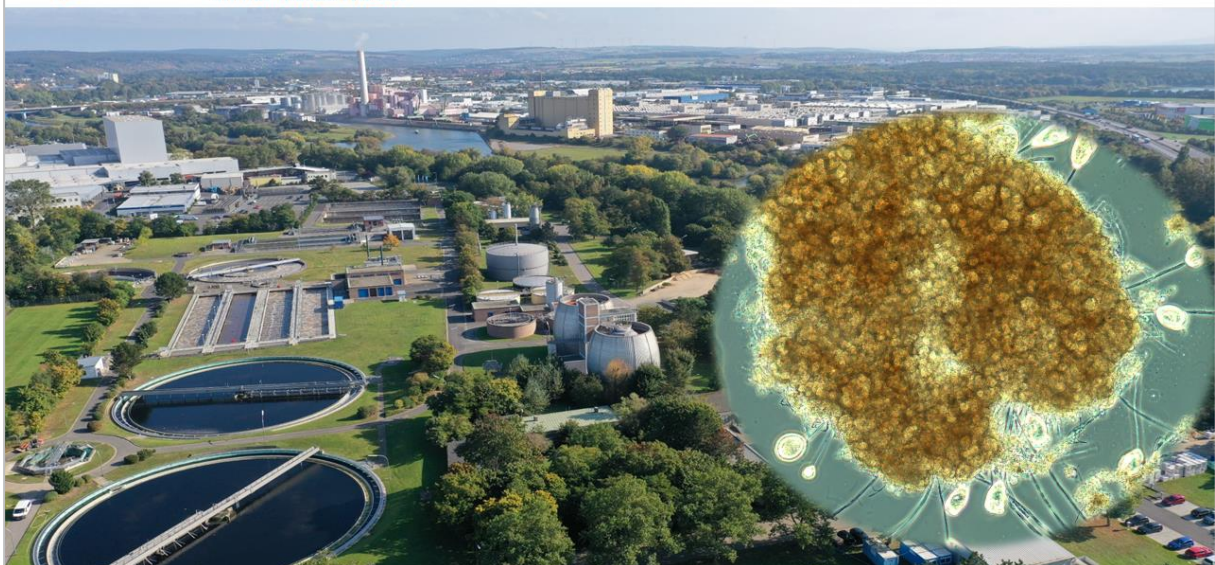
### Anlagenkennlinien der neuen Aggregate (Stromverbrauch in Watt pro Nm<sup>3</sup>/h \* mbar)



### Stromverbrauch Verdichter pro Jahr in kWh

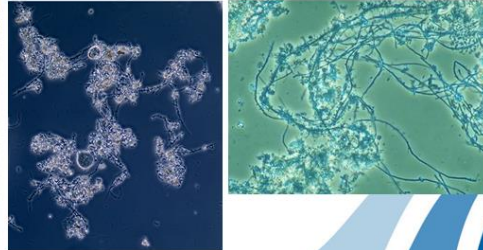


### Granulierter Belebtschlamm



## Granulierter Belebtschlamm

Situation vor dem Umbau:



## Granulierter Belebtschlamm

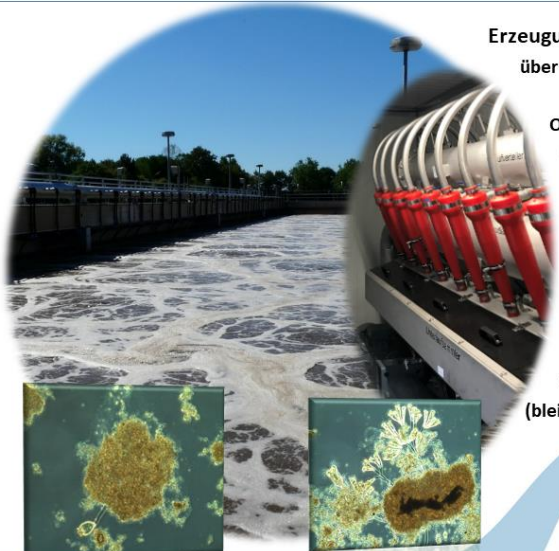
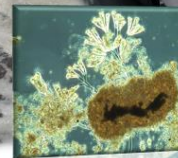
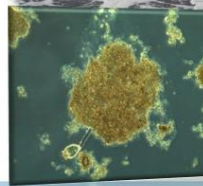
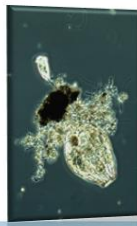
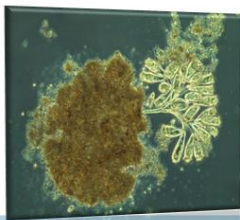
### Granulierter Belebtschlamm

Seit 2019 in Betrieb

In den Granulen entsteht eine eigene konzentrierte Biologie (Bewuchs).

#### Vorteile des Systems

- ✔ Schnellere Absetzen des Schlammes
- ✔ Bessere Ausreinigung des Abwassers
- ✔ Einsparungen der Abwasserabgabe
- ✔ Einsparung von Chemikalien

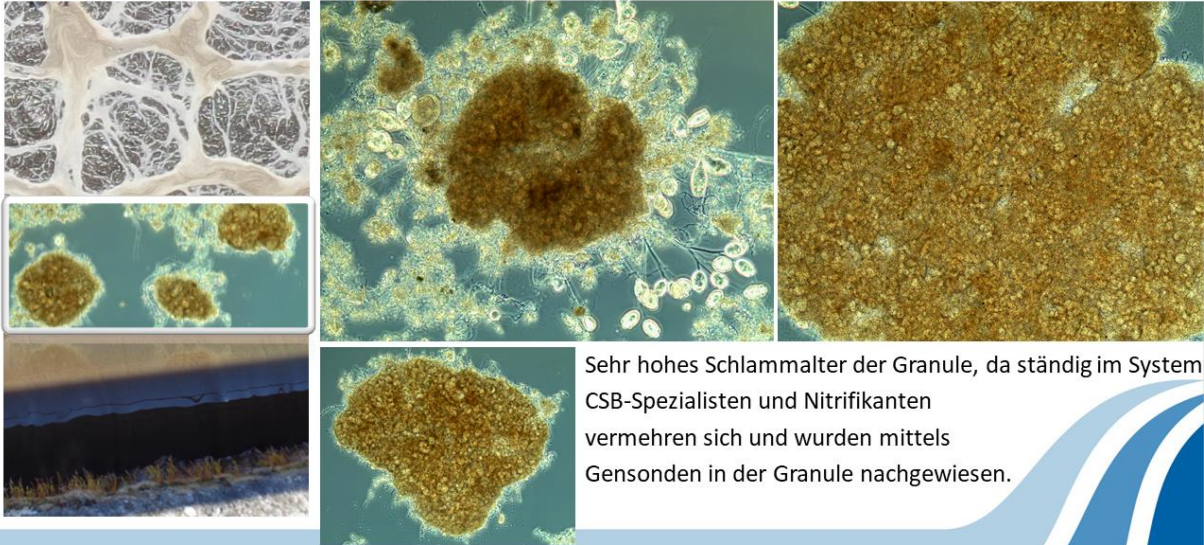


Erzeugung von ÜSS  
über Zyklone

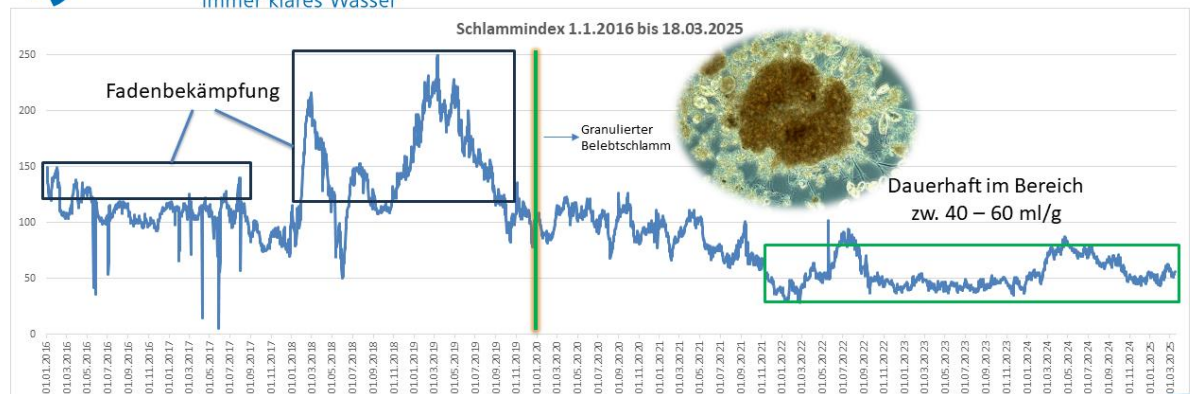
Oberlauf  
= ÜSS

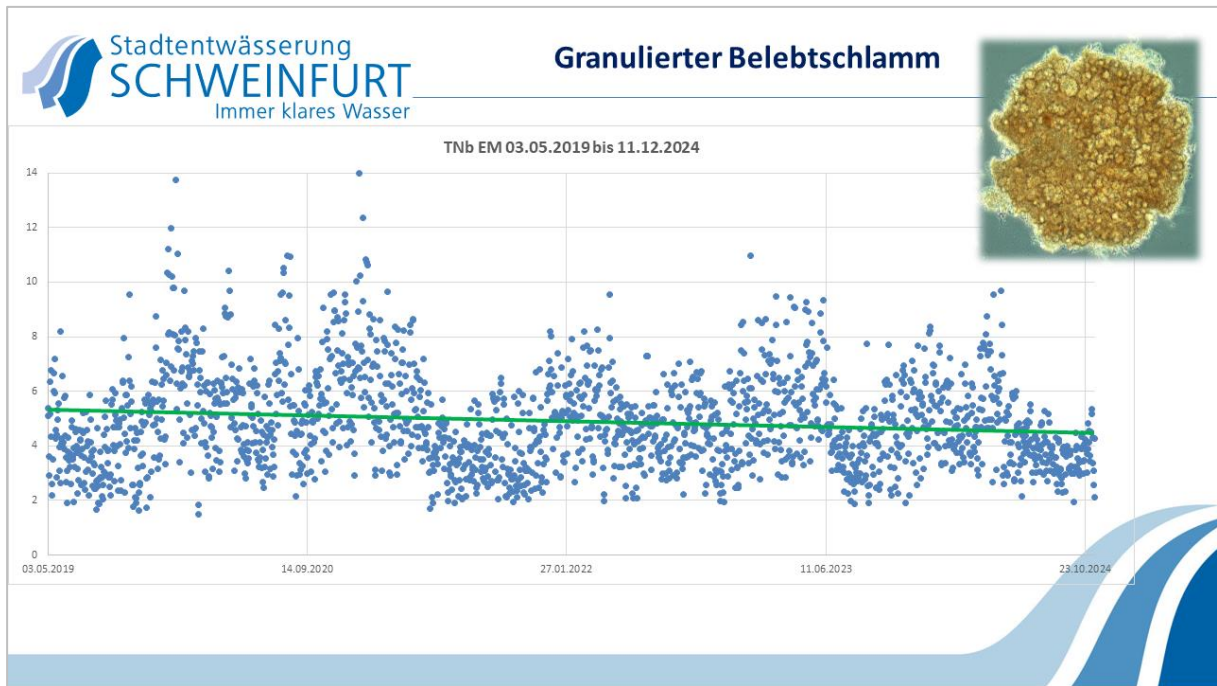
Unterlauf =  
Granulen  
(bleiben in Bio)

### Granulierter Belebtschlamm



### Granulierter Belebtschlamm





Stadtentwässerung  
**SCHWEINFURT**  
Immer klares Wasser

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**

Stadtentwässerung Schweinfurt  
Stefan Rose -Abwassermeister-  
Schulgasse 13  
97424 Schweinfurt  
Tel. (0 97 21) 795-10  
[s.rose@stadtentwaesserung-sw.de](mailto:s.rose@stadtentwaesserung-sw.de)

# Die Digitalisierung der Wasserwirtschaft

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen  
zur Unterstützung der betrieblichen Optimierung von wasserwirtschaftlichen Prozessen

Martin Lohmann

Endress + Hauser Conducta GmbH & Co. KG  
Gewerbegebiet Freiham, Technologiepark  
Clarita-Bernhard-Straße 25  
81249 München

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 23

## Cloudbasierte Digitalisierungslösungen

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen zur Unterstützung der betrieblichen Optimierung von wasserwirtschaftlichen Prozessen



