aqua consult Ingenieur GmbH

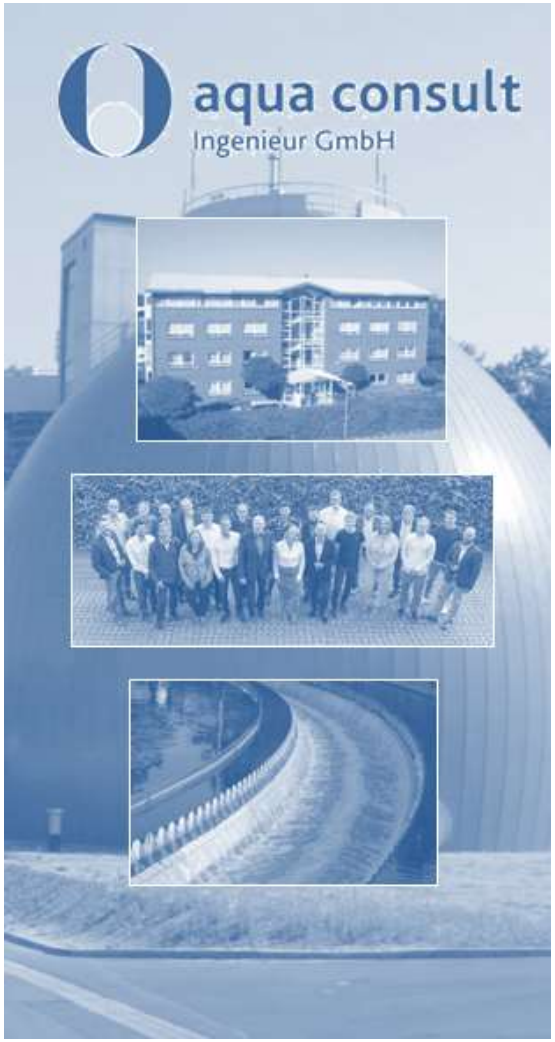
Ertüchtigung kommunaler Kläranlagen mit dem Membranbelebungsverfahren

2. DGMT Stakeholder Dialog am 30.11.2023

Dr.-Ing. Harald Exler

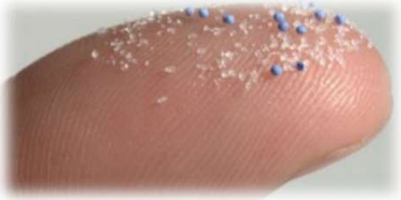
aqua consult Ingenieur GmbH

- Umfangreiche Erfahrungen seit 40 Jahren
- kommunale und industrielle Projekte
- Ca. 60 Mitarbeiter/innen
- Standorte in Hannover, Erfurt, Oldenburg und Rostock
- Kernkompetenzen
  - Kläranlagen, Kanalisation, Wasserversorgung, Abfall- und Energiewirtschaft
- National und International tätig
  - Projekte jeglicher Größenordnung
- Alle Fachingenieure im Hause
- Forschungsaktivitäten und Mitwirkungen in Fachverbänden



Herausforderungen für die (Siedlungs-)Wasserwirtschaft

- Wasserverknappung
- Spurenstoffe
- Mikroplastik
- Krankheitserreger / Multiresistente Keime
- Energie/CO_2-Neutralität
- Verschärfte Einleitbedingungen
- Reinvestitionsbedarf
- Kapazitätsanpassungen der vorhandenen Infrastruktur
- Starkregen
- …



Membrantechnik als Baustein der Lösung(en)

- Wasserverknappung → Wasserwiederverwendung („Water Reuse“)
- Spurenstoffe → Einsatz in kombinierten Verfahren (z.B. PAK + UF oder UF + GAK)
- Mikroplastik → (vollständiger) Rückhalt
- Krankheitserreger / Multiresistente Keime → Verminderung von Antibiotikaresistenzen
- Verschärfte Einleitbedingungen → weitergehende Elimination von Nährstoffen (CSB, N, P)
- Energie/CO_2-Neutralität → Energiebedarf auf dem Niveau von konv. Anlagen möglich
- Reinvestitionsbedarf → Möglichkeit der Integration in bestehende Anlagen
- Kapazitätsanpassungen der vorhandenen Infrastruktur → Erweiterung ohne aufwendige Bautechnik möglich

Projektbeispiele – Ertüchtigung kommunaler Kläranlage mit MBR-Verfahren

- Klärwerk Lindau

Projektbeispiel – Klärwerk Lindau

Randbedingungen

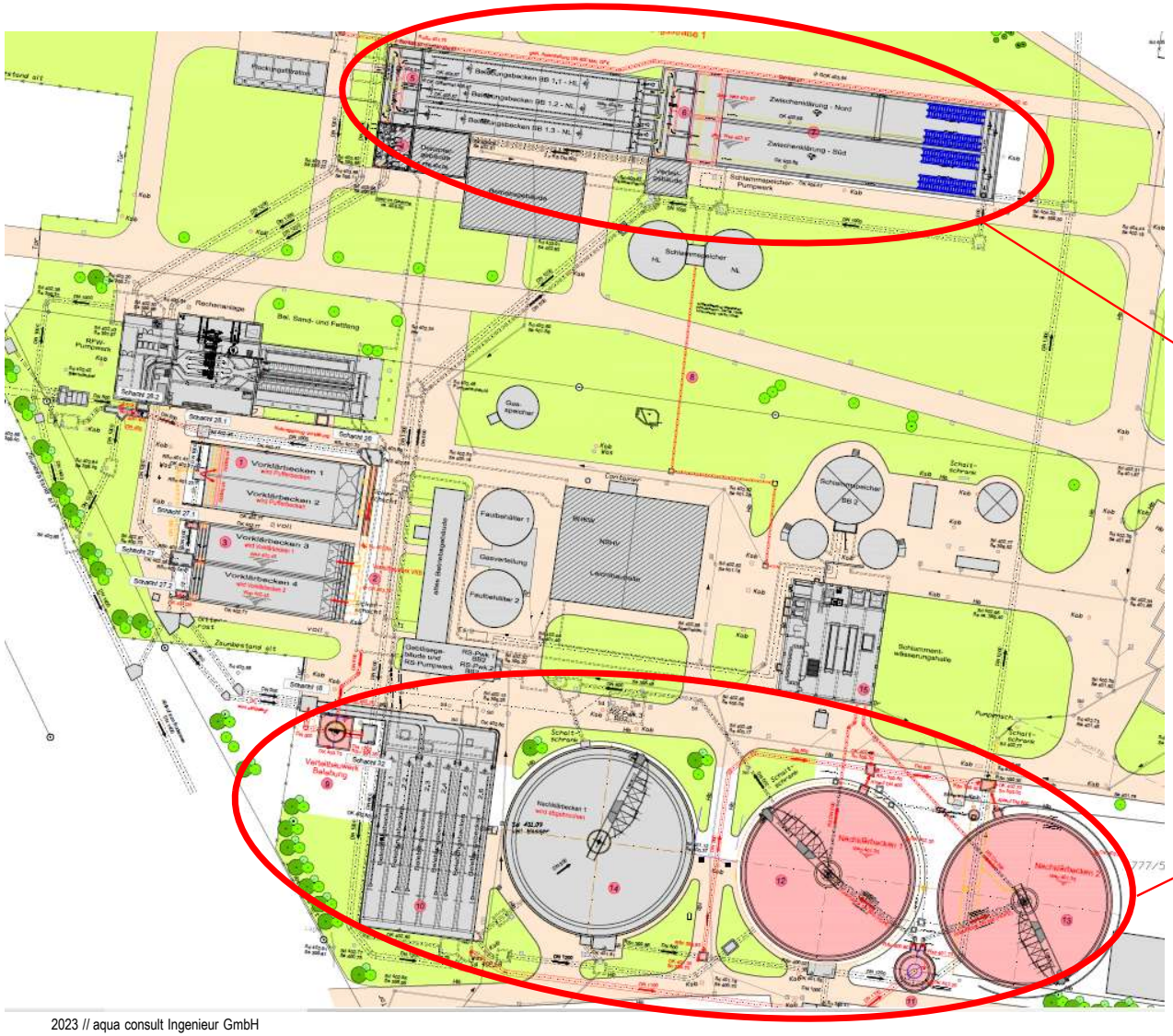
- Ausbaugröße bislang 60.000 EW
- 2 stufige Belebungsanlage nach „NH_4PO-Verfahren“ Anfang der 90er Jahre
  - Rechen
  - Sand-/Fettfang
  - Vorklärung
  - 1.Belebungsstufe (Hoch- und Niederlast) V = 3.750 m³
  - Zwischenklärung
  - 2.Belebungsstufe V = 3.024 m³
  - Nachklärung
  - Flockungsfiltration