## Martin Lohmann

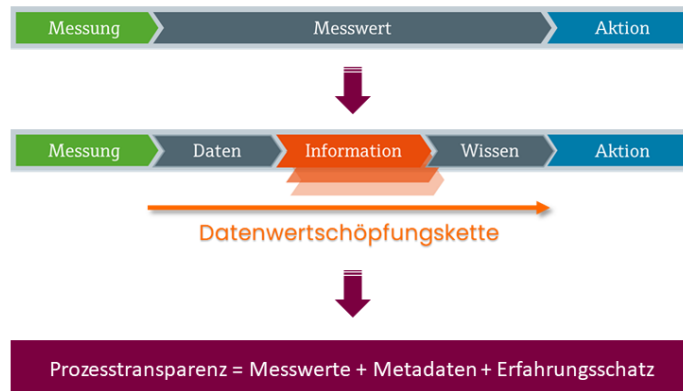
- Endress+Hauser
  - Durchfluss, Druck, Füllstand, Temperatur, Analysenmesstechnik
  - 17.000 Mitarbeitende, 3,7 Mrd € Umsatz weltweit
- Endress+Hauser Liquid Analysis
  - pH, Leitfähigkeit, Sauerstoff, Trübung, Desinfektion, Analysatoren, Probennehmer
  - 1.300 Mitarbeitende, 360 Mio € Umsatz weltweit
- Gruppenleitung im Produktmanagement
  - Messumformer- und Softwareplattformen
- Arbeitsgruppenleiter ZVEI – AK Kommunikation für Analysengeräte
- Mitarbeit DWA-M 253 - Prozessautomatisierung und Vernetzung abwassertechnischer Anlagen





Cloudbasierte Digitalisierungslösungen


## Mehr Prozesstransparenz durch Datenwertschöpfung



Folie 5

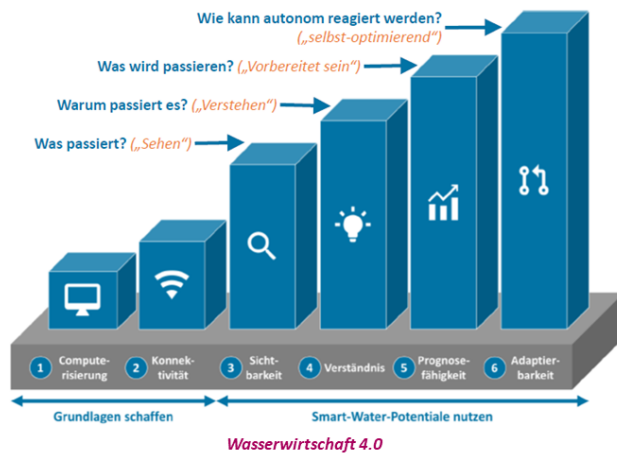
07.07.2025

Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser 

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen

## Reifegradmodell für die Wasserwirtschaft 4.0



<https://reifegradcheck-abwasser.de/>

<https://reifegradcheck-wasser.de/>

<https://digitalisierungsin dex-wasserwirtschaft.de/>



Source: Wolf Merkel, Mark Oelmann (2018): "Wie sieht der Zukunftspfad aus? Ein digitales Reifegradmodell für die Wasserversorgung", Vortrag bei Mühlheimer Tagung 2018

Folie 6

07.07.2025

Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser 

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen

## Motivation der Digitalen Transformation

### Digitale Transformation bei Endress+Hauser



- Mehr als 40 Millionen Geräte sind weltweit installiert.
- Mehr als 90 % des Portfolios sind bereits digital.
- Mehr als 90 % der Daten sind ungenutzt.

- Mit der Digitalisierung lässt sich der Mehrwert von Daten erschließen.
- Digitale Assistenzsysteme verwandeln Daten in Wissen.
- Prozessentscheidungen lassen sich so einfacher und schneller treffen.

Folie 7

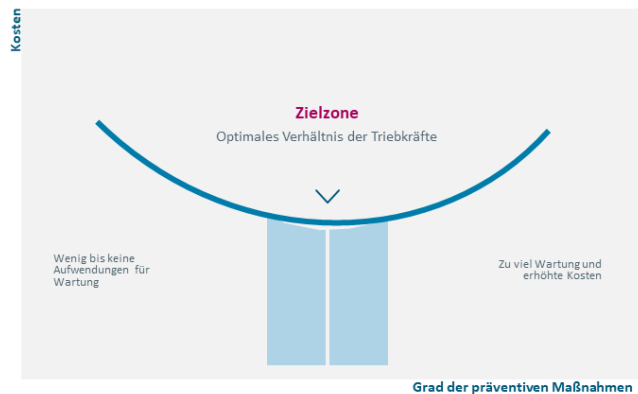
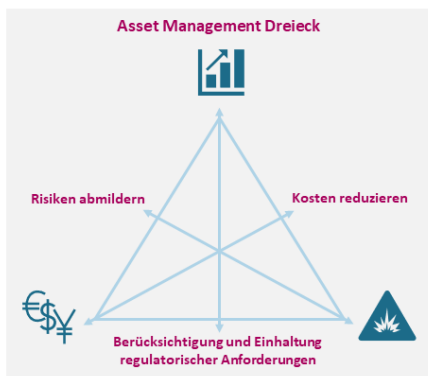
07.07.2025

Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen

## Übergeordnete Herausforderungen eines Trinkwasser-Betreibers



Folie 8

07.07.2025

Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen

## Betreiber-Perspektive: Zielsetzungen und Herausforderungen

<b>Zielsetzung</b>	<b>Online-Anbindung:</b> Einhaltung und lückenlose Dokumentation der Grenzwerte	<b>Monitoring und Dashboarding:</b> Optimierung der Messstellen-Verfügbarkeit	<b>Diagnosefähigkeit:</b> Effiziente und planbare Ausführung von Wartungen
<b>Herausforderung</b>	Wie kann sichergestellt werden, dass eine lückenlose Dokumentation zur Verfügung steht?  Wie kann optimale Transparenz gewährleistet werden durch Online-Anbindung der Messstellen?  <div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold; border: 1px solid white; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; margin: 0 auto;">1</div>	Wie kann eine hohe Verfügbarkeit der Messstelle gewährleistet werden?  Welche Möglichkeiten und Maßnahmen können ergriffen werden?  <div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold; border: 1px solid white; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; margin: 0 auto;">2</div>	Realisierung von online Diagnosefähigkeit der Messstellen?  Zu welchem Zeitpunkt müssen Wartungen oder Kalibrierungen durchgeführt werden?  <div style="text-align: center; font-size: 2em; font-weight: bold; border: 1px solid white; border-radius: 50%; width: 30px; height: 30px; margin: 0 auto;">3</div>

Folie 9

07.07.2025

Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen

## Multiparameter-Messpanel für die Trinkwasserüberwachung 1

**Liquiline Messumformer + Edge Modul**



**Messpanel für pH und Leitfähigkeit**



**Messpanel für pH, LF, DI, DO, SAK und Trübung**



Folie 10

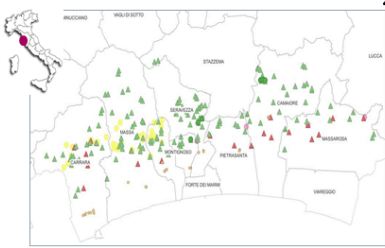
07.07.2025

Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen

## Praxisbeispiel: Vorwarnsystem zur Überwachung eines Trinkwassernetzes



### GAIA S.p.A.

- Wasserversorgungsunternehmen in der Toskana
- Betrieb des Trinkwassernetzes mit einer Gesamtlänge von ca. 5.200 km
- Betrieb eines Abwassernetzes von ca. 2.000km
- Wasserversorgung von 46 Gemeinden mit 430.000 Einwohnern
- 240 Multiparameter-Messsysteme für die Flüssigkeitsanalyse
- Digitale Plattform für das Monitoring und die Instandhaltung
  - entfernte Standorte,
  - oft keine OT-Infrastruktur,
  - Anbindung an die Kunden-Cloud gefordert



Folie 11

07.07.2025

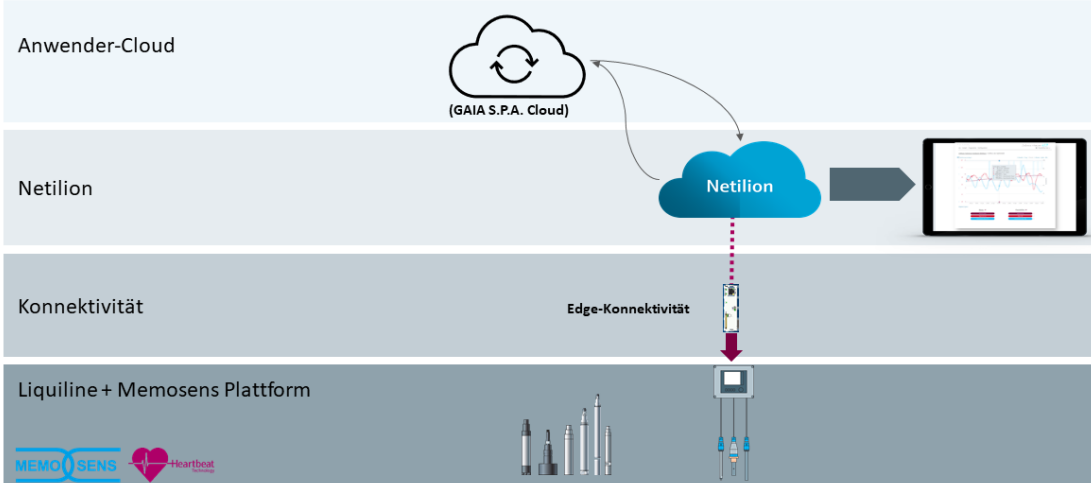
Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen

## Integriertes und ganzheitliches Datenmanagement

1



Folie 12

07.07.2025

Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser

Cloubasierte Digitalisierungslösungen

## Erreichung der Zielsetzungen nur durch qualitative Daten der Messstellen

1



### Bessere Entscheidungen treffen:

- Heartbeat Technology für Diagnose, Überprüfung und Überwachung
- Edge-Anbindung der Messstellen für Monitoring und Optimierung

240 Messstellen sind eingebunden und aktiv in Netilion und Kunden-Cloud!

Folie 13

07.07.2025

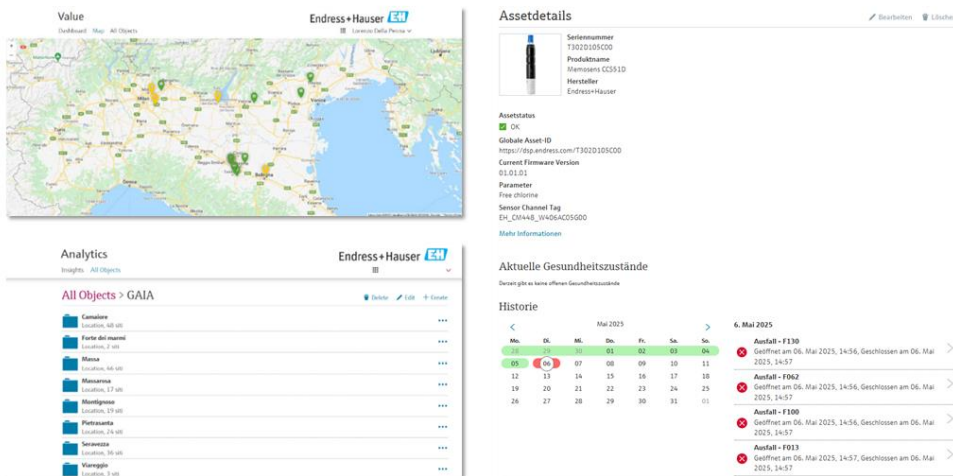
Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser

Cloubasierte Digitalisierungslösungen

## Monitoring & Dashboarding: Optimierung der Messstellen-Verfügbarkeit

2



Folie 14

07.07.2025

Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen

## Monitoring & Dashboarding: Optimierung der Messstellen-Verfügbarkeit

2



Folie 15

07.07.2025

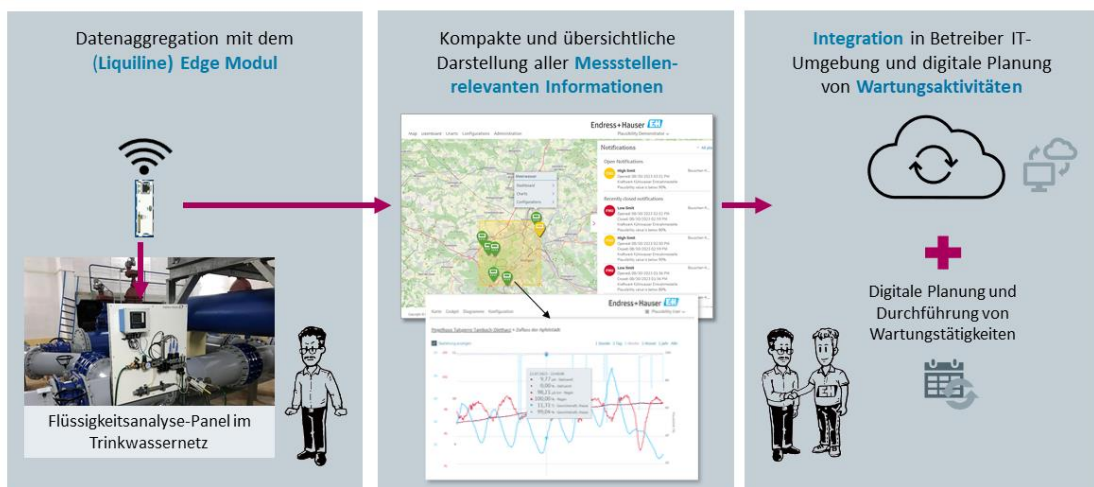
Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen

## Diagnosefähigkeit: Effiziente und planbare Ausführung von Wartungen

3



Folie 16

07.07.2025

Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser

Cloudbasierte Digitalisierungslösungen

## Mehrwerte aus der Betreiber-Perspektive



### Erhöhte Transparenz

Rückverfolgbarkeit der Messdaten hinsichtlich der Messtellenverfügbarkeit zur Überwachung der Einhaltung von den gesetzlichen Grenzwerten.