Projektbeispiel – Klärwerk Lindau

Zielstellung

- Grundhafte Sanierung und Neukonzeption
  - u.a. Betonkorrosion an VKBs
  - NKBs zu flach und teil. aufgeschwommen
  - Maschinentechnik teilw. abgängig
  - Auflösung NH4PO-Verfahren

- Kapazitätsanpassung an aktuelle Belastung (Berücksichtigung von Zuwachs)
- Ausbaugröße zukünftig 72.000 EW



Projektbeispiel – Klärwerk Lindau

Planungsansatz 2019 – vorheriges Planungsbüro

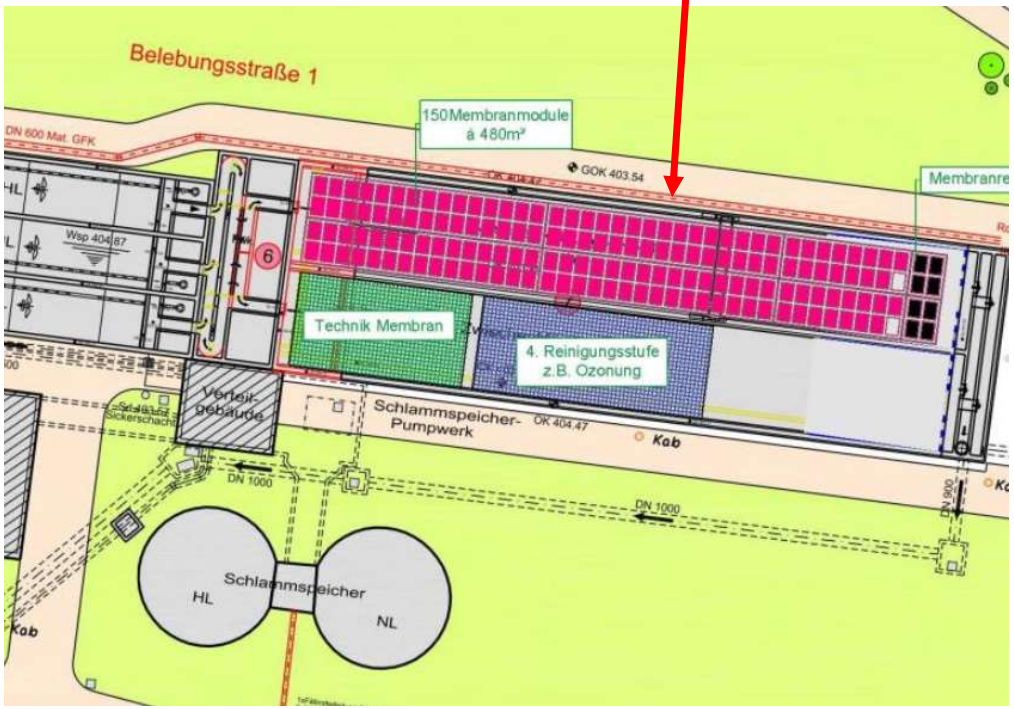
Belebungsstraße 1
Weiternutzung Zwischenklärbecken als Nachklärbecken

Belebungsstraße 2
Neubau von 2 Nachklärbecken

Projektbeispiel – Klärwerk Lindau

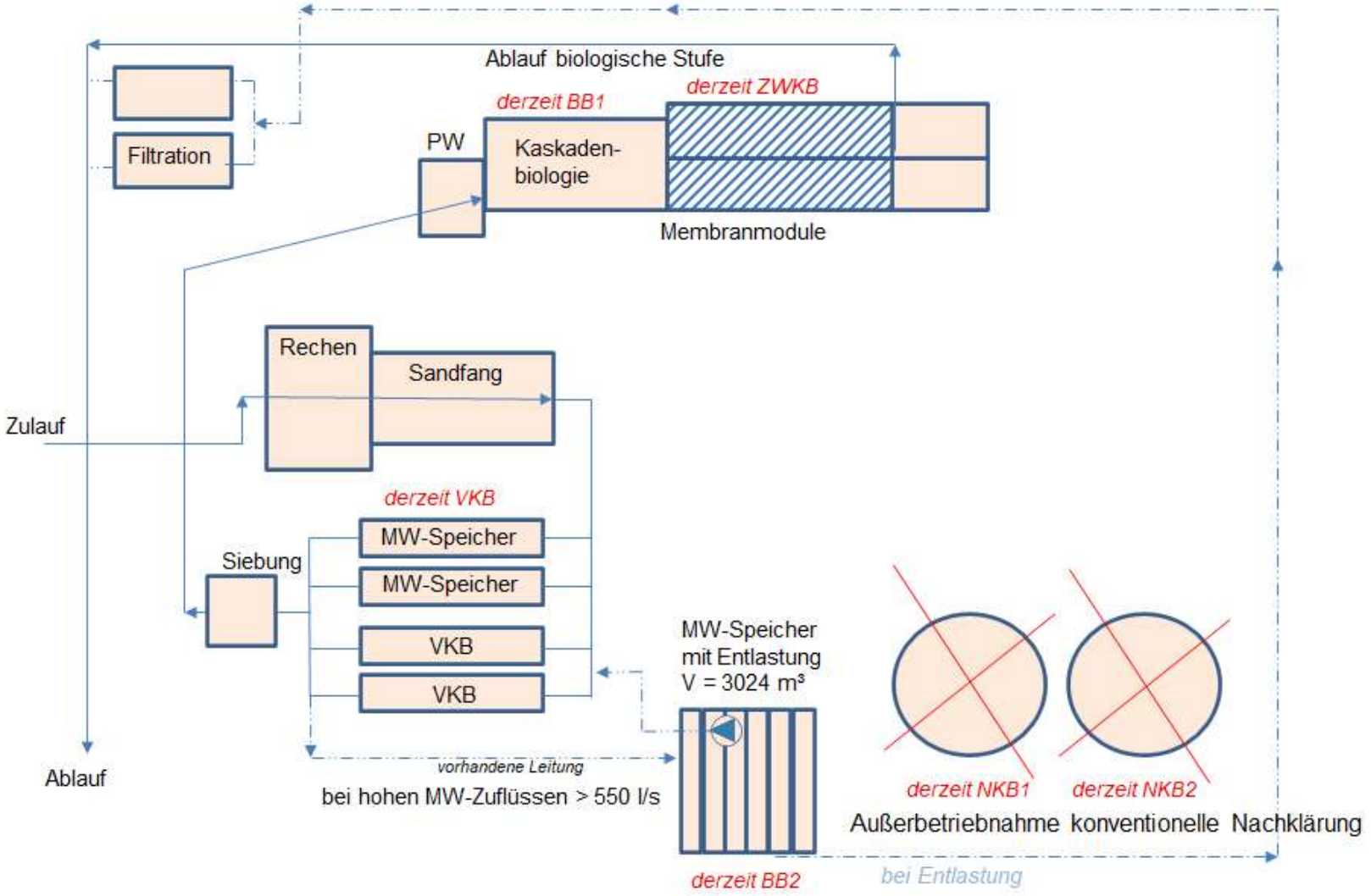
Value Engineering durch aqua consult 2019

- Vorschlag zur Untersuchung des Einsatzes der Membrantechnik → Umbau zum MBR-Verfahren
- Erweiterung Vorplanung um MBR-Variante
  - Umgestaltung BB 1 zur „Kaskadenbiologie“
  - Integration von Membranmodulen in das bestehende Zwischenklärbecken zur Belebtschlammabtrennung
  - Entwicklung neues Behandlungsschema, Nutzung von frei werdenden Beckenvolumina zur Mischwasserspeicherung/-pufferung
  - Reduktion von Q_M von 684 l/s auf 550 l/s (biol. Stufe)
    - trotzdem Reduktion der MW-Abschläge im vorgelagerten RÜB