### Wissensbasierte Prozessoptimierung

Analyse und Bewertung der Messwertverfügbarkeit auf Basis des anwendungs- und gerätespezifischen Know-hows des Kunden und von Endress+Hauser.



### Unterstützung bei der Entscheidungsfindung und Problemlösung

Unterstützung bei der Fehleranalyse und Behebung.




### Reduzierung von Aufwänden und damit verbundenen Kosten

Einsparung von kontinuierlichen vor-Ort Inspektionen und zusätzlichen Verifikationen des Prozesses (manuelle Beprobung).

Folie 17

07.07.2025

Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser 

Products

Solutions

Services

## Fragen?

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



Folie 18

07.07.2025

Endress+Hauser Liquid Analysis - Martin Lohmann

Endress+Hauser   
People for Process Automation

# Die Digitalisierung der Wasser- wirtschaft

## Prozessteuerung mit KI

Dr. Achim Ried

Xylem Services GmbH  
Boschstraße 4  
32051 Herford

Berichte aus der  
Siedlungswasserwirtschaft  
Technische Universität München  
München 2025

Nr. 231



# Prozesssteuerung mit KI

Achim Ried

52. Abwassertechnisches Seminar (ATS)

16 Juli 2025

## Agenda

- Prozesssteuerung auf Kläranlagen
- Voraussetzungen für die Einbindung von KI-Modellen
- Aufbau von KI-Modellen
- Praxisbeispiele
  - Biologische Abwasserreinigung
  - Ozonung zur Spurenstoffentfernung

## Kläranlagenbetrieb

### Prozess-Steuerung

#### Warum?

- Einhaltung der Zielwerte für die Einleitung
- Optimierter Betrieb der Aufbereitungsprozesse (z. B. Belüftung)
- Einsparung von Betriebsmitteln (Chemikalien, Energie)

#### Regel- und Steuerungskonzepte:

- basierend auf bekanntem Prozesswissen (Deterministisch)
- basierend auf Anwendungen der Künstlichen Intelligenz (KI), Künstliche Neuronale Netze (KNN)
- Verknüpfung von beiden

#### Voraussetzungen:

- Kenntnis der eingesetzten Prozesse
- Biologische, Chemische, Physikalische Zusammenhänge
- Beschreibende Messgrößen verfügbar (Durchfluss, Wasserparameter)  
On-line Werte, Laborwerte
- Regel- und Steuerungs-Konzepte
- Geeignete On-line Sensoren
- Hard- Software zur Aufnahme, Verarbeitung und Visualisierung
- Für KI „viele“ Datensätze (on-line)

3

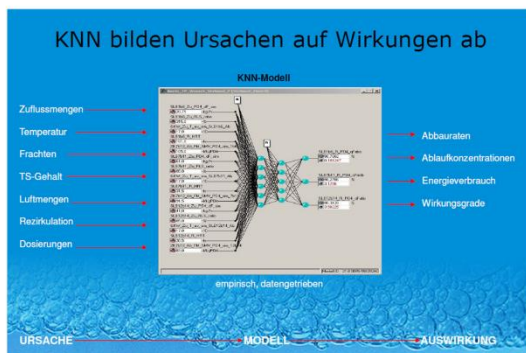
52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

## Optimierung Kläranlagenbetrieb

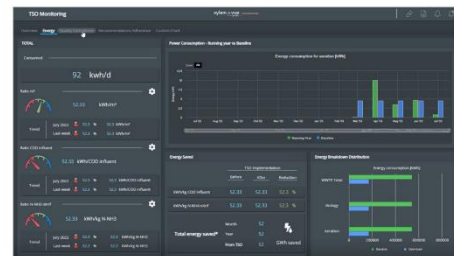
### Prozesssteuerung mit KI

- Datengetriebenes Echtzeit-Assistenzsystem, welches mittels digitalen Zwillingen komplexe chemisch-biologische Prozesse der Kläranlage simuliert und optimiert
- Vorschläge für effiziente Prozesse, eine bestmögliche Fahrweise durch Mehrzieloptimierung („multi-objective optimization“)



### Ergebnisse

- Sichere Einhaltung Überwachungswerte
- Kostenreduktion durch geringeren Energie- und Chemikalienbedarf
- Erhöhung der Betriebssicherheit
- „Konservierung“ des Betreiberwissens



Dashboards zur Visualisierung

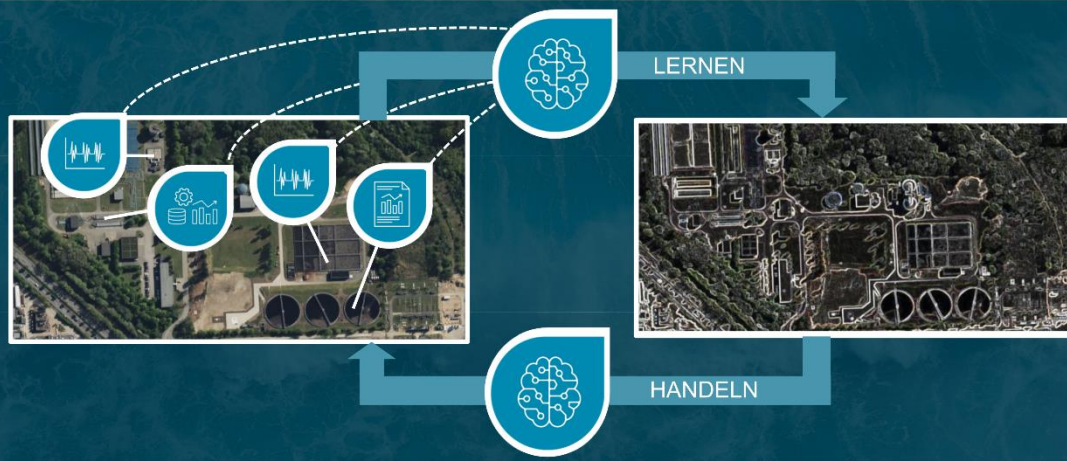
4

52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

## Aufbau des digitalen Zwillings der Kläranlage

Ein virtuelles Modell zur datengetriebenen Lösung betrieblicher Herausforderungen

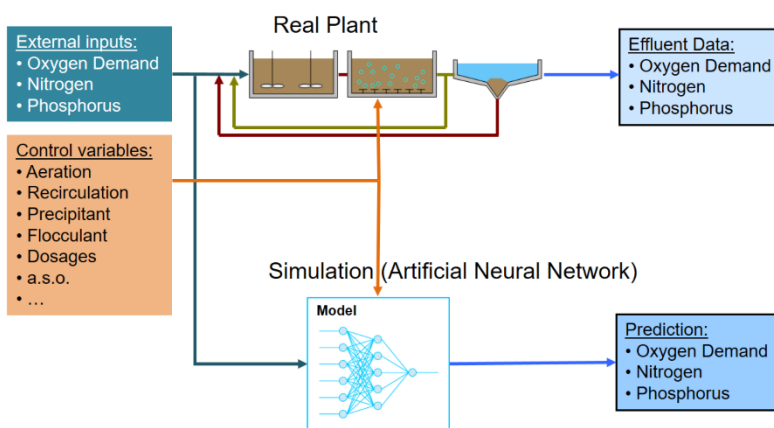


52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

## Beispiel Biologische Abwasserbehandlung

Prozessbeschreibung und Aufbau Digitaler Zwilling



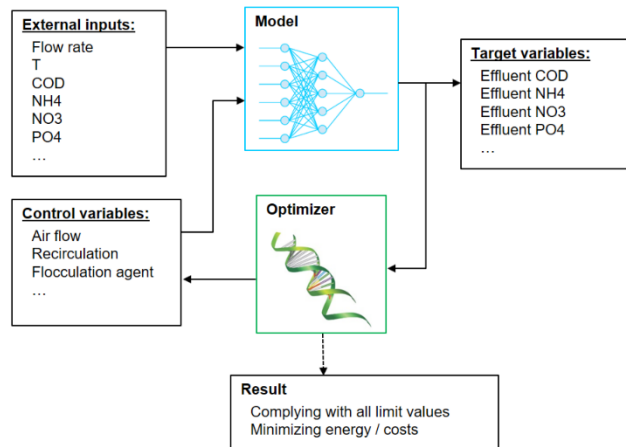
6

52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

## Prozess Optimierung

### Aufbau Prozess-Optimierer

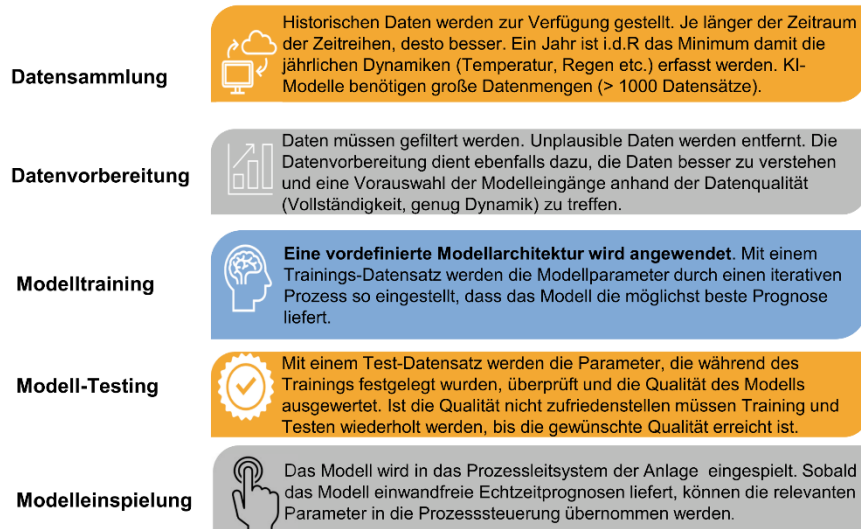


7

52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

## Modellentwicklung



8

52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

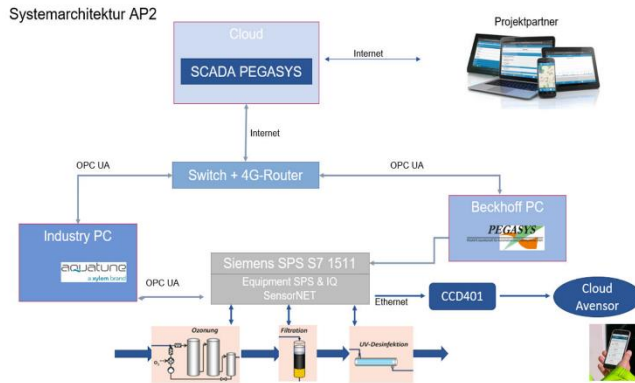


## Arbeitspaket Digital Green Tech

FlexTreat

### Umsetzung der digitalen Lösungen im Projekt

Aufbau der „Systemarchitektur“ zur Erfassung, Auswertung und Visualisierung der Daten



- Festlegung der verwendeten Daten (Wo und Wie verfügbar)
- „Sammelstellen“ für Daten (Auswahl geeigneter Hardware)
- Programmierschnittstellen für Datentransfers (APIs, Datenprotokolle, Datenformate)
- Software für Modellierung und Visualisierung
- Auswertungen vor Ort („on the Edge“)
- Auswertungen in der Cloud

11

52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

## Arbeitspaket Digital Green Tech

FlexTreat



12

52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

## Arbeitspaket Digital Green Tech

FlexTreat

### Digitale Lösung:

Implementierung von KI-Modulen zur Analyse der Prozessdaten und Modellierung von „Vorhersagewerten“

Vorhersagewert für  $\Delta$ SAK wird mit der Ozonregelung verknüpft

- Als Datengrundlage dienen 10 Eingangsgrößen des Zu- sowie Ablaufs der Ozonanlage.
- Verwendet wurde eine Datenaufösung von 15 Minuten.
- Das Modell liefert eine Prognose über die Entwicklung des Wertes für  $\Delta$ SAK im Ablauf der Ozonstufe (2 Stunden Prognose).