Projektbeispiel – Klärwerk Lindau

Neues Behandlungsschema



Projektbeispiel – Klärwerk Lindau

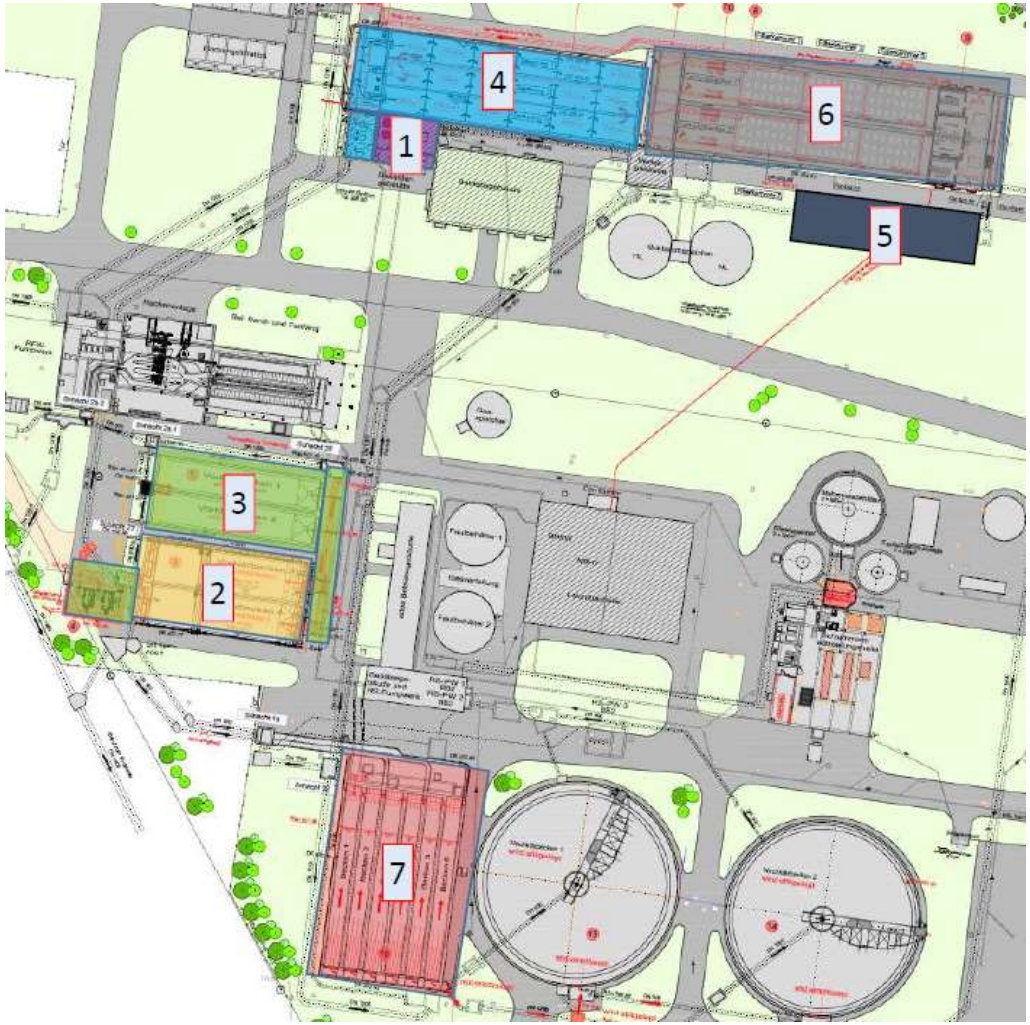
Ergebnis Vorplanung:

- Projektkostenbarwerte

  Variante 1 (konventionell): 20,3 Mio €

  Variante 2 (MBR): 18,9 Mio €

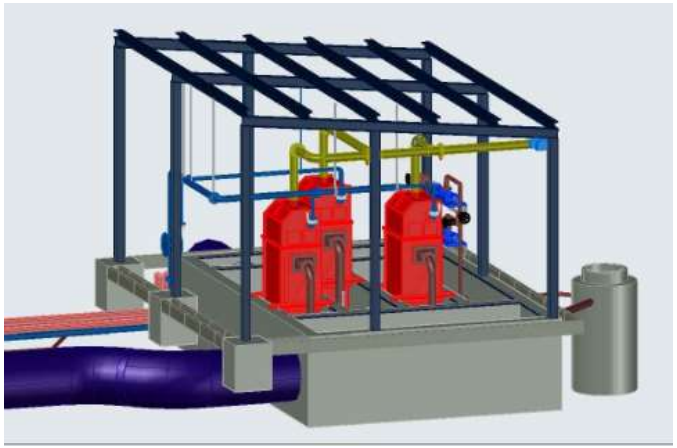
- **Entscheidung für MBR-Variante**
- Weitergehende Planung durch aqua consult
  - Austausch ÜS-Eindickung (1)
  - Sanierung VKB / Pufferbecken / Errichtung Siebanlage (2/3)
  - Umbau Biologie (Kaskade) (4)
  - Umbau ZKB → Membranfiltration inkl. Peripherie (5/6)
  - Umbau ehem. BB 2 zum Spitzenausgleichsbecken (7)

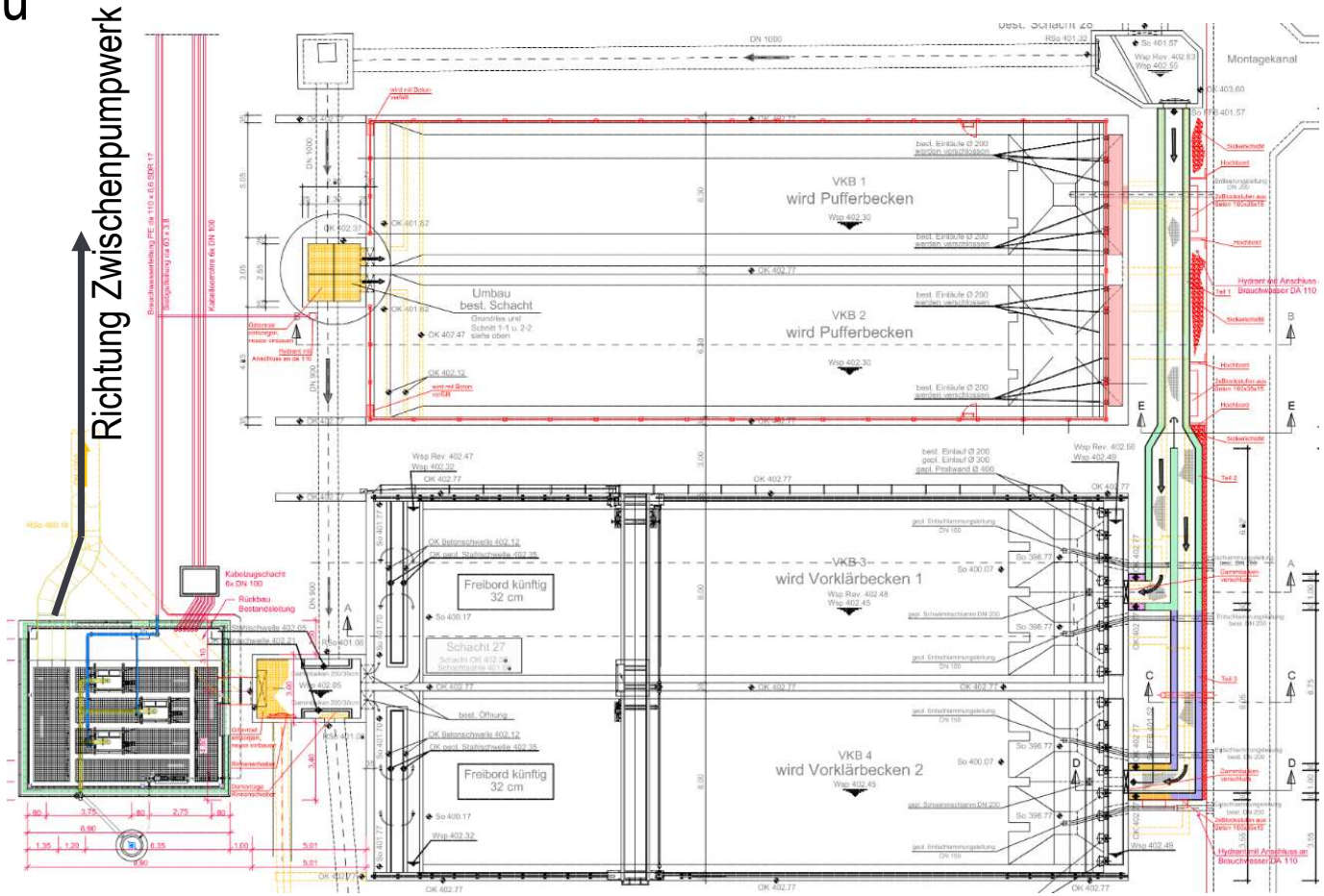


Projektbeispiel – Klärwerk Lindau

Integration Siebanlage

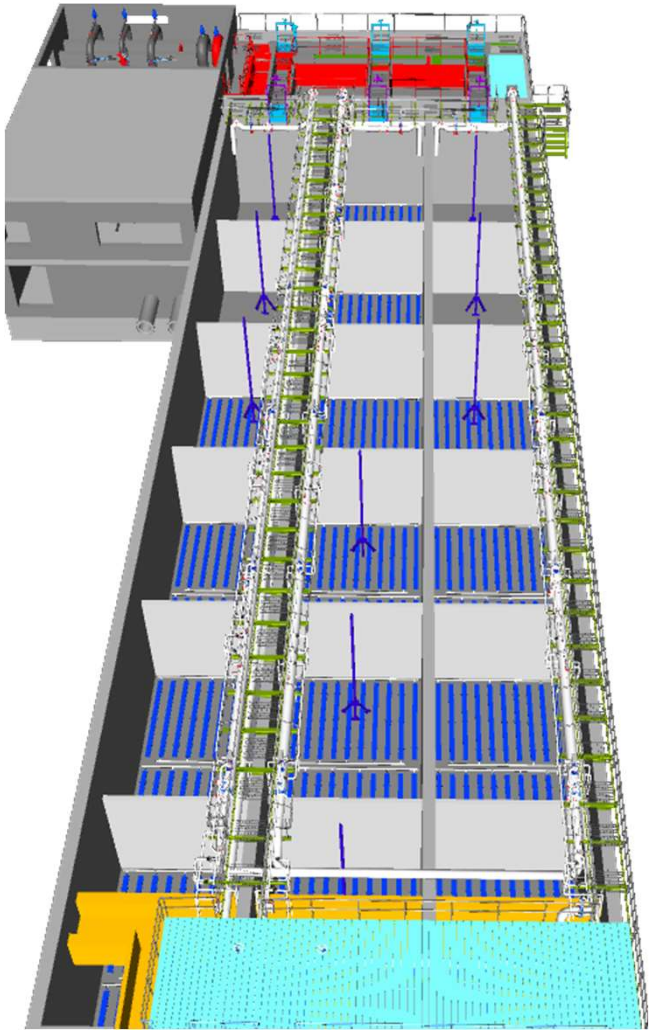
- 3 straßig (2+1 Aufstellung)
- Siebandrechen 1 mm Loch bzw. Wabe

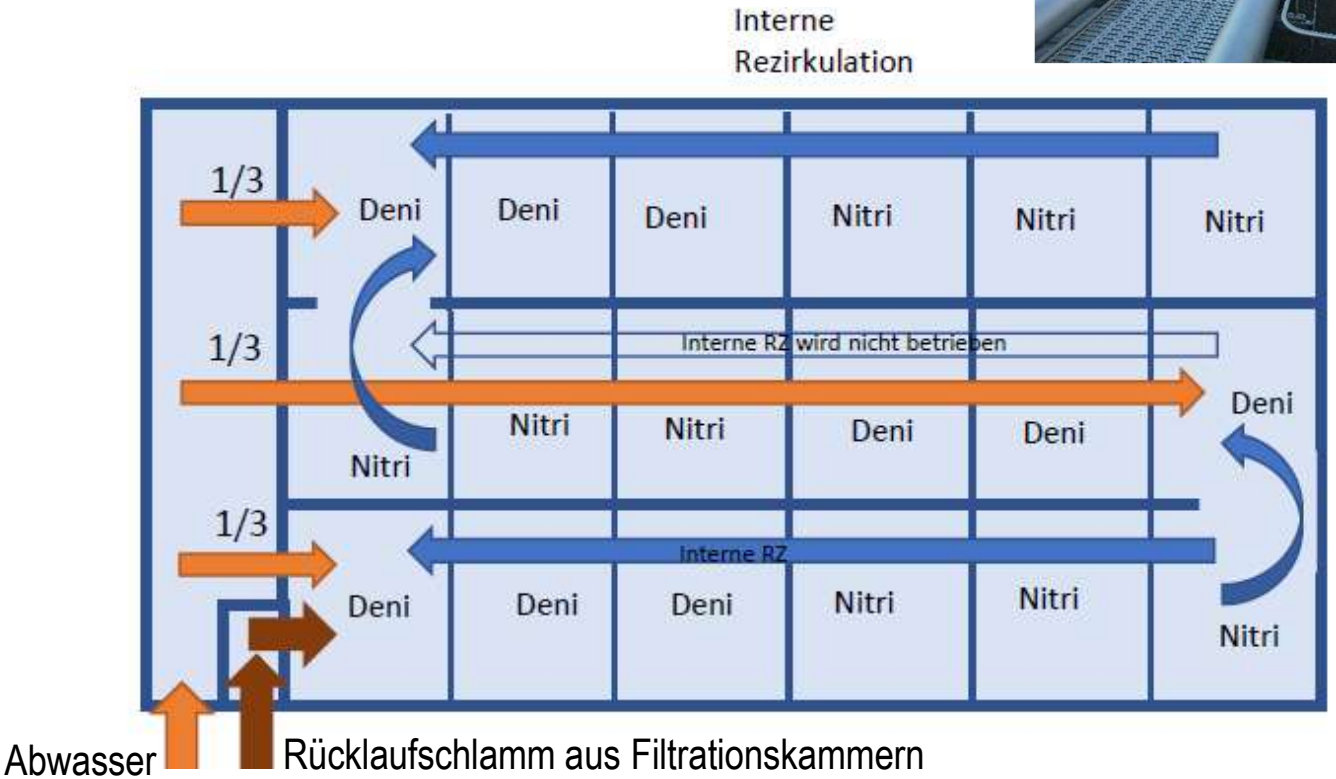




Projektbeispiel – Klärwerk Lindau

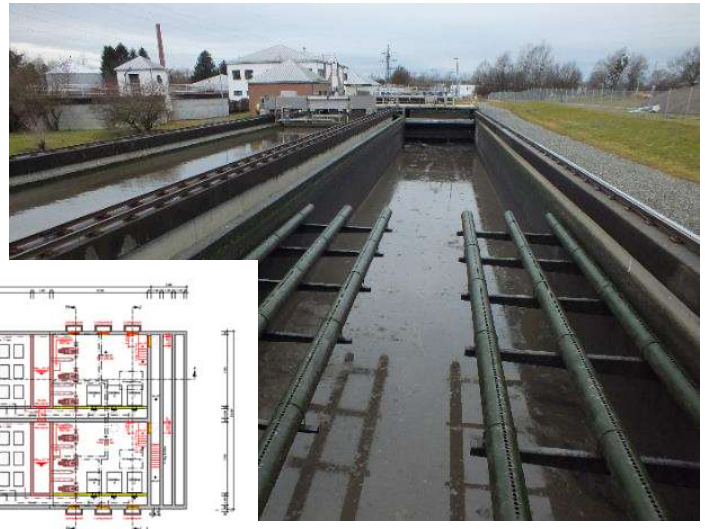
Umbau Biologie → Kaskadendenitrifikation