**Input Parameter**  
(letzte 4 St., mit 15 Min Auflösung)

- Zulauf SAK
- Zulauf DOC
- Zulauf COB
- Zulauf NO<sub>2</sub>
- Zulauf NO<sub>3</sub>
- Zulauf Trübung
- SAK Reduktion (dSAK)
- Ozon Konz. im Produktgas (Ozon Dosis)

**Modell**  
(Neurales Netzwerk)



**Zielgröße**  
(Vorhersage 15 Min, 30 min, ..., 2 St.)

SAK Reduktion (in %)

- **Ursprüngliche Fahrweise:**  $\Delta$ SAK<sub>ist</sub> wird berechnet aus den real gemessenen Werten für SAK<sub>zu</sub> und SAK<sub>ab</sub> (Aufenthaltszeit Reaktionssystem)
- **Neue Fahrweise (Predictive Control):** Für  $\Delta$ SAK<sub>ist</sub> wird der durchs Modell prognostizierte  $\Delta$ SAK verwendet.

13

52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

## Arbeitspaket Digital Green Tech

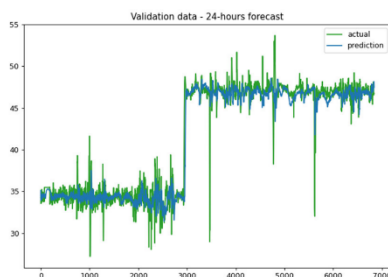
FlexTreat

### Digitale Lösung:

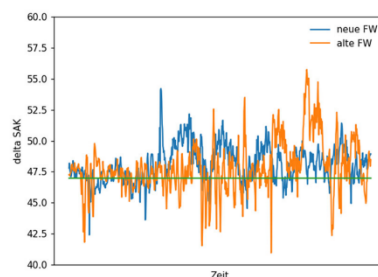
Das KI-Modell ist mit historischen Daten trainiert worden.

Eine Überprüfung der Vorhersagewerte mit den aktuellen Messwerten zeigt eine gute Übereinstimmung

Die Einbindung des Vorhersagewertes in die Steuerung ermöglicht eine stabile Prozessregelung. Vergleichende Betrachtungen alte vs. neue Fahrweise nur eingeschränkt möglich (unterschiedliche Betriebszeiträume).



Vergleich gemessene und modellierte Werte für  $\Delta$ SAK



Vergleich alte und neue Fahrweise (unterschiedliche Testzeiträume)

14

52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

## Fördermaßnahme Wassertechnologien: Wiederverwendung

[WavE Publikation - Digitalisierung in der Wasserwiederverwendung-final.pdf](#)

The image shows the cover of the WavE publication 'Digitalisierung in der Wasserwiederverwendung' on the left. The cover features three photographs: a water treatment facility, a water body, and a water reuse system. The text on the cover includes 'Eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung', 'WavE Wassertechnologien: Wiederverwendung', 'Digitalisierung in der Wasserwiederverwendung', and 'Ergebnisse des WavE-Querschnittsthemas „Digitalisierung“ der BMBWF-Fördermaßnahme „Wassertechnologien: Wiederverwendung“'. Below the cover is the logo of the Bundesministerium für Bildung und Forschung.

On the right, the project title 'FlexTreat : FKZ 02WV1561A-L' is displayed above a grid of logos for project partners: ISO, RWTH AACHEN UNIVERSITY, KOMPETENZ ZENTRUM Wasser Berlin, bfg, xylem, ukb universitäts klinikum Bonn, AUTARCON, Ertf Verband, Abwasserverband Braunschweig, inge, PEGASE, analytikjena, and p2mberlin. Below these logos, it states 'gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung' and 'PTKA Projektträger Karlsruhe Karlsruher Institut für Technologie'.

15

52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

## Zusammenfassung

### Voraussetzungen für den Einsatz Digitaler Lösungen:

- Zielformulierung: Gesamtverständnis über Aufbereitungsziele und die eingesetzten Verfahrenstechniken
- Verknüpfung der KI-Modelle mit dem vorhandenen Verfahrens- und Prozess Know-how. (*Knowledge informed Data Driven Modelling*).
- Gute und strukturierte Datengrundlage und die Zusammenführung der notwendigen Daten auf einer „Plattform“.
- KI-Modelle benötigen Datenmengen im Bereich von mindestens > 1000 Datensätzen. Datenmengen erhalten aus täglichen/wöchentlichen Probenahmen sind in der Regel nicht ausreichend.
- Für die KI-Modelle sind online gemessene Parameter (online gemessene Wasserparameter oder Prozessgrößen) geeignet.
- Ein „stabiler“ Anlagenbetrieb und Festlegung von Betriebsbereichen und Grenzen für die Modellierung
- Testen der KI-Ansätze parallel zum Anlagenbetrieb und Prüfung/Optimierung mit Hilfe des Betreiber-Wissens.

52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

## Zusammenfassung

### Anwendungsperspektiven für die Praxis:

- KI-Modelle zur Vorhersage von „Zuständen“ in der Zukunft auf Basis einer „historischen“ Auswertung von Daten wie zum Beispiel die Prognose von Wasserqualitäten, Prozessparameter
- Als Einsatz von „Softsensoren“ (Auswertung von Korrelationen vorhandener on-line Signale und die Prognose für einen nicht messbaren Parameter)
- Trainierte KI-Modelle zur Anomalie-Erkennung werden mit Betreiber-Wissen „verknüpft“ und somit kann die „Betriebserfahrung“ gesichert und effizient genutzt werden.
- Steuerung wichtiger Prozessgrößen wie Ozondosierung mit Hilfe von Prognosewerten. Kombination der existierenden Regelungsgrößen mit KI ermittelten Prognosewerte (passive KI).
- KI wählt aufgrund der gelernten Zusammenhänge die optimierte Prozesseinstellung (aktive KI).
- Für die Weiterentwicklung und Übertragung der im FlexTreat-Projekt erarbeiteten Ansätze und Modelle wäre es sinnvoll existierende Anlagen zu finden, die die Voraussetzung hinsichtlich der KI-Anforderungen erfüllen.
- Bei Eignung und Überprüfung „Schrittweise“ Überführung in den operativen Alltag.

52. Abwassertechnisches Seminar, Garching 16. Juli 2025

xylem

xylem  
Let's Solve Water

# Vielen Dank



Achim Ried  
Distinguished Engineer Disinfection & Oxidation  
achim.ried@xylem.com

## 52. Abwassertechnisches Seminar (ATS)

## Xylem Deutschland

ein starker Partner in der Wasserwirtschaft



- 📍 Service Niederlassungen
- 🏭 Produktion WEDECO (ca 300 MA)
- 🏭 Produktion SENSUS (ca 475 MA)
- 🏭 Messtechnik (ca 650 MA)

### Umsatz 2024

>200 mio €

25% Dienstleistung;  
75% Produktgeschäft

### Unsere Mitarbeiter

~ 350 Mitarbeiter

~ 18% Weibliche MA

~ 37% Service & Rental

### Unsere Werte

- Diversität
- Gleichberechtigung
- Inklusion
- Hilfe und Unterstützung

### Unsere Märkte

- Öffentlicher Sektor: 43%
- Industrie: 47%
- Gebäudetechnik: 10%

### Lösungsbereiche

- Behandlung und Transport (Trink-, Prozess- & Abwasser)
- Digitale Optimierung
- Messtechnik
- Aquakultur

### Strategische Themen

- Neue Geschäftsmodelle „Wasser as a service“
- Digitale Transformation anführen
- Umsetzung von Zielen „NetZero/ Klimaneutralität“

### Niederlassungen 14

Bremen (ERB) // Dorsten// Essen// Großostheim// Herford // Ingolstadt // Laatzen// Landsberg // Langenhagen (HO) // Ludwigshafen // Mainz // Meinsberg // Oberschleißheim// Weilheim

### Einige unserer Marken





## Xylem Deutschland

### Digitale Lösungen zur Optimierung der Prozesse entlang des Wasserkreislaufs

#### Rohwasserentnahme

- Optimierung der Entnahmekquellen (Menge und Qualität)
- Brunnenfeldoptimierung

#### Behandlung

- Prozess-/ Energieoptimierung
- Grenzwerteinhaltung
- CO2/ Lachgasemissionen - Klimaneutralität

#### Aufbereitung

- Energieoptimierung
- Reduzierung Chemikalien



#### Entsorgung

- Reduktion von Abschlügen & Überflutungen
- Zulaufoptimierung
- Frachtenoptimierung

#### Verteilung

- Verbrauchsvorhersage
- Hochbehälter Management & Pumpenfahrpläne
- Energetische Optimierung (reg. Energien)
- Simulationläufe & Erhöhung Resilienz
- Leckagen Erkennung und Ortung



# **Die Digitalisierung der Wasser- wirtschaft**

Aussteller

ADIRO Automatisierungstechnik GmbH

Limburgstraße 40  
73734 Esslingen  
Deutschland

---

Awite Bioenergie GmbH Limburgstraße 40

Grünseiboldsdorfer Weg 5  
73734 Esslingen  
Deutschland

---

Dr. Born - Dr. Ermel GmbH

Finienweg 7  
28832 Achim  
Deutschland

---

Endress+Hauser Conducta GmbH+Co. KG

Dieselstrasse 24  
70839 Gerlingen  
Deutschland

---

GFM Bau- und Umweltingenieure GmbH

Anni-Albers-Straße 7  
80807 München  
Deutschland

---

HOLINGER Ingenieure GmbH

Wankelstraße 14  
70563 Stuttgart  
Deutschland

---

HUBER SE

Industriepark Erasbach A1  
92334 Berching  
Deutschland

---

Passavant-Geiger GmbH

Kettelerstraße 5 - 11  
97222 Rimpfing  
Deutschland

---

# Verzeichnis Schriftenreihe

## "Berichte aus Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität München"

Die Hefte können über die Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität München e. V., Am Coulombwall, 85748 Garching bezogen werden. Zahlreiche Hefte sind auch in elektronischer Form verfügbar.

Tel.: 089/289 13727, Fax:089/289 13718, Mail: foerderverein.sww@ed.tum.de

Heft 1	Pecher, R.	Hilfstafeln zur hydraulischen Berechnung von offenen künstlichen Gerinnen (1969) 17 Seiten, 8 Beispiele, 6 Anlagen, <b>Euro 2,--</b>
Heft 2	Pecher, R.	Der Abflußbeiwert und seine Abhängigkeit von der Regendauer (1969) 140 Seiten, 18 Abb., 46 Anlagen, <b>Euro 13,--</b>
Heft 3	Pecher, R.	Die Bemessung von Regenbecken in der Stadtentwässerung (1970) 101 Seiten, 26 Abb., 19 Anlagen, <b>vergriffen</b>
Heft 4	1. Abwassertechnisches Seminar	Berechnungsmethoden für Abwasserkanäle, Regenüberläufe und Regenbecken (1970) 200 Seiten, 65 Abb., 4 Anlagen, <b>vergriffen</b>
Heft 5	2. Abwassertechnisches Seminar	Ausgewählte Kapitel zur Technik der Abwasserreinigung (1971) 217 Seiten, 80 Abb., <b>vergriffen</b>
Heft 6	3. Abwassertechnisches Seminar	Akute Probleme der Abwassertechnik und Abfallbeseitigung (1973) 144 Seiten, 38 Abb., <b>Euro 12,--</b>
Heft 7	4. Abwassertechnisches Seminar	Neue Aspekte zur Kanalbemessung und Leistungsverbesserung biologischer Kläranlagen (1974) 180 Seiten, 56 Abb., <b>Euro 14,--</b>
Heft 8	5. Abwassertechnisches Seminar	Entwicklung bei kleinen Kläranlagen und bei der Automation in der Abwassertechnik (1975) 193 Seiten, 83 Abb., <b>Euro 14,--</b>