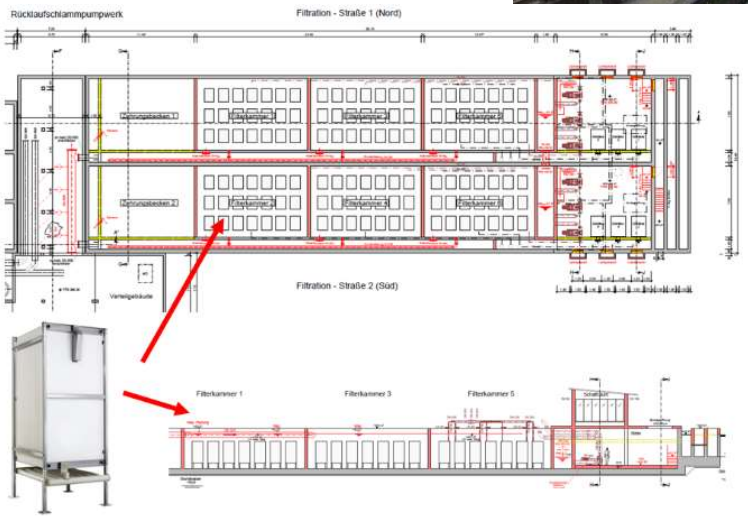


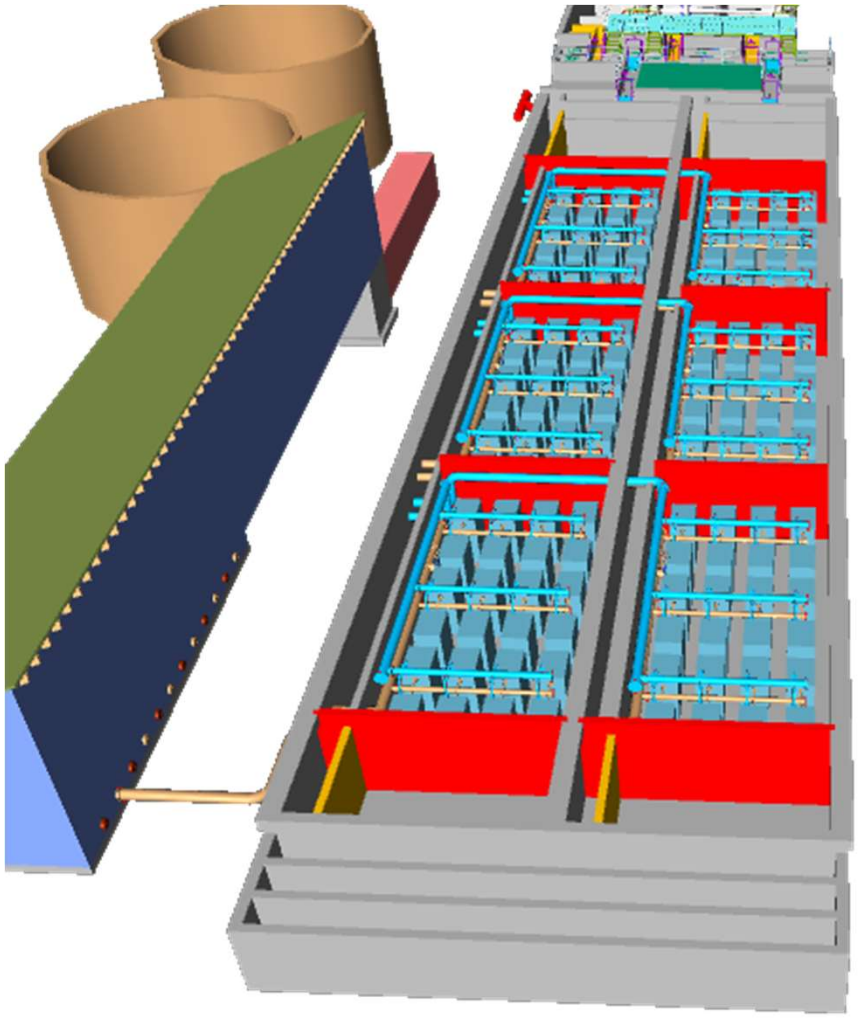


Projektbeispiel – Klärwerk Lindau

Integration Membranmodule in Zwischenklärung





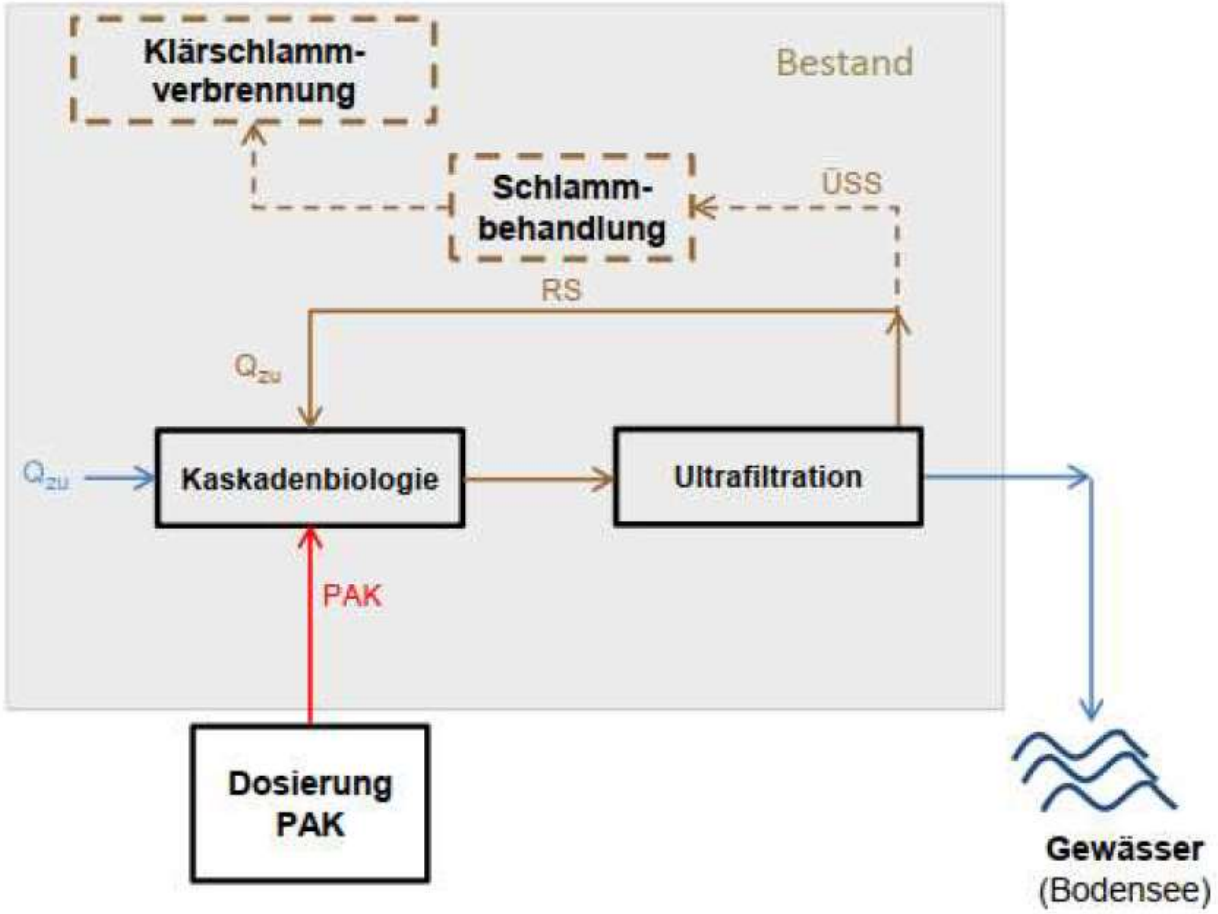


Projektbeispiel – Klärwerk Lindau

Integration Spurenstoffelimination

- Bayerische Spurenstoffstrategie
  - 13 priorisierte Anlagen, darunter KW Lindau

- Machbarkeitsstudie zur Integration einer Spurenstoffelimination
  - Untersuchung versch. Verfahren
  - **PAK-Dosierung** als Vorzugslösung



Projektbeispiele – Ertüchtigung kommunaler Kläranlage mit MBR-Verfahren

- Klärwerk Wolfsburg (Kläranlage Stahlberg)

Foto: Wolfsburger Entwässerungsbetriebe

Projektbeispiel – Klärwerk Wolfsburg

Randbedingungen

- Hydraulische Aus-/Überlastung der Nachklärung
- Kapazitätssteigerung
- Abwasserverregnung auf landwirtschaftlichen Flächen

- Mögl. Lösungsansätze
  - Bau 3. Nachklärung
  - Teil- Umbau mit MBR-Verfahren

Projektbeispiel – Klärwerk Wolfsburg

Betrachtungen zum
Teilumbau zweier Becken zur
„Membran-Straße“

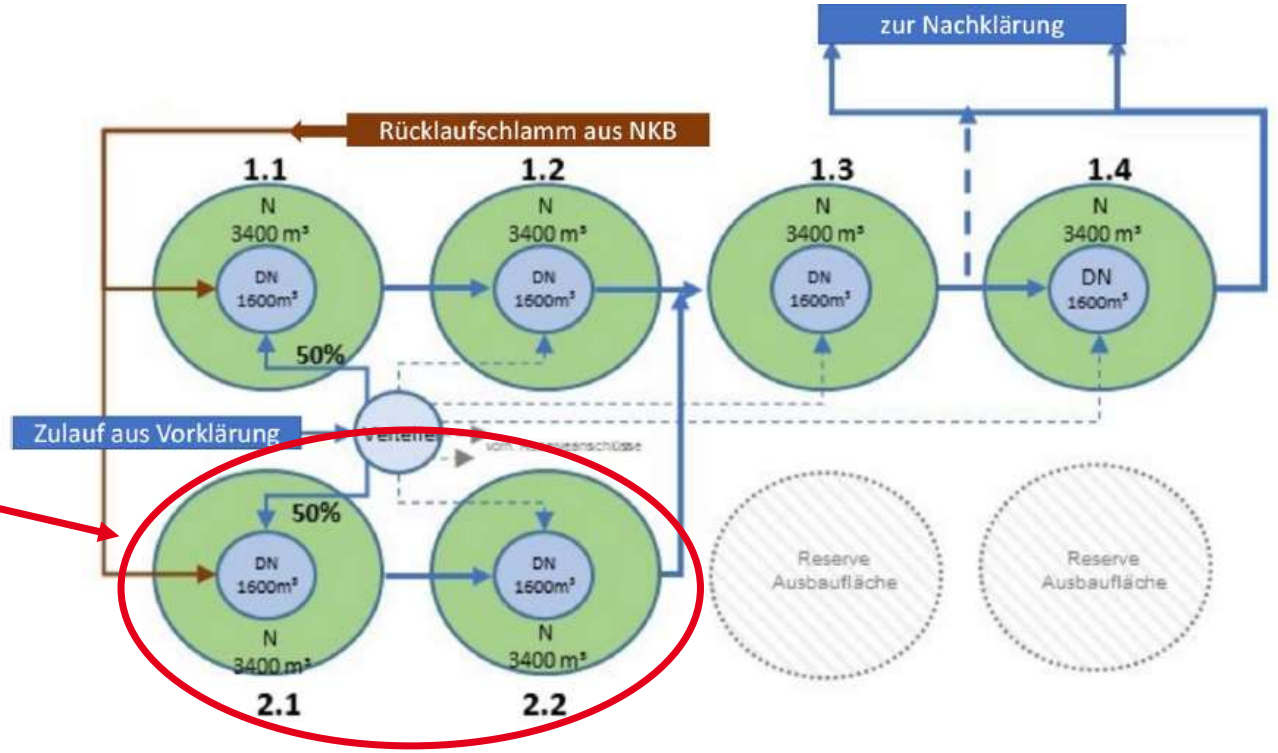
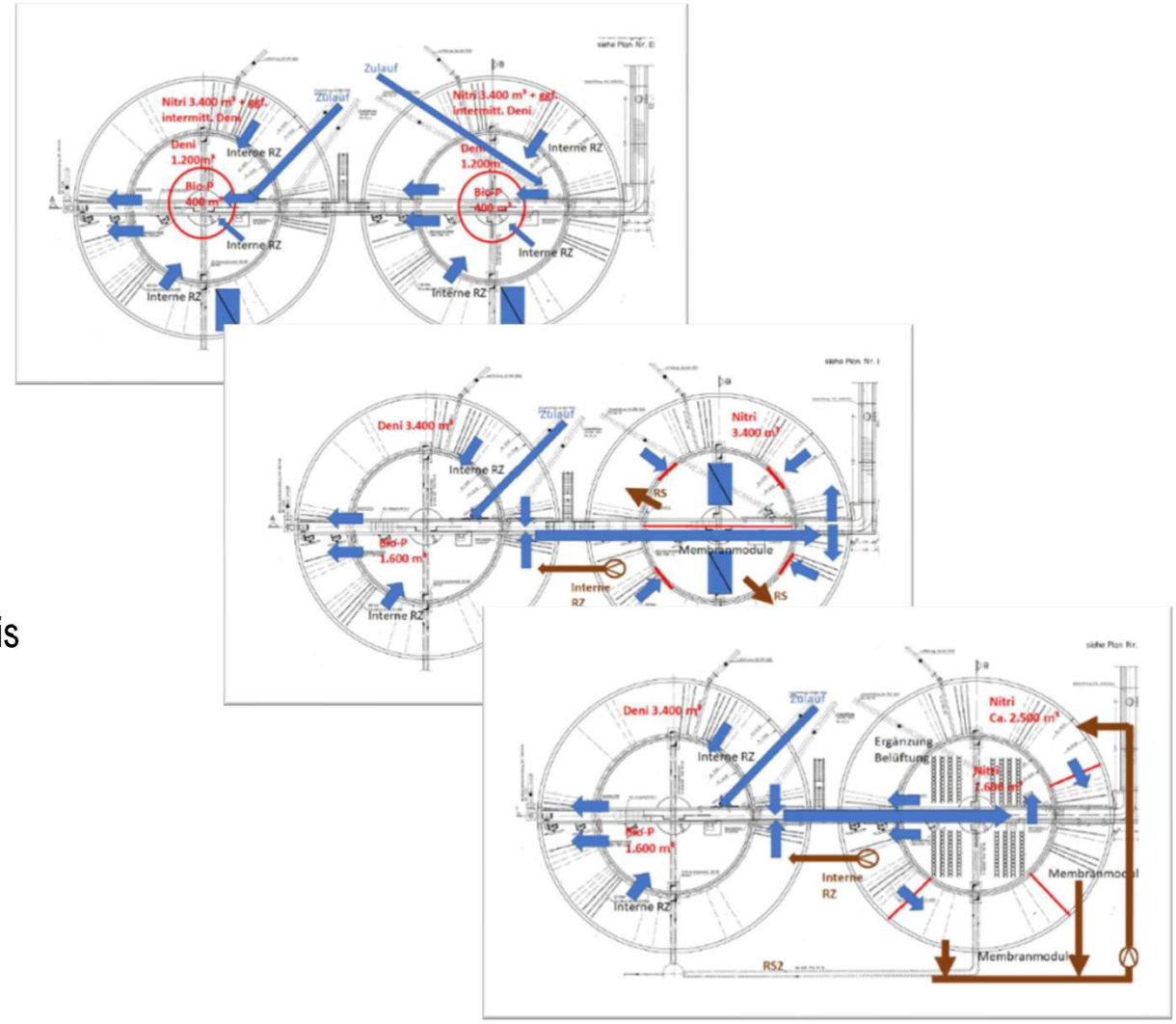


Abbildung 2: Auszug Schema KA Stahlberg (Quelle: WiW mbH, 2022 verändert)

Projektbeispiel – Klärwerk Wolfsburg

Integration „Membranstraße“

- Studie durch aqua consult
- Untersuchung verschiedener verfahrenstechnischer Konfigurationen und Berechnung der theoretischen Behandlungskapazität der „Membran-Straße“
  - ➢ Theoretische Behandlungskapazitäten je nach Konfiguration und Betriebsweise im Bereich 45% bis 98% des Gesamtzulaufes



Projektbeispiel – Klärwerk Wolfsburg

Integration „Membranstraße“

- Ergebnis Expertendialog
  - Schaffung separater Filtrationszellen favorisiert
  - Next-Step
    - Versuche mit ausgewählten Modulherstellern

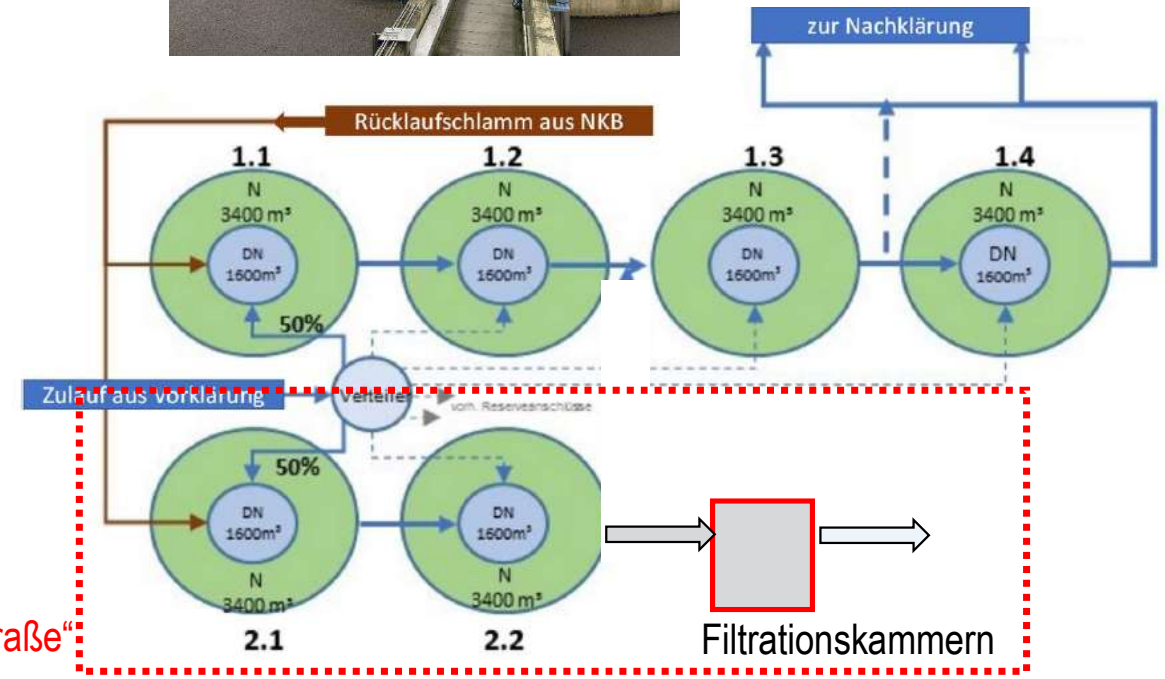


Abbildung 2: Auszug Schema KA Stahlberg (Quelle: WiW mbH, 2022 verändert)