Heft 9	Brunner, P.G.	Die Verschmutzung des Regenwasserabflusses im Trennverfahren. Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung der Niederschlagsverhältnisse im voralpinen Raum (1975) 200 Seiten, 18 Abb., 41 Anlagen, <b>Euro 15,-</b>
Heft 10	Bischofsberger, W.	Entwicklung und Tätigkeit des Lehrstuhls und Prüfamtes im Zeitraum 1966 – 1975 (1976) 52 Seiten, 7 Abb., 2 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 11	Neumann, W., Marr, G.	Der Niederschlagsabfluß in städtischen Einzugsgebieten (1976) 268 Seiten, 52 Abb., 9 Anlagen, <b>Euro 18,-</b>
Heft 12	6. Abwassertechnisches Seminar	Verbesserter Gewässerschutz durch Leistungssteigerung in der Klärtechnik (1976) 195 Seiten, 54 Abb., Anhang, <b>Euro 14,-</b>
Heft 13	Bischofsberger, W., Hegemann, W., Ruf, M., Overath, H.	Anwendungen von Fällungsverfahren zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit biologischer Anlagen (1976) 530 Seiten, 80 Abb., 56 Anlagen, Anhang, <b>vergriffen</b>
Heft 14	1. Wassertechnisches Seminar	Fernwasserversorgung (1977) 226 Seiten, 90 Abb., 8 Tafeln, <b>Euro 15,-</b>
Heft 15	Ottmann, E.	Untersuchungen über den Einsatz, die Bemessung und Leistung von Erdbecken und Oxidationsteichen (1977) 290 Seiten, 56 Abb., 94 Anlagen, <b>Euro 18,-</b>
Heft 16	Hruschka, H., Meyer, T.	Untersuchungen über den Einsatz von Prozeßrechnern auf Kläranlagen (1979) 218 Seiten, 24 Abb., 10 Tabellen, <b>Euro 14,-</b>
Heft 17	7. Abwassertechnisches Seminar	Planungsgrundlagen und Planungskonzepte in der Kanalisations- und Klärtechnik (1977) 190 Seiten, 62 Abb., <b>Euro 14,-</b>
Heft 18	Veits, G.	Einfluß der Vorklärung auf die biologische Stufe und auf die Wirtschaftlichkeit von Belebungsanlagen (1977) 160 Seiten, 38 Abb., 36 Anlagen, <b>Euro 14,-</b>
Heft 19	1. Mülltechnisches Seminar	Problematik der Ablagerung fester Abfallstoffe (1977) 133 Seiten, 12 Abb., 24 Tabellen, <b>Euro 14,-</b>
Heft 20	2. Wassertechnisches Seminar	Wasserspeicherung (1977) 195 Seiten, 120 Abb., 3 Tabellen, <b>Euro 15,-</b>
Heft 21	Billmeier, E.	Verbesserte Bemessungsvorschläge für horizontal durchströmte Nachklärbecken von Belebungsanlagen (1978) 180 Seiten, 36 Abb., 15 Tabellen, 25 Seiten Anhang, <b>Euro 18,-</b>
Heft 22	Bischofsberger, W., Ruf, M., Hruschka, H., Hegemann, W.	Anwendung von Fällungsverfahren zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit biologischer Anlagen Teil II. Eisen(II)-Salz und Kalk (1978) 220 Seiten, 38 Abb., 43 Tabellen, <b>Euro 18,-</b>

---

Heft 23	Göttle, A.	Ursachen der Regenwasserverschmutzung und Einflußgrößen auf die Abflußbeschaffenheit im Trennverfahren (1978) 405 Seiten, 42 Abb., 34 Tabellen, 41 Anlagen, <b>Euro 23,-</b>
Heft 24	Seminar aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft 1978	3. Wasser-, 8. Abwasser- und 2. Mülltechnisches Seminar - Institutseinweihung 1978 (1978) 477 Seiten, 149 Abb., 37 Tabellen, <b>Euro 19,-</b>
Heft 25	9. Abwassertechnisches Seminar	Erfahrungen mit der weitergehenden Abwasserbehandlung durch Fällungsreinigung (1979) 395 Seiten, 139 Abb., 36 Tabellen, <b>Euro 21,-</b>
Heft 26	3. Mülltechnisches Seminar	Abgasreinigung und Gewässerschutz bei der thermischen Abfallbehandlung (1980) 256 Seiten, 60 Abb., 29 Tabellen, <b>Euro 21,-</b>
Heft 27	4. Wassertechnisches Seminar	Wasserförderung - Planung, Bau und Betrieb von Pumpwerken (1980) 190 Seiten, 107 Abb., 1 Tabelle, <b>Euro 18,-</b>
Heft 28	10. Abwassertechnisches Seminar	Belüftungssysteme und Energiehaushalt bei der Abwasserreinigung (1980) 353 Seiten, 145 Abb., 35 Tabellen, <b>Euro 21,-</b>
Heft 29	Resch, H.	Untersuchungen an vertikal durchströmten Nachklärbecken von Belebungsanlagen - Neue Gesichtspunkte für Bemessung und Betrieb (1981) 250 Seiten, 49 Abb., 17 Tab., <b>Euro 19,-</b>
Heft 30	Dauschek, H., Bischofsberger, W.	Beeinträchtigung von Oberflächen und Grundwasser durch Auftausalze in Schutzzonen (1986) 150 Seiten, 36 Abb., 15 Tabellen, 264 Anlagen, <b>Euro 26,-</b>
Heft 31	5. Wassertechnisches Seminar	Wasserverteilung - Planung, Bau und Betrieb von Rohrnetzen (1981) 251 Seiten, 49 Abb., 7 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 32	4. Mülltechnisches Seminar	Behandlung und Verwertung von metallhaltigen Rückständen (1981) 208 Seiten, 38 Abb., 27 Tabellen, <b>Euro 18,-</b>
Heft 33	11. Abwassertechnisches Seminar	Biologische Stabilisierung von Schlämmen und hochkonzentrierten Abwässern (1981) 254 Seiten, 90 Abb., 40 Tabellen, <b>Euro 19,-</b>
Heft 34	Bischofsberger, W., Ruf, M., Winkler, R.	Herkunft und Verbleib von Schwermetallen im Abwasser und Klärschlamm (1981) 252 Seiten, 57 Abb., 108 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 35	Hruschka, H, Marr, G., Overath, H Trommsdorff, K.U.	Optimierung der chemischen Fällung mit Metallsalzen durch Steuerung der Fällmittelzugabe (1982) 173 Seiten, 58 Abb., 27 Tabellen, <b>Euro 15,-</b>
Heft 36	6. Wassertechnisches Seminar	Wasseraufbereitung - Planung, Ausrüstung und Betrieb von Wasseraufbereitungsanlagen (1982) 166 Seiten, 63 Abb., 3 Tabellen, <b>vergriffen</b>

---

Heft 37	5. Mülltechnisches Seminar	Gemeinsame Behandlung von Müll und Klärschlamm (1982) 202 Seiten, 36 Abb., 15 Tabellen, <b>Euro 18,--</b>
Heft 38	12. Abwassertechnisches Seminar	Schlammbehandlung unter besonderer Berücksichtigung von Schadstoffen im Klärschlamm (1982) 284 Seiten, 68 Abb., 34 Tab., <b>Euro 21,--</b>
Heft 39	Hruschka, H.	Prozeßführung auf Kläranlagen durch Einsatz elektronischer Rechner (1983) 178 Seiten, 30 Abb., 21 Tabellen, <b>Euro 18,--</b>
Heft 40	Neumann, W., Tränkle, J.	Kompostierung von Abfällen in einem Bio-Tunnel-Reaktor (1983) 166 Seiten, 43 Abb., 48 Tabellen, <b>Euro 18,--</b>
Heft 41	Sampson, G.,	Auswirkungen der Fällung und Flockung auf den Schlammfall und die Kosten der Schlammbehandlung (1983) 211 Seiten, 48 Abb., 51 Tabellen, 84 Anlagen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 42	7. Wassertechnisches Seminar	Automatisierung in Wasserwerken (1983) 204 Seiten, 51 Abb., 12 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 43	6. Mülltechnisches Seminar	Behandlung und Beseitigung von Sonderabfällen (1983) 234 Seiten, 51 Abb., 36 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 44	13. Abwassertechnisches Seminar	Das Niederschlags-Abflußverhalten städtischer Gebiete (1983) 404 Seiten, 146 Abb., 30 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 45	Hajek, P.-M., Neumann, W., Bischofsberger, W.	Untersuchungen zum Sauerstoffhaushalt in Fließgewässern (1983) 286 Seiten, 112 Abb., 64 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 46	8. Wassertechnisches Seminar	Grundwassergewinnung - Planung, Bau und Betrieb (1983) 198 Seiten, 72 Abb., 7 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 47	7. Mülltechnisches Seminar	Beseitigung von Reststoffen aus der Müll- und Klärschlammbehandlung (1984) 235 Seiten, 43 Abb., 35 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>
Heft 48	Bischofsberger, W., Resch, H., Baumgart, P.	Schlämme aus Hauskläranlagen (1987) 163 Seiten, 28 Abb., 32 Tabellen, 25 Anlagen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 49	Günthert, F.W.	Ein Beitrag zur Bemessung von Schlammräumung und Eindickzone in horizontal durchströmten runden Nachklärbecken von Belebungsanlagen (1984) 203 Seiten, 65 Abb., 20 Tab., 151 Anlagen, <b>Euro 28,--</b>
Heft 50	Geiger, W.F.	Mischwasserabfluß und dessen Beschaffenheit. Ein Beitrag zur Kanalnetzplanung (1984) 253 Seiten, 57 Abb., 41 Tabellen, 154 Anlagen, <b>Euro 31,--</b>
Heft 51	14. Abwassertechnisches Seminar	Leistungssteigerung und Leistungsgrenzen biologischer Kläranlagen (1984) 303 Seiten, 165 Abb., 19 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>

---

Heft 52	Hajek, P.-M.	Stickstoffoxidation in Fließgewässern - Ein Beitrag zur Bedeutung, den Abhängigkeiten und der mathematischen Modellierung der Nitrifikation (1984) 230 Seiten, 55 Abb., 30 Tabellen, 78 Anlagen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 53	Wechs, F.	Ein Beitrag zur zweistufigen anaeroben Klärschlammbehandlung (1985) 203 Seiten, 72 Abb., 68 Tabellen, 52 Anlagen, <b>vergriffen</b>
Heft 54	Lessel, T.	Optimierung des Verfahrens zur Gammabestrahlung von Klärschlamm (1985) 239 Seiten, 64 Abb., 17 Tabellen, 50 Anlagen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 55	Zäschke, W.	Ermittlung optimaler Tragfähigkeitsreihen vorgefertigter Rohre für Abwasserkanäle (1985) 180 Seiten, 43 Abb., 35 Tabellen, 26 Anlagen, <b>vergriffen</b>
Heft 56	Bischofsberger, W., Seyfried, C.F., Lohse, M., Bischofsberger, F.	Wärmeentnahme aus Abwasser (1984) 331 Seiten, 59 Abb., 15 Tabellen, 12 Anlagen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 57	9. Wassertechnisches Seminar	Rohrnetz und Rohrwerkstoffe (1985) 225 Seiten, 77 Abb., 23 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 58	8. Mülltechnisches Seminar	Umwelteinflüsse von Abfalldeponien und "Neue Konzepte und Verfahren in der Sondermüllaufbereitung" (1985) 412 Seiten, 95 Abb., 49 Tabellen, <b>Euro 31,--</b>
Heft 59	15. Abwassertechnisches Seminar	Kleine Kläranlagen - Planung, Bau und Betrieb (1985) 380 Seiten, 131 Abb., 33 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 60	Verschiedene Autoren	Berichte aus dem Forschungsbereich des Lehrstuhls für Wassergütekunde (Festschrift für Prof.Dr.-Ing. W. Bischofsberger, 1985) 488 Seiten, 115 Abb., 23 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 61	2. Kalkseminar	Kostengünstige Verfahren in der Abwassertechnik unter Einsatz von Kalk - Einfluß des Energieeintrages auf Fällung und Flockung von kommunalen Abwässern (1985) 349 Seiten, 131 Abb., 33 Tabellen, Anhang, <b>Euro 23,--</b>
Heft 62	Leonhard, K., Pfeiffer, W., Hege- mann, W.	Die Wirkung von Schwermetallen im Klärschlamm - Kupfer, Zink und Silber (1985) 160 Seiten, 41 Abb., 28 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 63	Bischofsberger, W., Weigelt, R., Klebe, S.	Ein Beitrag zur Entwicklung und den Ursachen des Chloridanstiegs im Grundwasser (1985) 194 Seiten, 93 Abb., 8 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>
Heft 64	Lindner, P., Riederer, E., Bischofsberger, W.	Physikalischer Sauerstoffeintrag in gestaute Fließgewässer (1987) 148 Seiten, 31 Abb., 27 Tabellen, 21 Anlagen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 65	10. Wassertechnisches Seminar	Projektierung von Wasserwerken (1985) 229 Seiten, 83 Abb., 9 Tabellen, <b>vergriffen</b>

---

Heft 66	9. Mülltechnisches Seminar	Konzepte für Gewinnung von Wertstoffen aus Hausmüll (1985) 346 Seiten, 77 Abb., 40 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 67	Temper, U., Pfeiffer, W., Bischofsberger, W.	Stand und Entwicklungspotentiale der anaeroben Abwasser- reinigung (1986) 737 Seiten, 188 Abb., 180 Tabellen, <b>Euro 31,--</b>
Heft 68	Merkl, G., Huyeng, P.	Tauwasserbildung in Trinkwasserbehältern – Lüftungs- und wärmetechnische Maßnahmen (1986) 207 Seiten, 56 Abb., 9 Tabellen, 30 Anlagen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 69	16. Abwassertechnisches Semi- nar	Abwasserbehandlung in mehrstufigen biologischen Kläranla- gen (1986) 373 Seiten, 134 Abb., 52 Tabellen, 2 Anlagen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 70	Bischofsberger, W.	Entwicklung und Tätigkeit des Lehrstuhles für Wassergütewirt- schaft im Zeitraum 1976 – 1985 (1986) 176 Seiten, 19 Abb., 5 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 71	Neumann, W., Brummer, J.	Ermittlung von Niederschlagskenngrößen zur Beschreibung von Modellregen für die Bemessung von Kanalnetzen (1986) 236 Seiten, 75 Abb., 29 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>
Heft 72	Hofmann, H.	Konzeption und Bemessung der vorgeschalteten Denitrifika- tion beim Belebungsverfahren (1986) 285 Seiten, 64 Abb., 47 Tabellen, 44 Anlagen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 73	11. Wassertechnisches Seminar	Trinkwasserbereitstellung – Speicherung und Förderung (1987) 287 Seiten, 92 Abb., 14 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 74	10. Mülltechnisches Seminar	Energetische Nutzung von Abfallstoffen und 2. Fachgespräch: Konzepte und Verfahren in der Sondermüllbeseitigung (1987) 333 Seiten, 53 Abb., 27 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 75	17. Abwassertechnisches Semi- nar	Planung, Bau und Betrieb von Regenentlastungen und Fach- gespräch: Kanalnetzsteuerung und Regenentlastungen (1987) 548 Seiten, 183 Abb., 19 Tabellen, <b>Euro 28,--</b>
Heft 76	Fachseminare	Chemische Fällung und Flockung mit Metallsalzen – Konditio- nierung und Entwässerung kommunaler Abwasserschlämme (1987) 399 Seiten, 156 Abb., 26 Tabellen, <b>Euro 28,--</b>
Heft 77	Becker, M., Brummer, J., Geiger, W.F.	Auswirkungen verschiedener Maßnahmen auf den Abfluß in Kanalnetzen (1987) 193 Seiten, 61 Abb., 28 Tabellen, 9 Anlagen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 78	Geiger, W.F., Pflügler, H., Schindler, H.	Bewirtschaftung eines städtischen Entwässerungssystems durch Abflußsteuerung an einem Regenrückhaltebecken (1987) 260 Seiten, 128 Abb., 19 Tabellen, 22 Anlagen, <b>Euro 28,--</b>
Heft 79	12. Wassertechnisches Seminar	Schadstoffe im Grundwasser – Auswirkungen und Maßnah- men zur Entfernung (1988) 496 Seiten, 140 Abb., 55 Tabellen, <b>Euro 28,--</b>

---

Heft 80	Bischofsberger, W.	Siedlungswasserwirtschaft im Wandel der Zeiten (1987) 160 Seiten, 60 Abb., 2 Tabellen, <b>Euro 10,--</b>
Heft 81	11. Mülltechnisches Seminar	Integrierte Konzepte der Abfallentsorgung (1988) 168 Seiten, 22 Abb., 15 Tabellen, <b>Euro 18,--</b>
Heft 82	18. Abwassertechnisches Seminar	Wasserrechtlicher Vollzug – Mindestanforderungen, Sicherer Kläranlagenbetrieb (1988) 344 Seiten, 84 Abb., 12 Tabellen, <b>Euro 28,--</b>
Heft 83	Rothmeier, F.	Ermittlung von Belastungen für die Kanalnetzberechnung – Stochastische Modelle und abflussorientierte Optimierung (1988) 230 Seiten, 29 Abb., 12 Tab., 26 Anlagen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 84	Orth, P., Ebers, T.	Auswirkungen von Abwasser und Niederschlagsversickerung auf Boden und Grundwasser (1988) 304 Seiten, 73 Abb., 38 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 85	13. Wassertechnisches Seminar	Qualitätsüberwachung von Roh- und Trinkwasser – Messung, Analyse und Bewertung (1989) 268 Seiten, 66 Abb., 25 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>
Heft 86	12. Mülltechnisches Seminar	Behandlung und Beseitigung organischer Abfälle und 3. Fachgespräch Sondermüll - Chemisch-physikalische Behandlung von Sickerwasser aus Sonderabfalldeponien (1989) 352 Seiten, 75 Abb., 75 Tabellen, <b>Euro 28,--</b>
Heft 87	Pfeiffer, W.	Verfahrensvarianten der biologischen Stabilisierung und Entseuchung von Klärschlamm – Leistungsvergleich (1990) 350 Seiten, 49 Abb., 38 Tabellen, 28 Anlagen, <b>Euro 23,--</b>
Heft 88	Steinmann, G.	Sedimentations- und Koagulationsvorgänge in Nachklärbecken von Tropfkörpern mit Vorschlägen für die Bemessung (1989) 278 Seiten, 113 Abb., 47 Tabellen, 148 Anlagen, <b>Euro 28,--</b>
Heft 89	Bischofsberger, W., Born, R.	Verfahrens- und umwelttechnische Analyse neuer thermischer Prozesse in der Abfallwirtschaft - Phase I: Pyrolyse (1989) 290 Seiten, 27 Abb., 60 Tabellen, 44 Anlagen, <b>vergriffen</b>
Heft 90	Bischofsberger, W., Born, R.	Verfahrens- und umwelttechnische Analyse neuer thermischer Prozesse in der Abfallwirtschaft - Phase II: Wirbelschichtfeuerung (1989) 310 Seiten, 60 Abb., 47 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 91	19. Abwassertechnisches Seminar	Weitergehende Abwasserreinigung - Stickstoff- und Phosphorelimination (1989) 275 Seiten, 75 Abb., 39 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 92	Ried, M.	Schwermetallelimination aus Klärschlamm - Kritische Beurteilung der Möglichkeiten eines Säureverfahrens, (1990) 208 Seiten, 95 Abb., 59 Tabellen, 107 Anlagen, <b>Euro 28,--</b>

- 
- |          |   |   |
|----------|---|---|
| Heft 93  | Schönberger, R.   | Optimierung der biologischen Phosphorelimination bei der kommunalen Abwasserreinigung (1990)<br>255 Seiten, 65 Abb., 28 Tabellen, <b>vergriffen</b>   |
| Heft 94  | Bischofsberger, W.,<br>Steinmann, G.                              | Einfluß des Mischwasserzuflusses auf das Tropfkörperverfahren (1990)<br>116 Seiten, 48 Abb., 16 Tabellen, 18 Anlagen, <b>Euro 15,--</b>   |
| Heft 95  | 14. Wassertechnisches Seminar                                     | Neuere Technologien in der Trinkwasseraufbereitung. (1990)<br>332 Seiten, 85 Abb., 29 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>   |
| Heft 96  | 13. Mülltechnisches Seminar                                       | Thermische Nutzung der Energieinhalte von Abfallstoffen (1990)<br>293 Seiten, 78 Abb., 22 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>   |
| Heft 97  | Rettinger, S.   | Wasser- und Stoffdynamik bei der Abwasserperkolatation (1992)<br>289 Seiten, 47 Abb., 15 Tabellen, 6 Anlagen, <b>Euro 26,--</b>   |
| Heft 98  | Ebers, T.,<br>Bischofsberger, W.                                  | Leistungssteigerung von Kleinkläranlagen (1992)<br>532 Seiten, 172 Abb., 35 Tabellen, 44 Anlagen, <b>Euro 31,--</b>   |
| Heft 99  | 20. Abwassertechnisches Seminar                                   | Abwasserbehandlung in den letzten 20 Jahren - Entwicklung und Zukunftsperspektiven (1990)<br>246 Seiten, 48 Abb., 14 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>  |
| Heft 100 | Verschiedene Autoren  | Beiträge aus dem Forschungsbereich des Lehrstuhls für Wassergütemirtschaft (Festschrift Prof.Dr.-Ing. W. Bischofsberger, 1990)<br>517 Seiten, 113 Abb., 29 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>  |
| Heft 101 | 15. Wassertechnisches Seminar und<br>2. Wasserrechtliches Seminar | Sicherung der Trinkwasserversorgung - Aktuelle Fragen von der Gewinnung bis zur Verwendung<br>Das Recht des Grundwasserschutzes, seine Konkretisierung durch technische Standards und seine Durchsetzung (1991)<br>375 Seiten, 63 Abb., 8 Tabellen, <b>vergriffen</b> |
| Heft 102 | 14. Mülltechnisches Seminar                                       | Strategien und Möglichkeiten der Abfallvermeidung und -verwertung<br>4. Fachgespräch Sondermüll "Reststoffe aus Sondermüllbehandlungsanlagen - Anfall und Entsorgung" (1991)<br>402 Seiten, 54 Abb., 43 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>                                   |
| Heft 103 | Brummer, J.   | Kurzfristige Niederschlagsvorhersagen mit Zellenschätzungen und ihr Einsatz bei der Abflußsteuerung (1991)<br>176 Seiten, 29 Abb., 7 Tabellen, 7 Anlagen, <b>Euro 18,--</b>   |
| Heft 104 | Bischofsberger, W.,<br>Deininger, A.                              | Weitergehende Abwasserreinigung / Seminarvorträge zum Fortbildungsstudium (1991)<br>618 Seiten, 177 Abb., 62 Tabellen, <b>vergriffen</b>  |
| Heft 105 | 21. Abwassertechnisches Seminar                                   | Planung von Kläranlagen zur Nährstoffelimination. Verfahrenstechnische Umsetzung der Bemessungsrichtlinien (1991)<br>214 Seiten, 77 Abb., 17 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>  |

Heft 106	Huyeng, P., Weigelt, R., Merkl, G., Bischofsberger, W.	Entfernung organischer Schadstoffe aus Abwasser mit pulverförmiger Aktivkohle und nachfolgender Flockungsfiltration (1991) 293 Seiten, 48 Abb., 12 Tabellen, 49 Anlagen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 107	16. Wassertechnisches Seminar	Wasseraufbereitung bei kleinen Wasserwerken (1991) 167 Seiten, 67 Abb., 10 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 108	15. Mülltechnisches Seminar	Sanierung kontaminierter Böden (1991) 230 Seiten, 69 Abb., 29 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 109	Mitsdörffer, R.	Charakteristika der zweistufigen thermophilen / mesophilen Schlammfäulung unter Berücksichtigung kinetischer Ansätze (1991) 241 Seiten, 68 Abb., 13 Tabellen, 14 Anlagen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 110	22. Abwassertechnisches Seminar	Konzepte und Methoden der Klärschlammverwertung (1992) 181 Seiten, 31 Abb., 53 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 111	Cichon, W.	Entwicklungspotential der Wirbelschichtfeuerung für die Emissionsminderung bei der thermischen Abfallbehandlung (1992) 221 Seiten, 32 Abb., Anlagen, <b>Euro 23,--</b>
Heft 112	17. Wassertechnisches Seminar	Wasserbehälter: Instandhaltung - Fertigteilbauweise (1992) 242 Seiten, 88 Abb., 8 Tabellen, <b>vergriffen</b>
Heft 113	16. Mülltechnisches Seminar	Die Deponie des 21. Jahrhunderts (1992) 186 Seiten, 30 Abb., 13 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 114	23. Abwassertechnisches Seminar	Abwassertechnik in Europa (1993) 150 Seiten, 23. Abb., 5 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 115	18. Wassertechnisches Seminar	Vorbeugende Instandhaltung in der Wasserverteilung unter Berücksichtigung moderner Rohrleitungstechnik, (1993) 214 Seiten, 50 Abb., 22 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>
Heft 116	Tiefel, H.	Entsorgung von Reststoffen am Beispiel von Eindampfkristallinat einer Sickerwasser-Reinigungsanlage (1994) 160 Seiten+96 Seiten Anlagen, 27 Abb., 7 Tabellen, <b>Euro 28,-</b> -
Heft 117	24. Abwassertechnisches Seminar	Kostendämpfung in der Abwasserreinigung - Möglichkeiten und Grenzen (1994) 204 Seiten, 69 Abb., 22 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>
Heft 118	17. Mülltechnisches Seminar	Inertisierung durch thermische Abfallbehandlung (1994) 169 Seiten, 41 Abb., 31 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>
Heft 119	19. Wassertechnisches Seminar	Ausgleich und Verbund in der Wasserversorgung (1994) 191 Seiten, 71 Abb., 10 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>

- 
- |          |  |  |
|----------|--|--|
| Heft 120 | Steger, M. Th.   | Untersuchungen zum Abbau halogenorganischer Verbindungen bei der Niedertemperaturkonvertierung von Klärschlamm (1994)<br>116 Seiten, 25 Abb., 30 Tabellen, <b>Euro 21,--</b>                                     |
| Heft 121 | 18. Mülltechnisches Seminar  | Praxis der biologischen Abfallbehandlung (1995)<br>159 Seiten, 43 Abb., 23 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>   |
| Heft 122 | 25. Abwassertechnisches Seminar  | Additive in der Abwasserreinigung (1995)<br>158 Seiten, 63 Abb., 29 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>  |
| Heft 123 | Netter, R.   | Strömung in horizontal durchflossenen, bewachsenen Bodenfiltern und deren Einfluß auf die Abwasserreinigung (1995)<br>190 Seiten, 49 Abb., 16 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>  |
| Heft 124 | 20. Wassertechnisches Seminar  | Praxisbezogene Forschung für die Wasserversorgung (1995)<br>250 Seiten, 92 Abb., 30 Tabellen, <b>vergriffen</b>  |
| Heft 125 | Festschrift zum 70. Geburtstag von em.<br>Prof. Dr.-Ing. W. Bischofsberger | Wassergüte- und Abfallwirtschaft - Innovation zu jeder Zeit (1996)<br>145 Seiten, 57 Abb., 10 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>  |
| Heft 126 | Fachtagung   | Perspektiven der Klärschlamm Entsorgung (1996)<br>147 Seiten, 60 Abb., 10 Tabellen, <b>vergriffen</b>  |
| Heft 127 | Borho, M.  | Arsenentfernung in Grundwasserwerken durch optimierte Kopplung von Oxidations- und Fällungs-/Flockungsverfahren (1996)<br>119 Seiten, 42 Seiten Anhang, 41 Abb., 10 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>                  |
| Heft 128 | Kolb, F. R.  | Biologische Reinigung von Xenobiotica-haltiger Abwässer in einem Aktivkohle-Festbett-Schlaufenreaktor mit Membran-Stoffübertrager (1997)<br>131 Seiten, 16 Seiten Anhang, 57 Abb., 9 Tabellen, <b>Euro 23,--</b> |
| Heft 129 | Fachtagung   | Altlastensanierung in Bayern (1997)<br>181 Seiten, 51 Abb., 13 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>   |
| Heft 130 | 26. Abwassertechnisches Seminar  | Biofilm-Technologie zur Reinigung kommunaler Abwässer: Mode oder Moderne? (1997)<br>230 Seiten, 88 Abb., 38 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>  |
| Heft 131 | Deininger, A.  | Geschwindigkeits- und Feststoffverteilung in radial durchströmten Nachklärbecken (1997)<br>156 Seiten, 96 Seiten Anhang, 50 Abb., 23 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>   |
| Heft 132 | 21. Wassertechnisches Seminar  | Kostensparende Maßnahmen in der Wasserversorgung (1997)<br>244 Seiten, 61 Abb., 15 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>   |
| Heft 133 | 3. Wasserrechtliches Seminar   | Neue Weichenstellung bei der Abwasserreinigung - rechtliche und technische Fragen für heute und morgen (1997)<br>145 Seiten, 10 Abb., 4 Tab., <b>Euro 21,--</b>  |

- Heft 134 Adamietz, E. Einfluß der Prozeßführung bei biologischer Behandlung von Papierfabrikabwasser auf die Zusammensetzung organischer Stoffe im Ablauf und der Biomasse (1997)  
113 Seiten, 31 Abb., 46 Tabellen, **Euro 21,--**
- Heft 135 Hellge, S. Mikrobieller Abbau schwerabbaubarer Verbindungen in niedrigen Konzentrationen am Beispiel von Dibenzofuran und Dibenzo-p-dioxin (1997)  
125 Seiten, davon 30 Seiten Anhang, 33 Abb., 17 Tabellen, **Euro 21,--**
- Heft 136 Eisner, P. Steigerung des Wärmedurchgangs und der Destillatqualität bei der Eindampfung von hochbelasteten Abwässern (1997)  
116 Seiten, 55 Abb., 14 Tabellen, **Euro 21,--**
- Heft 137 3. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung (1998)  
554 Seiten, 163 Abb., 92 Tabellen, **Euro 61,--**
- Heft 138 27. Abwassertechnisches Seminar Dezentrale Abwasserbehandlung für ländliche und urbane Gebiete (1998)  
206 Seiten, 74 Abb., 28 Tabellen, **vergriffen**
- Heft 139 Eberl, H. Nichtlineare hydrologische Konzeptmodelle für den Kanalabfluß und ihre Kalibrierung (1998)  
171 Seiten, 27 Abb., 35 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 140 Schindler, U. Dioden-Faser-Laser-Doppler-Anemometrie zur Untersuchung der Strömung in Biofilmreaktoren (1998)  
207 Seiten, 100 Abb., 17 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 141 Kaballo, H.-P. Das Sequencing Batch Biofilm Reactor (SBBR) Verfahren zur Reinigung von chlororganisch belasteten Abwässern im Leistungsvergleich mit einem baugleichen kontinuierlichen Biofilmverfahren (1998)  
157 Seiten, 58 Abb., 21 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 142 Döllerer, J. Biologische Behandlung von Sickerwässern aus Sonderabfalldeponien mittels schubweise beschickter, überstauter Festbettreaktoren (1998)  
121 Seiten + 10 Seiten Anhang, 28 Abb., 29 Tabellen, **Euro 21,--**
- Heft 143 Borho, M., Merkl, G. Wiederverwendung von Filterrückspülwässern aus der Grundwasseraufbereitung (1999)  
120 Seiten, 58 Abb., 11 Tab., **Euro 21,--**
- Heft 144 22. Wassertechnisches Seminar Planung und Bau von Trinkwasserbehältern im Hinblick auf die europäische Normung (1998)  
280 Seiten, 88 Abb., 16 Tabellen, **Euro 26,--**
- Heft 145 Morgenroth, E. Enhanced Biological Phosphorus Removal in Biofilm Reactors (1998)  
148 Seiten, 59 Abb., 18 Tabellen, **Euro 23,--**

- Heft 146 Dreher, P. Comparability of Impact Categories in Life Cycle Assessment. Especially Toxicity and Reversibility (1999)  
231 Seiten, 35 Abb., 42 Tabellen, **Euro 26,--**
- Heft 147 Rehbein, V. Nitrifikationsleistung belüfteter Biofilter zur kommunalen Abwasserreinigung (1998)  
173 Seiten, 49 Abb., 12 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 148 Christ, O. Leistungscharakteristik der ein- und zweistufigen mesophilen und thermophilen Vergärung von Bioabfällen (1999)  
137 Seiten, 67 Abb., 18 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 149 Herb, S. Biofilme auf mineralischen Oberflächen in Trinkwasserbehältern (1999)  
158 Seiten, 64 Abb., 28 Tab., + 71 Seiten Anhang, **Euro 26,--**
- Heft 150 23. Wassertechnisches Seminar Qualitative und Quantitative Analyse von Rohrleitungssystemen in der Trinkwasserversorgung (1999)  
234 Seiten, 79 Abb., 20 Tab., **Euro 26,--**
- Heft 151 Koralewska, R. Naßchemische Behandlung von Rostschlacken aus der Hausmüllverbrennung (1999)  
190 Seiten, davon 40 Seiten Anhang, 64 Abb., 24 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 152 Huber, S. Einfluß der Prozeßführung auf Menge und Zusammensetzung von Proteinen und Polysacchariden im Ablauf von Sequencing - Batch – Reaktoren (1999)  
128 Seiten, davon 11 Seiten Anhang, 42 Abb., 9 Tabellen, **Euro 21,--**
- Heft 153 Verschieden Autoren Wassergüte- und Abfallwirtschaft, gestern - heute – morgen, (Festschrift für Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. Peter A. Wilderer, 1999)  
124 Seiten, 31 Abb., 7 Tabellen, **Euro 21,--**
- Heft 154 28. Abwasser- und 19. Mülltechnisches Seminar Prozessabwasser aus der Bioabfallvergärung (1999)  
132 Seiten, 33 Abb., 30 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 155 Schreff, D, Nutzung interner C-Quellen zur Stickstoffelimination in mehrstufigen Kläranlagen (2000)  
124 Seiten + 16 Seiten Anhang, 64 Abb., 25 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 156 24. Wassertechnisches Seminar Betriebsführung unter Einsatz von GIS - Geographischen Informationssystemen (2000)  
185 Seiten, 47 Abb., 18 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 157 Statusseminar Angewandte Membrantechnologie in Wasserwerken (2000)  
124 Seiten, 46 Abb., 20 Tabellen, **Euro 21,--**
- Heft 158 29. Abwassertechnisches Seminar Tropfkörper, Tauchkörper, Biofilter: Stand der Technik und neue Entwicklungen (2000)  
209 Seiten, 63 Abb., 36 Tabellen, **Euro 23,--**

- Heft 159 Gebert, W. Einflussfaktoren auf die Leistungsfähigkeit kunststoffgefüllter Tropfkörper (2001)  
108 Seiten, 65 Abb., 7 Tabellen, **Euro 21,--**
- Heft 160 Merkl, G. Trinkwasser-Notversorgung unter besonderer Berücksichtigung militärischer und ziviler Aspekte (2000)  
102 Seiten, 16 Abb., 13 Tafeln, 1 Tabelle, Anhang 1-13, **Euro 21,--**
- Heft 161 30. Abwassertechnisches Seminar, 13. DECHEMA Fachgespräch Umweltschutz DESAR  
Kleine Kläranlagen und Wasserwiederverwendung (2001)  
379 Seiten, 98 Abb., 54 Tabellen, **Euro 31,--**
- Heft 162 6. Fachtagung Thermische Abfallbehandlung (2001)  
502 Seiten, 135 Abb., 63 Tabellen, **Euro 38,--**
- Heft 163 25. Wassertechnisches Seminar Wasserversorgung in der Zukunft unter besonderer Berücksichtigung der Wasserspeicherung (2001)  
236 Seiten + 21 Seiten Anhang, 76 Abb., 13 Tabellen, **Euro 26,--**
- Heft 164 Arnz, P. Biological Nutrient Removal from Municipal Wastewater in Sequencing Batch Biofilm Reactors (2001)  
107 Seiten, 44 Abb., 14 Tabellen, **Euro 21,--**
- Heft 165 Jörgens, L. Lösungs- und Optimierungsansätze bei der Altlastenbearbeitung in Mittel- und Osteuropa (2001)  
226 Seiten, 86 Abb., 56 Tabellen, **Euro 26,--**
- Heft 166 Kappen, J., Kennwerte als Werkzeuge zur Minimierung des Wasserbedarfs bei der Papiererzeugung – Ein Beitrag zum prozessintegrierten Umweltschutz (2001)  
146 Seiten, 60 Abb., 45 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 167 Janknecht, P. Characterization of Ozone Transfer into Water through Porous Membranes (2001)  
97 Seiten, 42 Abb. 5 Tabellen, **Euro 21,--**
- Heft 168 Burtscher, C. Einsatz der Polymerasekettenreaktion (PCR) für den Nachweis pathogener Bakterien in Bioabfallproben (2002)  
150 Seiten, 27 Abb., 31 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 169 Böhm, B. Nitritbildung bei der Denitrifikation in Biofiltern mit externen Kohlenstoffquellen (2002)  
102 Seiten + 10 Seiten Anhang, 45 Abb., 10 Tabellen, **Euro 21,--**
- Heft 170 Graja, S. Liquid Effluents from the Anaerobic Treatment of Biogenic Waste: Characterization and Treatment Options (2002)  
157 Seiten, 67 Abb., 26 Tabellen, **Euro 23,--**
- Heft 171 Hendrickx, L. Natural Genetic Transformation in Acinetobacter SP.BD413 Biofilms: Introducing natural genetic transformation as a tool for bioenhancement of biofilm reactors (2002)  
163 Seiten, 26 Abb., 6 Tabellen, **Euro 23,--**

Heft 172	Fall, P. A. D.	FISH zur Überwachung von Biogasreaktoren, (2002), 125 Seiten, 13 Abb., 9 Tabellen, <b>Euro 22,--</b>
Heft 173	26. Wassertechnisches Seminar	Benchmarking, Trinkwasserverordnung, Partikelentfernung – aktuelle Themen der Wasserversorgung (2002) 219 Seiten, 33 Abb., 16 Tabellen, <b>Euro 25,--</b>
Heft 174	Huber Technology Symposium	Water – The Essence of Life, But elusive to Many (2002) 213 Seiten, 60 Abb., 26 Tabellen, <b>Euro 25,--</b>
Heft 175	31. Abwassertechnisches Seminar	Regenwasserversickerung – eine Möglichkeit dezentraler Re- genwasserbewirtschaftung (2003) 220 Seiten, 113 Abb., 19 Tabellen, <b>Euro 25,--</b>
Heft 176	Tidden, F.	Leistungsmerkmale und Grenzen der mehrphasigen anaero- ben Behandlung kommunaler Bioabfälle (2003) 133 Seiten + 35 Seiten Anhang, 50 Abb., 28 Tabellen, <b>Euro 23,--</b>
Heft 177	27. Wassertechnisches Seminar	Sanierung, Rückbau, Relining von Anlagen der Wasserversor- gung (2003) 271 Seiten, 109 Abb., 26 Tabellen, <b>Euro 27,--</b>
Heft 178		entfällt
Heft 179	Nerger, Ch.	Hydrodynamische Charakterisierung und Einsatz der rotieren- den Strahlschicht als Biofilmreaktor zur Denitrifikation von Ab- wässern (2004) 130 Seiten, 59 Abb., + 1 CD Rom, <b>Euro 28,--</b>
Heft 180	32. Abwassertechnisches Semi- nar	Abwasserreinigung ohne Biologie? zur Bedeutung chemisch- physikalischer Reinigungsverfahren (2004) 228 Seiten, 56 Abb., 26 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 181	Koetzle, T.	Rückgewinnung von Trinkwasser aus Filterspülwasser mittels getauchter Membrane (2004) 114 Seiten, 59 Abb., 19 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 182	Raizada, N.	Application of molecular-biological methods for the optimiza- tion of anaerobic reactors (2004) 115 Seiten, 27 Abb., 19 Tabellen, <b>Euro 26,--</b>
Heft 183	28. Wassertechnisches Seminar	Trinkwasserbehälter – Instandsetzung und Neubau - (2004) 226 Seiten, 127 Abb., 17 Tabellen, <b>Euro 30,--</b>
Heft 184	Davids. L.	Remobilisierung von Schwermetallen aus abwasserbelasteten Böden (2005) 164 Seiten, 3 Abb., 13 Tabellen + 20 Seiten Anhang, <b>Euro 28,--</b>
Heft 185	33. Abwassertechnisches Semi- nar	Niederschlagswasserbehandlung in urbanen Gebieten (2005) 183 Seiten, 63 Abb., 25 Tabellen, <b>Euro 28,--</b>

---

Heft 186	Schiegl, Ch.	Quantifizierung von Lignin aus Papierfabriks-abwässern mittels Py-GC/MS und UV/VIS (2006) 113 Seiten, 22 Abb., 14 Tabellen, <b>Euro 28,-</b>
Heft 187	Athanasiadis, K.	On-site Infiltration of Roof Runoff by Using Clinoptilolite as an Artificial Barrier Material (2006) 132 Seiten, 75 Abb., 34 Tabellen, <b>Euro 35,-</b>
Heft 188	34. Abwassertechnisches Seminar	Erhalt und Sanierung von Kanalnetzen (2006) 156 Seiten, 32 Abb., 16 Tabellen, <b>Euro 28,-</b>
Heft 189	29. Wassertechnisches Seminar	Arzneimittelrückstände im aquatischen Milieu (2006) 123 Seiten, 33 Abb., 8 Tabellen, <b>Euro 38,-</b>
Heft 190	Schwarzenbeck, N.	Aerobe Granula in der Behandlung industrieller Abwässer (2007) 99 Seiten, 37 Abb., 24 Tabellen, <b>Euro 35,-</b>
Heft 191	Schriewer, A.	Schadstoffpotentiale urbaner Niederschlagsabläufe mit Hinblick auf Behandlungsmöglichkeiten in dezentralen Systemen (2007) 135 Seiten, 42 Abb., 30 Tabellen, <b>Euro 35,-</b>
Heft 192	35. Abwassertechnisches Seminar	Ertüchtigung von Kläranlagen (2007) 215 Seiten, 90 Abb., 30 Tabellen, <b>Euro 38,-</b>
Heft 193	Hilliges, R.	Entwicklung eines dezentralen Behandlungssystems für hochbelastete Verkehrsflächenabläufe im urbanen Raum (2007) 187 Seiten, 122 Abb., 50 Tabellen, <b>Euro 35,-</b>
Heft 194	36. Abwassertechnisches Seminar	Energieeffiziente Abwasserbehandlung (2008) 207 Seiten, 94 Abb., 16 Tabellen, <b>Euro 38,-</b>
Heft 195	37. Abwassertechnisches Seminar	Perspektiven in der Siedlungswasserwirtschaft (2009) 150 Seiten, 28 Abb., 13 Tabellen, <b>Euro 38,-</b>
Heft 196	Reuter, H.	Entwicklung eines Gewässergütemodells unter Berücksichtigung der Wasserrahmenrichtlinie (2009) 108 Seiten, 77 Abb., 14 Tabellen, <b>Euro 38,-</b>
Heft 197	Lübken, M.	Mathamatical modeling of anaerobic digestion processes (2009) 110 Seiten, 31 Abb., 20 Tabellen, <b>Euro 38,-</b>
Heft 198	Langenbach, K.	Slow sand filtration of secondary effluent for wastewater reuse: Evaluation of performance and modeling of bacteria removal (2010) 116 Seiten, 40 Abb., 22 Tabellen, <b>Euro 38,-</b>
Heft 199	Helmreich, B.	Stoffliche Betrachtungen der dezentralen Niederschlagswasserbehandlung (2010) 164 Seiten, 87 Abb., 28 Tabellen, <b>Euro 38,-</b>
Heft 200	38. Abwassertechnisches Seminar	Abwasseranlagen – Sanieren, Zentralisieren – Optimieren? (2010) 196 Seiten, 71 Abb., 20 Tabellen, <b>Euro 38,-</b>

- 
- |          |                                 |  |
|----------|---------------------------------|--|
| Heft 201 | Koch, K.                        | Verfahrenstechnische Untersuchungen und mathematische Modellierung der Prozesse bei der Vergärung von Grassilage (2010)<br>122 Seiten, 46 Abb., 19 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>   |
| Heft 202 | Kieu, H.                        | Heavy metal removal by a heavy metal tolerant sulfidogenic consortium in anaerobic semicontinuous stirred tank reactors (CSTR): Changes of microbial community structure (2011)<br>93 Seiten, 23 Abb., 7 Tabellen, <b>Euro 38,--</b> |
| Heft 203 | 39. Abwassertechnisches Seminar | Gewässerschutz und Nährstoffe - Einträge, Bewertung, Elimination (2011)<br>196 Seiten, 71 Abb., 20 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>   |
| Heft 204 | Wagner, M.                      | Anwendung und Vergleich bildgebender Verfahren zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung der Struktur von Biofilmen in der Mikro- und Mesoskala (2011)<br>168 Seiten, 69 Abb., 11 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>             |
| Heft 205 | Martinez, D.                    | Anaerobic Submerged Membrane Bioreactor (MBR) treating municipal wastewater under mesophilic and psychrophilic temperature conditions (2011)<br>113 Seiten, 32 Abb., 14 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>                                  |
| Heft 206 | Behle, C.                       | Sonnenlichtabhängige Inaktivierung und Akkumulation fäkaler Indikatorbakterien in Fließgewässern (2011)<br>99 Seiten, 33 Abb., 24 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>  |
| Heft 207 | Simstich, B.                    | Einsatz der getauchten MBR-Technologie zur thermophil aeroben Behandlung von Kreislaufwässern der Papierherstellung (2012)<br>111 Seiten, 49 Abb., 17 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>  |
| Heft 208 | 40. Abwassertechnisches Seminar | Weitergehende Abwasserreinigung – brauchen wir eine vierte Reinigungsstufe (2012)<br>146 Seiten, 51 Abb., 29 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>   |
| Heft 209 | Rocktäschel, T.                 | Treatment of municipal wastewater with aerobic granules- Influence of different feeding strategies (2013)<br>85 Seiten, 64 Abb., 13 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>  |
| Heft 210 | 41. Abwassertechnisches Seminar | Klärschlamm – Energie- und Wertstoffressource (2013)<br>162 Seiten, 52 Abb., 13 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>  |
| Heft 211 | 42. Abwassertechnisches Seminar | Zukunftsfähige Bewirtschaftungskonzepte für Niederschlagsabwasser (2014)<br>209 Seiten, 67 Abb., 8 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>   |
| Heft 212 | 43. Abwassertechnisches Seminar | Energieeffiziente Verfahren zur Stickstoffelimination - Innovationen aus der Forschung und Erfahrungen aus der Praxis (2015)<br>219 Seiten, 72 Abb., 14 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>  |

Heft 213	Huber, M., Helmreich, B., Welker, A.	Einführung in die dezentrale Niederschlagswasserbehandlung für Verkehrsflächen- und Metalldachabflüsse: Schacht-/ Kompaktsysteme, Rinnensysteme, Straßeneinläufe und Flächenbeläge (2015) 96 Seiten, 4 Abb., 3 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>
Heft 214	44. Abwassertechnisches Seminar	Bedarfsgerechte Energiebereitstellung durch Kläranlagen als Baustein der Energiewende (2016) 156 Seiten, 53 Abb., 4 Tabellen, <b>Euro 38,--</b>
Heft 215	45. Abwassertechnisches Seminar	Weitestgehende Phosphorelimination auf kommunalen Kläranlagen – Möglichkeiten und Grenzen (2017) 170 Seiten, <b>Euro 38,--</b>
Heft 216	46. Abwassertechnisches Seminar	Innovative Strategien zum Umgang mit Klärschlamm (2018), 159 Seiten, <b>Euro 38,--</b>
Heft 217	30. Wassertechnisches Seminar	Strategien für den Umgang mit Grundwasserkontamination durch perfluorierte Verbindungen (PFCs), 86 Seiten, <b>Euro 38,--</b>
Heft 218	47. Abwassertechnisches Seminar	Weitergehende Abwasserbehandlung - Anforderungen, Finanzierung und Umsetzung, 185 Seiten, <b>Euro 38,--</b>
Heft 219	BMBF-Projekt TrinkWave Abschlussbericht	Planungsoptionen und Technologien der Wasserwiederverwendung zur Stützung der Trinkwasserversorgung in urbanen Wasserkreisläufen (TrinkWave), 266 Seiten, kostenlos
Heft 220	31. Wassertechnisches Seminar	Neue Anforderungen an die Trinkwasseraufbereitung durch perfluorierte Verbindungen (PFAS), 122 Seiten, <b>Euro 38,--</b>
Heft 221	48. Abwassertechnisches Seminar	Regenwasserbewirtschaftung in Zeiten des Klimawandels, 174 Seiten, <b>Euro 38,--</b>
Heft 222	LfU-Projekt 4. Reinigungsstufe Weißenburg Schlussbericht	Pilotprojekt 4. Reinigungsstufe auf der Kläranlage Weißenburg, Erfahrungen im Regelbetrieb, 158 Seiten
Heft 223	SubµTrack Schlussbericht	Tracking von (Sub)Mikroplastik unterschiedlicher Identität – Innovative Analysetools für die toxikologische und prozesstechnische Bewertung, 243 Seiten
Heft 224	32. Wassertechnisches Seminar	Pathogene und antibiotikaresistente Bakterien im Wasserkreislauf, 118 Seiten, <b>Euro 38,--</b>
Heft 225	49. Abwassertechnisches Seminar	Wasserwiederverwendung – Potential und Anwendungen in Deutschland, 125 Seiten, <b>Euro 38,--</b>
Heft 226	50. Abwassertechnisches Seminar	Jubiläumsveranstaltung zu 50 Jahren Abwasserforschung – Impulse für die Zukunft, 241 Seiten, <b>Euro 38,--</b>
Heft 227	Aqua Urbanica Garching 2023	Die wasser- und schadstoffbewusste Stadt – Klimaangepasstes Regenwassermanagement trifft Schadstoffproblematik, 337 Seiten

- Heft 228 Drewes, J.E. et al. BMFTR-Verbundprojekt: Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung
- Heft 229 Zumkeller, F., Gockel, L., Walter, H. BMFTR-Verbundprojekt: Nutzwasserbereitstellung und Planungsoptionen für die urbane und landwirtschaftliche Bewässerung - Voraussetzungen für eine genehmigungsrechtliche Implementierung und Handlungsempfehlungen für den behördlichen Vollzug
- Heft 230 Drewes, J.E. et al. BMFTR-Verbundprojekt: Großtechnische Erprobung neuer Entwicklungen bei der Sequentiellen Grundwasseranreicherung