Projektbeispiel – Klärwerk Wolfsburg

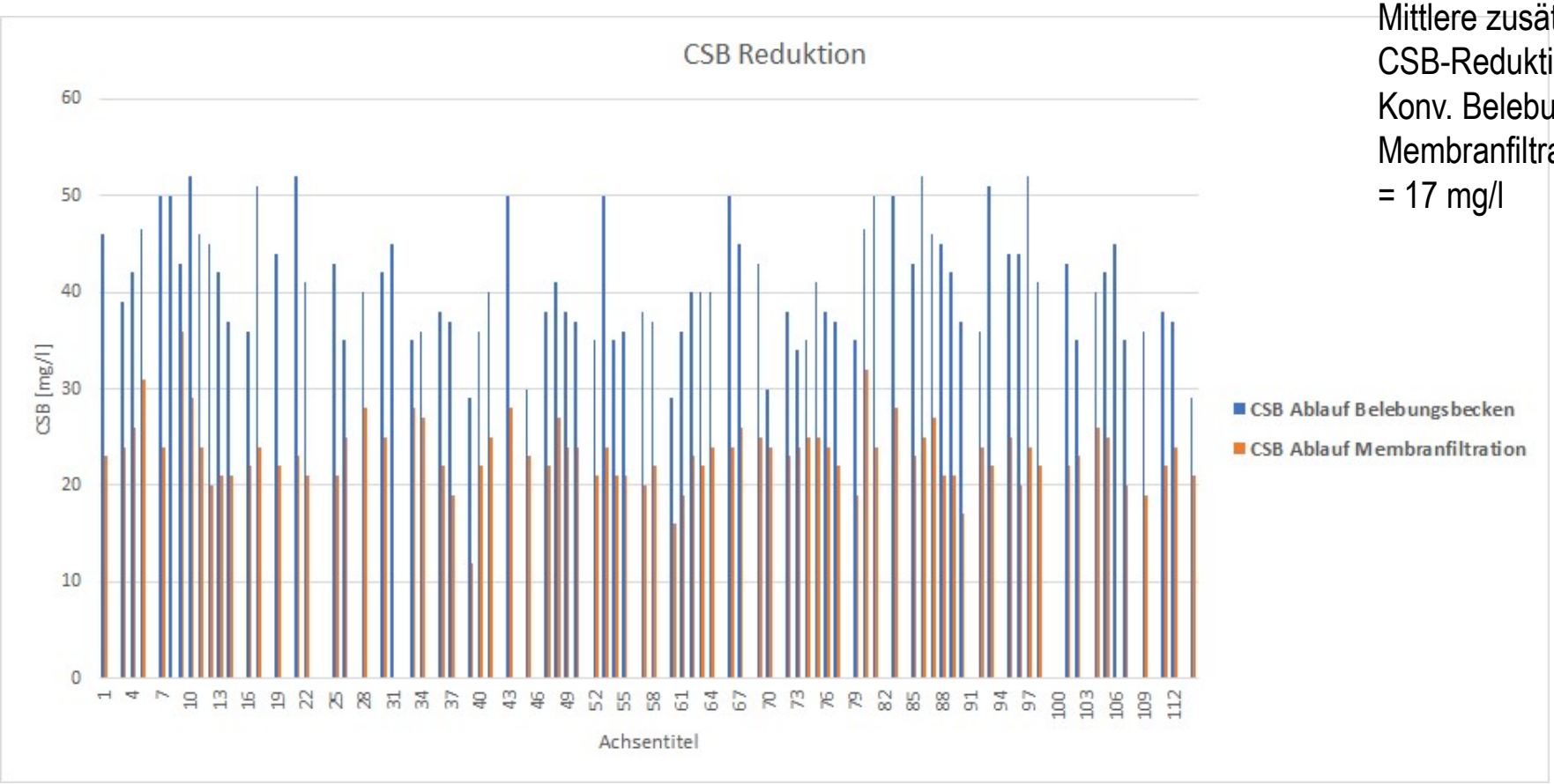
Versuche zur Membranfiltration

- 3 Modulhersteller (2x Hohlfaser, 1x Platte)

- Ergebnisse
  - hohe Betriebsstabilität aller Module
  - hohe Fluxraten erzielbar bei moderatem Permeabilitätsrückgang, trotz hoher Feststoffgehalte (teilw. >> 10 g/l)
  - Rückhalt von E.Coli dauerhaft gewährleistet
  - Zusätzlicher Reinigungseffekt

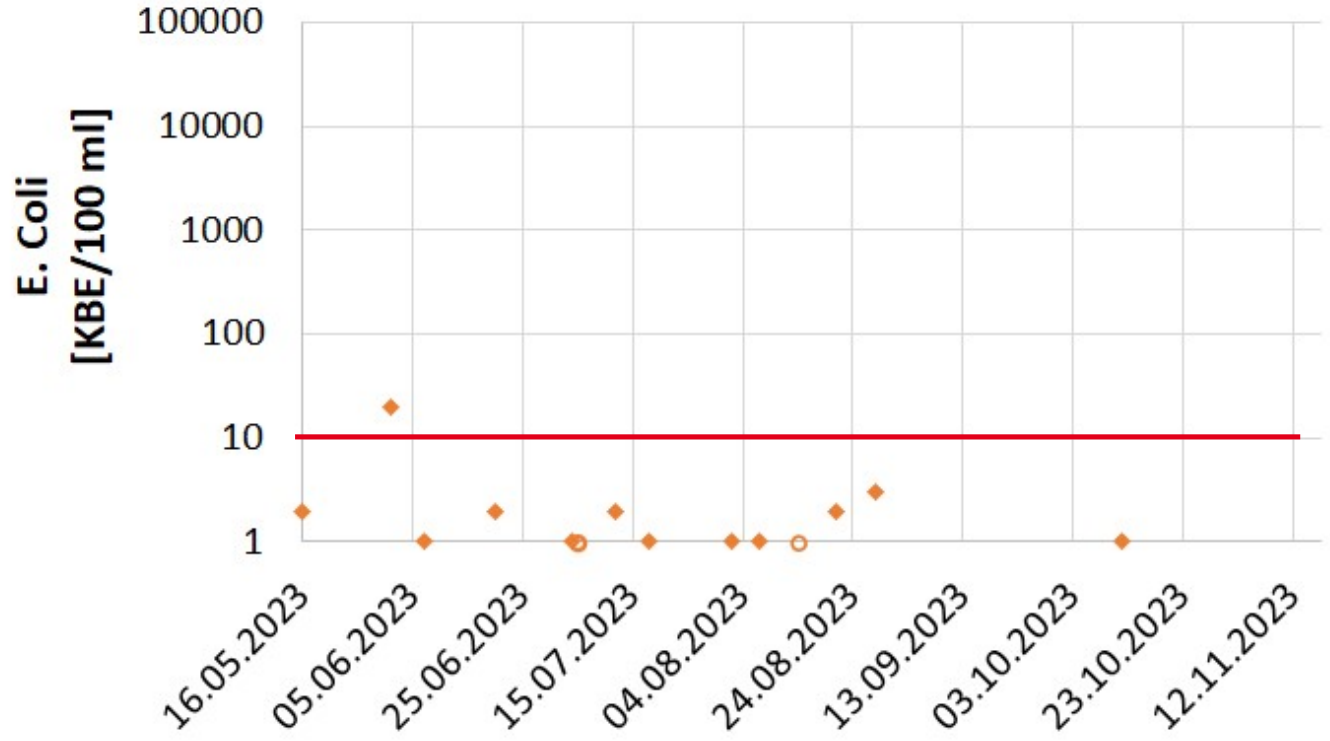
membion
MBR TECHNOLOGY

Versuche mit versch. Membranmodulen



Mittlere zusätzliche CSB-Reduktion Konv. Belebung vs. Membranfiltration = 17 mg/l

Versuche mit versch. Membranmodulen



Mittlere Keimbelastung im Permeat
= 1,6 KBE/100 ml

aqua consult Ingenieur GmbH

Mindestanforderungen an die Qualität des aufbereiteten Wassers entsprechend Verordnung (EU) 2020/741

Güteklasse	Kategorie der Kulturpflanzen	Bewässerungsmethode	Zielvorgabe für die Technik	E. coli (Anzahl/100 ml)	BSB5 (mg/l)	TSS (mg/l)	Trübung (NTU)	Sonstige
A	Alle roh verzehrten Nahrungsmittelpflanzen, deren essbarer Teil unmittelbar mit aufbereitetem Wasser in Kontakt kommt und roh verzehrte Hackfrüchte	Alle Bewässerungsmethoden	Mech.-biol. Behandlung Filtration, Desinfektion	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	Legionella spp.: < 1000 KBE/l, wenn das Risiko der Aerosolbildung besteht. Intestinale Nematoden (Eier von Helminthen): ≤ 1 Ei/Liter für die Bewässerung von Weideflächen oder Futterpflanzen
B	Roh verzehrte Nahrungsmittelpflanzen, deren essbarer Teil über dem Boden erzeugt wird und nicht unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt, verarbeitete Nahrungsmittelpflanzen und Non-Food-Kulturen, einschließlich Futterkulturen für milch- und fleischerzeugende Tiere	Alle Bewässerungsmethoden	Mech.-biol. Behandlung Desinfektion	≤ 100	Gemäß Richtline 91/271/EWG (Anhang I Tabelle 1)	Gemäß Richtline 91/271/EWG (Anhang I Tabelle 1)	-	
C	Roh verzehrte Nahrungsmittelpflanzen, deren essbarer Teil über dem Boden erzeugt wird und nicht unmittelbar mit dem aufbereiteten Wasser in Kontakt kommt, verarbeitete Nahrungsmittelpflanzen und Non-Food-Kulturen, einschließlich Futterkulturen für milch- und fleischerzeugende Tiere	Tropf-Bewässerung oder eine andere Bewässerungsmethode, bei der ein unmittelbarer Kontakt mit dem essbaren Teil der Pflanze vermieden wird	Mech.-biol. Behandlung Desinfektion	≤ 1.000			-	
D	Industrie- und Energiepflanzen sowie aus Saatgut gewonnene	Alle Bewässerungsmethoden	Mech.-biol. Behandlung Desinfektion	≤ 10.000			-	

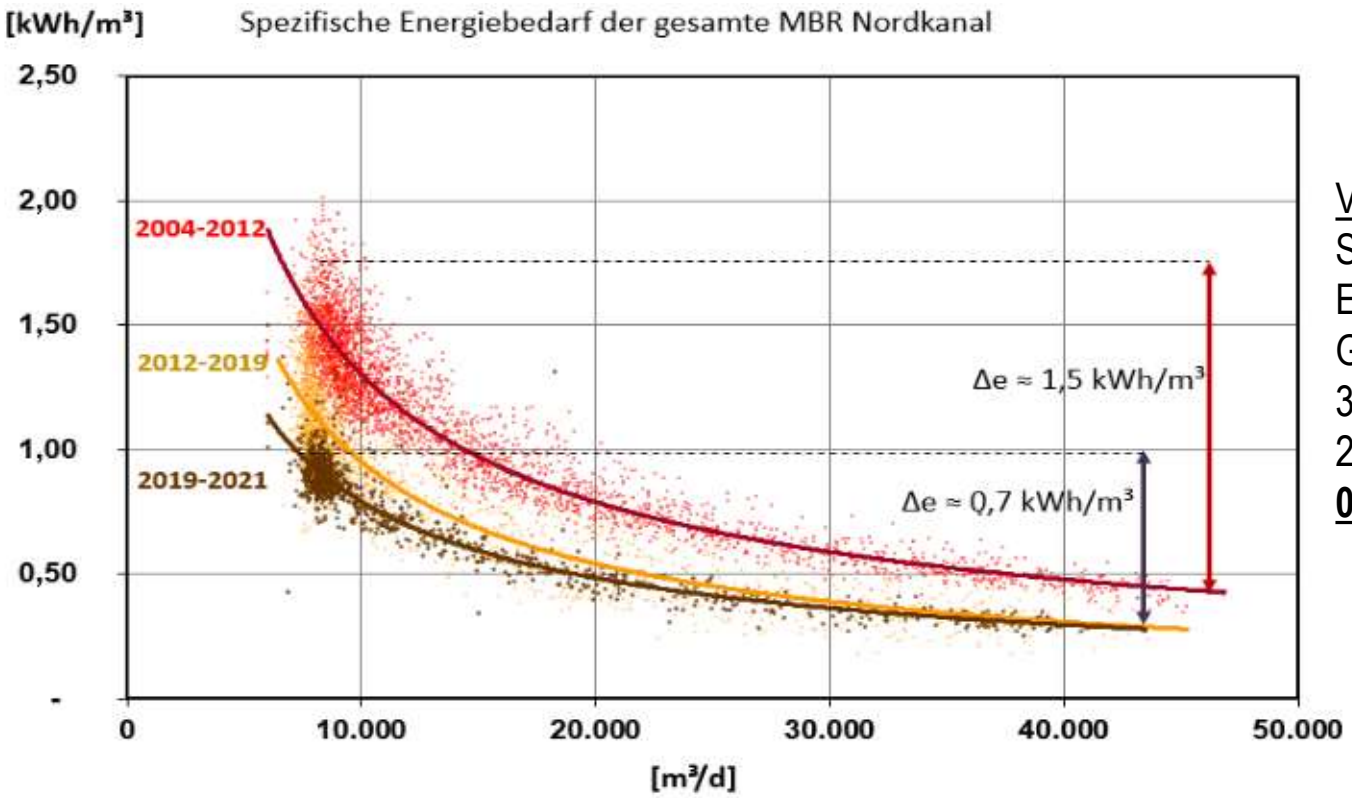


Abbildung 10.1: Änderung des spezifischen Strombedarfs des MBR Nordkanal aufgrund betrieblicher Optimierungen (Daten bis August 2021)

Vergleich:
Spez. Energieverbrauch Gesamt DWA 35. Leistungsvergleich 2022:
0,42 kWh/m³

Quelle:

BASTIAN, D.; DRENSLA, K.; BAUMGARTEN, S.; WACHENDORF, N.; THIEMIG, C.; EHLEN, K.;
LE, H.; MONTAG, D.; WINTGENS., T. (2021): Bewertung und Optimierung des Betriebs von Membranbioreaktoren bei simultaner Pulveraktivkohle-Zugabe – MBR-AKTIV.
Kurzbericht zum gleichnamigen Forschungsvorhaben, gefördert vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.

	Konstant	Dosis	Volumen-proportional	Stoßdosierung	Referenzstraße			
	TW	RW						
	VZ2	VZ4	VZ3	VZ7	VZ2	VZ4	VZ3	VZ7
Mittlere PAK-Dosis im Versuchszeitraum [g_{PAK}/m^3]	**10,5**±7,3	**7,4**±5,0	**6,5**±5,7	**7,8**±6,9	0	0	0	0
Parameter								
Benzotriazol (BZT)	71,3	81,2	75,8	65,7	57,4	77,5	71,8	52,9
Bisoprolol (BIS)	96,3	92,8	92,9	94,4	80,0	75,7	56,5	29,2
Candesartan (CAN)	63,3	51,5	46,1	42,1		45,5	22,6	
Carbamazepin (CBZ)	65	69,6	65	65,0		44,6		
Clarithromycin* (CLA)	81,5	37,5*	16,7*	80,0	59,3			56,0
Diclofenac (DCF)	73,7	65,8	42,8	57,3	39,2	47,6		
Methylbenzotriazol (M-BZT)	82,9	75,6	58,1	60,2	51,5	66,6	53,7	21,0
Metoprolol (MET)	96,7	92,5	93,7	90,3	79,4	81,4	71,6	56,0
N-Acetyl-SMX (NAc-SMX)	92,4	95,0	95,0	96,7	88,0	95,8	94	96,8
Sulfamethoxazol (SMX)	85,5	80,3	85,3	78,3	64,5	71,2	77,6	45,7
Telmisartan (TEL)	97,2	96,6	96,3	97,6	71,2	71,1	56,9	55,3
Tramadol (TMD)	51,6	40,8		37,8		30,3		
Valsartan (VAL)	96,6	87,7	89,7	88,7	93,3	89,2	86,1	51,9

x ≥ 90 % oder *C ≤ 0.05 µg/l; 80 ≤ x < 90 %; 60 ≤ x < 80 %;
20 % ≤ x < 60 %; x < 20 %

Eliminationsleistungen für Spurenstoffe durch PAK + Membran

Quelle:

BASTIAN, D.; DRENSLA, K.; BAUMGARTEN, S.; WACHENDORF, N.; THIEMIG, C.; EHLEN, K.;
LE, H.; MONTAG, D.; WINTGENS., T. (2021): Bewertung und Optimierung des Betriebs von Membranbioreaktoren bei simultaner Pulveraktivkohle-Zugabe – MBR-AKTIV. Kurzbericht zum gleichnamigen Forschungsvorhaben, gefördert vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen.