

Modernisierung des Klärwerks der Stadt Lindau

Einsatz des Membranbelebungsverfahrens
für eine zukunftsfähige Sanierung des
Klärwerks Lindau

Ausgangslage 2019

- Vergleich NH_4PO Verfahren zu einem Verfahren unter Anwendung des anerkannten Standards DWA A131 – Entscheidung das NH_4PO nicht weiter zu verfolgen
- Konzept SAG: 2-straßige klassische Anlage nach DWA A 131 – Sanierung der Biologie (Becken und Maschinentechnik) und Abriss/Neubau der Nachklärungen

Ist das die einzig denkbare Option?

Rahmenbedingungen

Bodensee als Vorfluter:

- Urlaubs- und Erholungsregion
- Nutzung als Badegewässer
- Trinkwasserressource für mehr als 4 Mio. Menschen
- 4. Reinigungsstufe für KA >50.000 EW wird kommen (Baden-Württemberg; Schweiz)
- Abgabensystem für Mikroschadstoffe in Vorbereitung
- Besondere Lage Lindaus erfordert frühzeitige Einführung verbesserter Ablaufwerte

Prüfung eines Membranbelebungsreaktors: MBR

Value Engineering in 2019

Prof. Hartwig

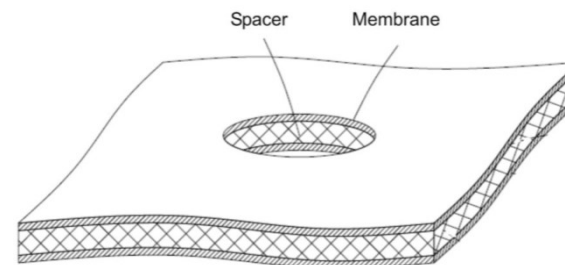
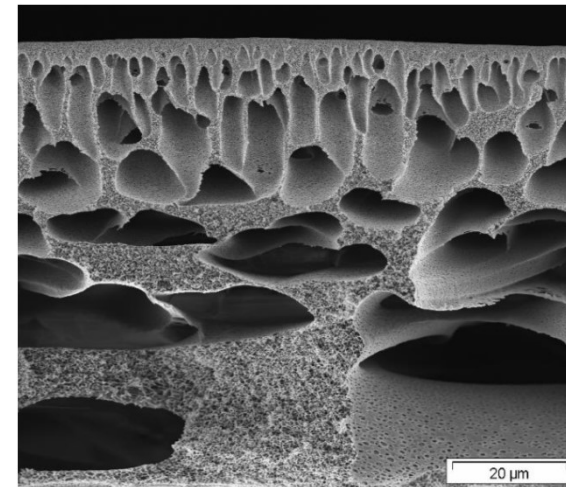
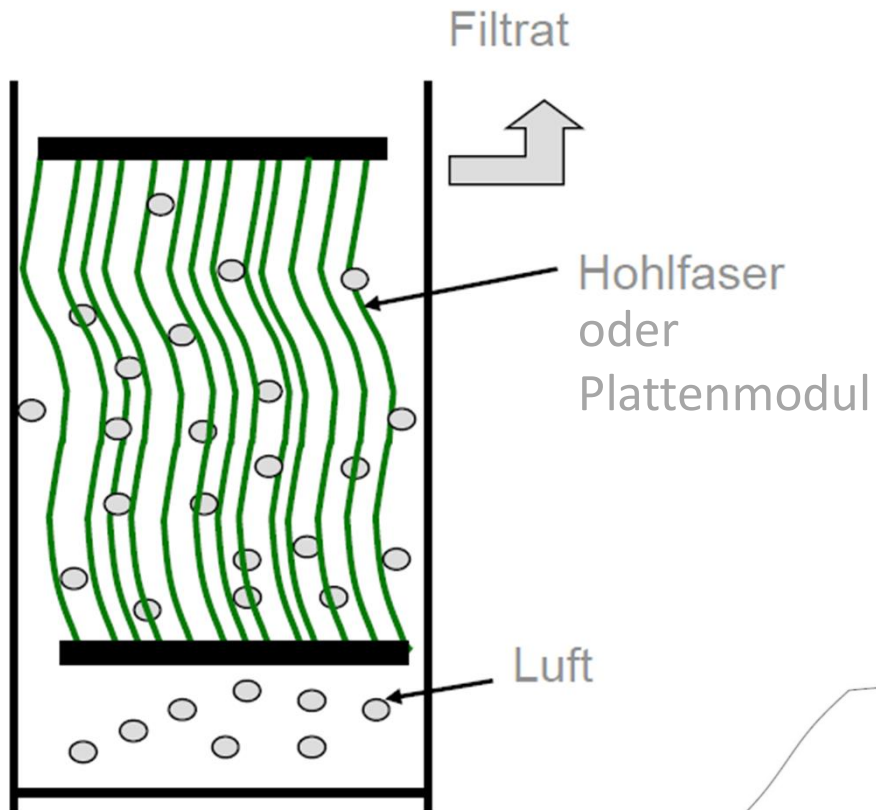
- Geschäftsführer der aqua-consult Hannover
- Mitarbeit als Experte beim DWA Regelwerk
- Mitglied des Wirtschaftssenats
- Planer von komplexen Projekten für kommunales Abwasser
(Helgoland, Rheda-Wiedenbrück, Athen, Ljubljana, ...)

**Überprüfung der Implementierung eines MBR
im Bestand des Klärwerks Lindau**

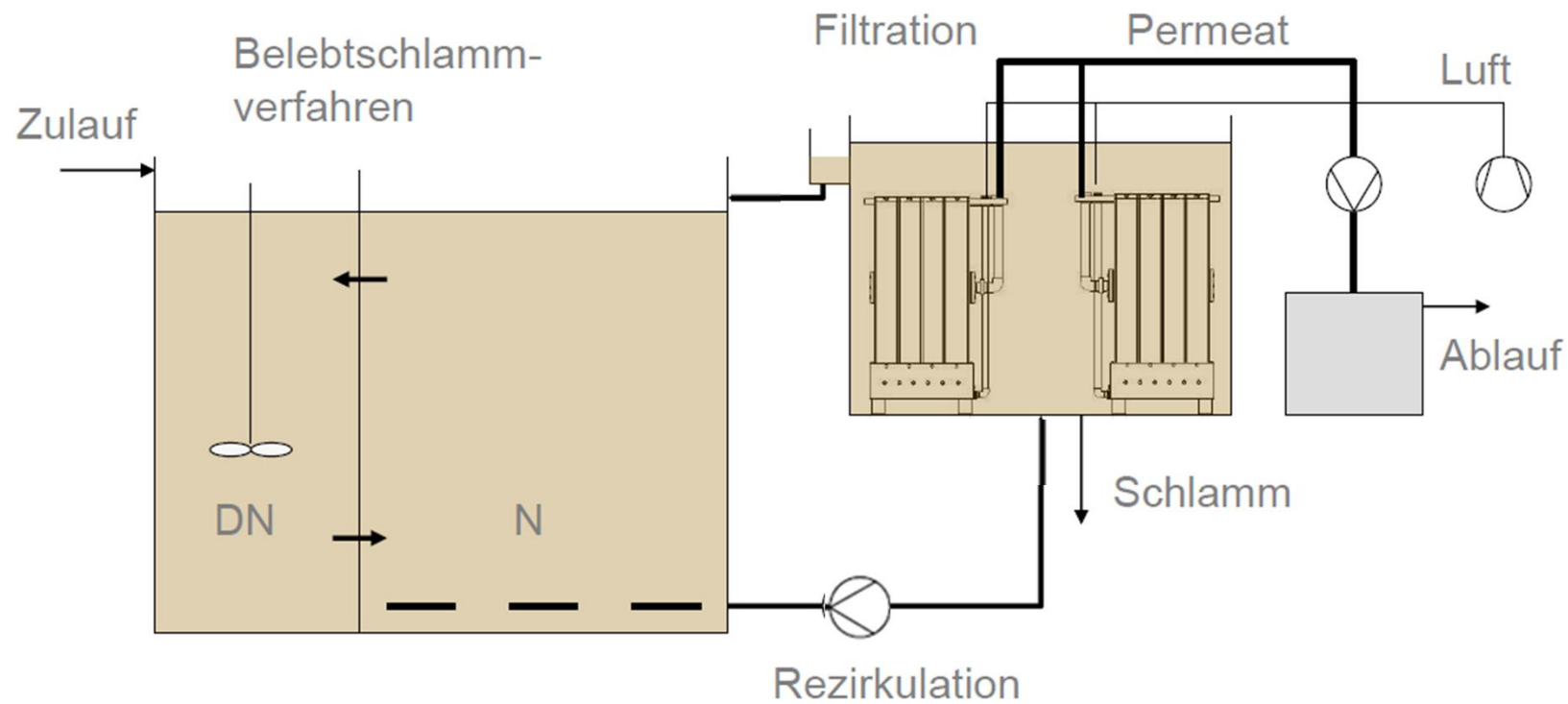
Vorteile Membrantechnik

- sichere Abtrennung von Biomasse, Feststoffen, anhaftenden Mikroschadstoffen und Bakterien
- Konformität mit Hygienestandards (EU Badegewässerrichtlinie)
- konstante Filtratqualität – unbedenkliche Nutzung des Ablaufs als Brauchwasser
- Erhöhung der Biomassekonzentrationen im Belebungsbecken
- Abtrennung von Mikroplastik, Nanopartikeln, multiresistenten Keimen und anderen Stoffen, die an Oberflächen von Partikeln haften

Prinzip der Membranfiltration



Schema des MBR



Membran und Hydraulik

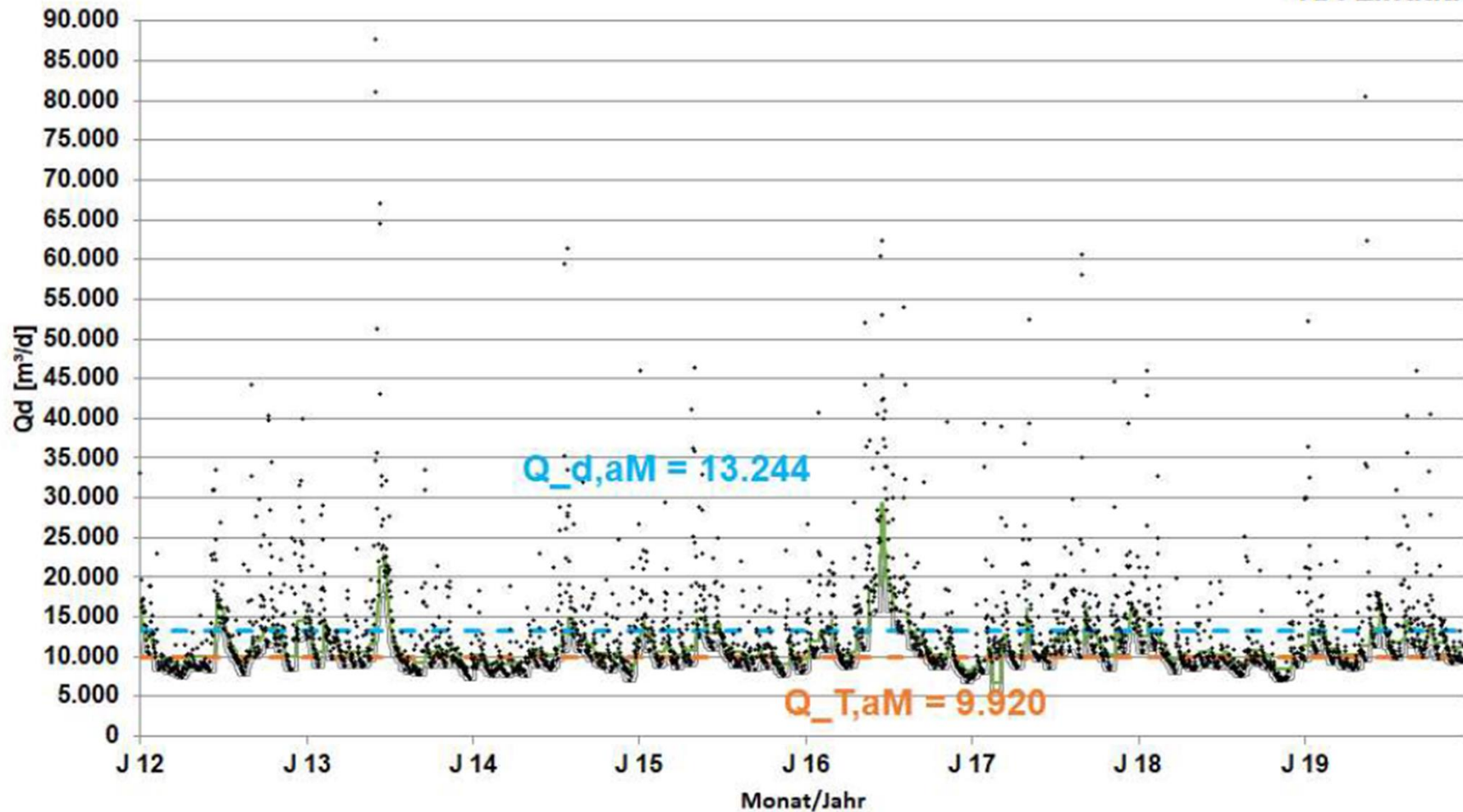
- Die Membran ist ein Filter
- Alles Wasser muss durch die Membran
- Max Zufluss pro Zeiteinheit ist relevant für die Dimensionierung

Überprüfung der hydraulischen Auslegung des Klärwerks

Tageszuflüsse 2012-2019



Zuflussmengen alle Tage 2012-2019
KA Lindau



· Q_d — Polygon 21-Tage_Minimum — Grenzpolygon TW/RW - - Q_{d,aM} - - Q_{T,aM}

16.09.2020

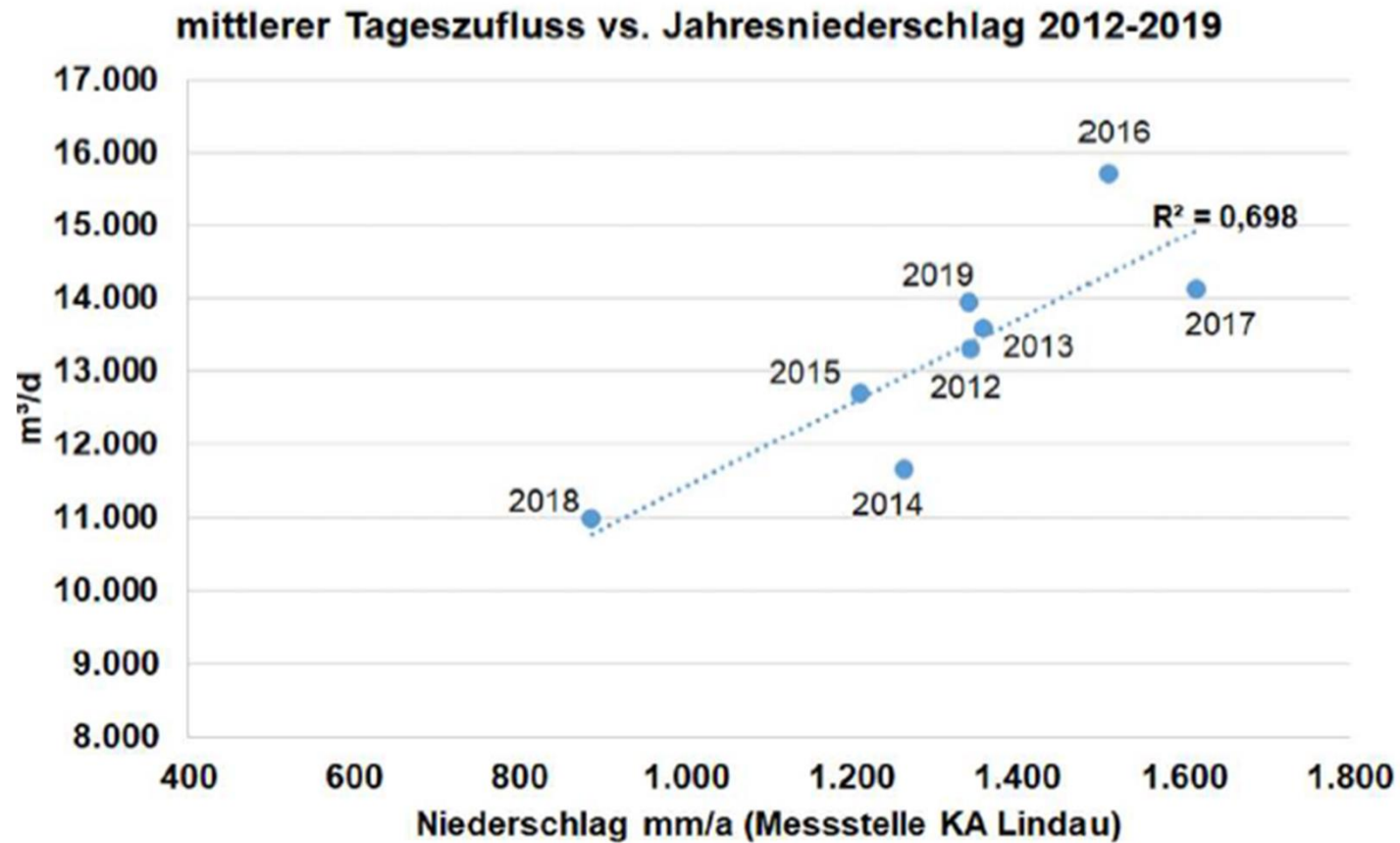
Klärwerk 2020-2050

Zusammenstellung der Tageszuflüsse 2012-2019

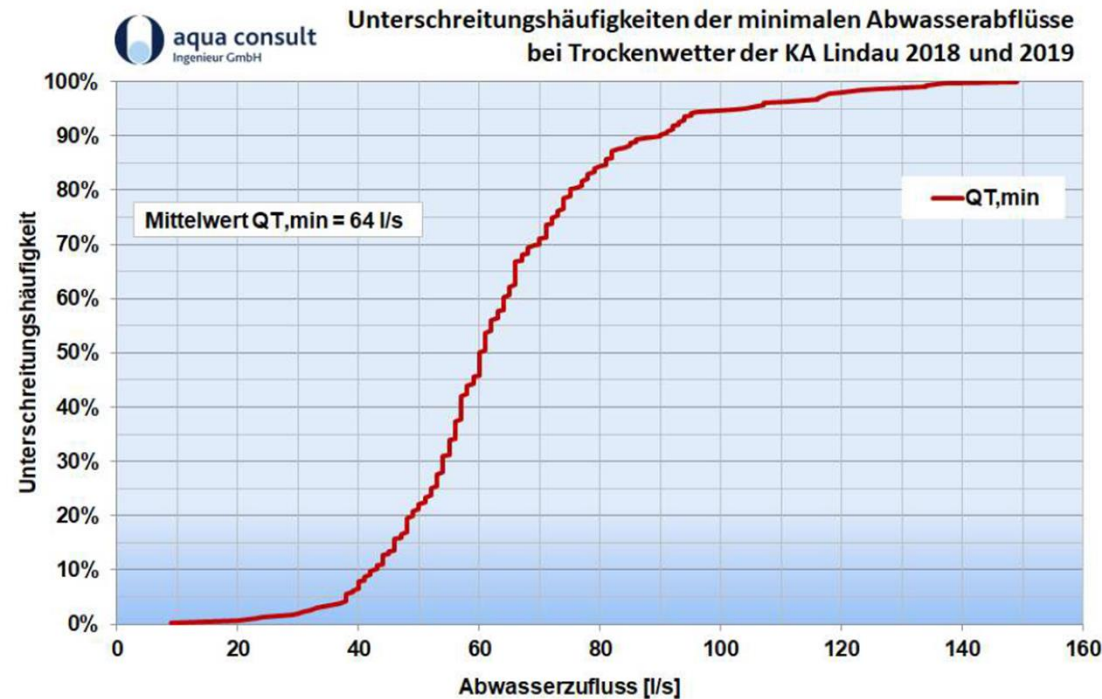
Jahr	Mittelwert	85%-Wert	95%-Wert	Maximalwert
	m ³ /d			
2012	13.302	17.563	25.181	44.265
2013	13.581	18.163	26.182	87.774
2014	11.638	14.311	19.539	61.345
2015	12.695	16.086	22.456	46.490
2016	15.710	21.450	36.216	62.441
2017	14.110	17.803	24.615	60.672
2018	10.983	13.241	18.916	45.934
2019	13.951	16.877	26.227	80.611
Mittelwert*	13.246	16.937	24.917	61.192

* Mittelwertbildung über die einzelnen Jahre

Einflußgröße Niederschlag

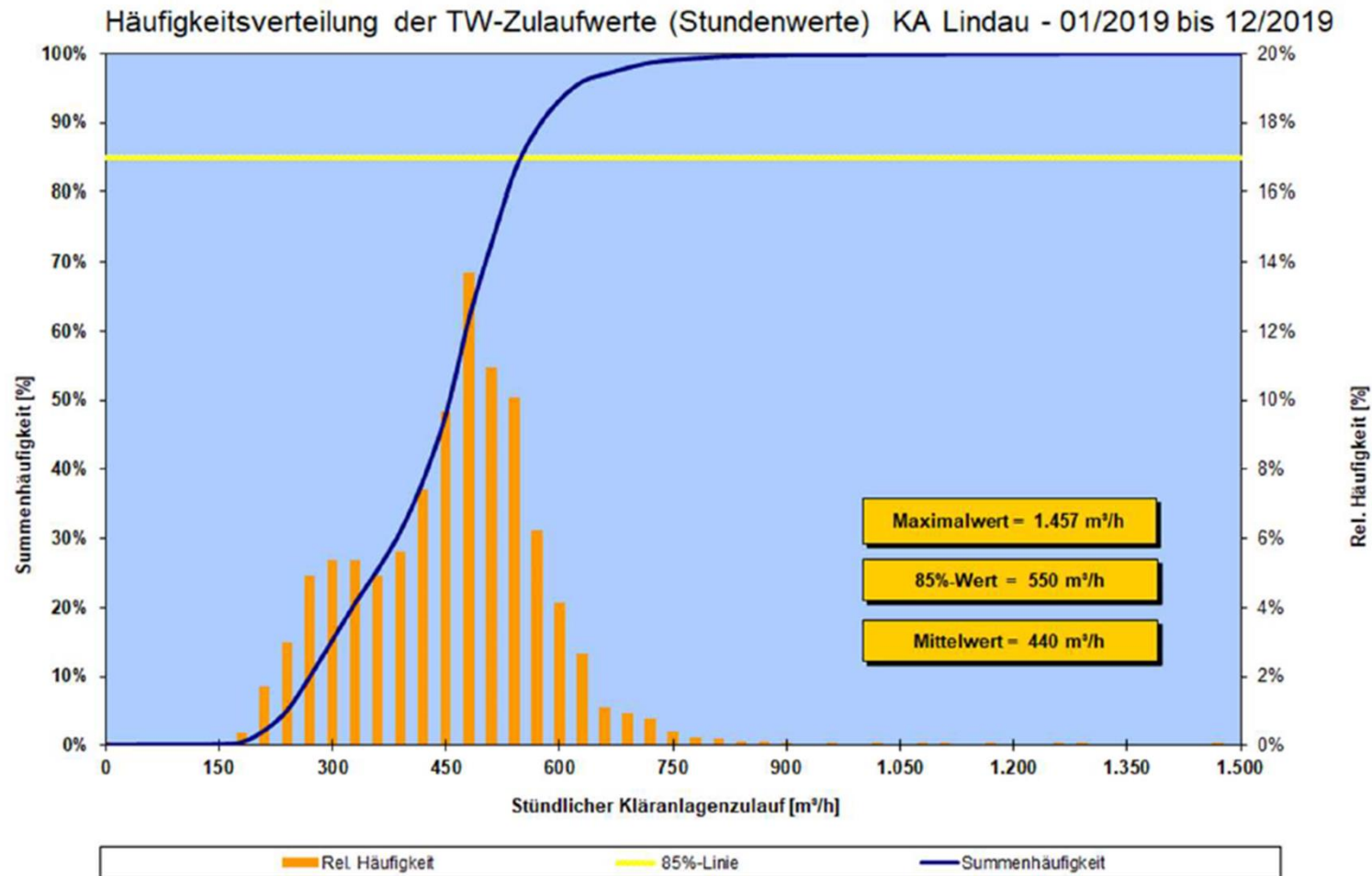


Fremdwasserermittlung



- Durchschnittlich $Q_{T,min} = 64$ l/s
- Fremdwasserabfluss: $Q_{T,min}$ abzgl. Nachtzufluss physische Einwohner 43.542 EW und 5.500 Übernachtungen/Tag
 64 l/s - $24,5$ l/s = $39,5$ l/s
- Das entspricht einem Fremdwasseranteil von: $FWA_{aM} = 39,5 / 115 = 34,3$ %
(mittlerer TW Abfluss ca 115 l/s (2018/2019))

Trockenwetterzuflüsse



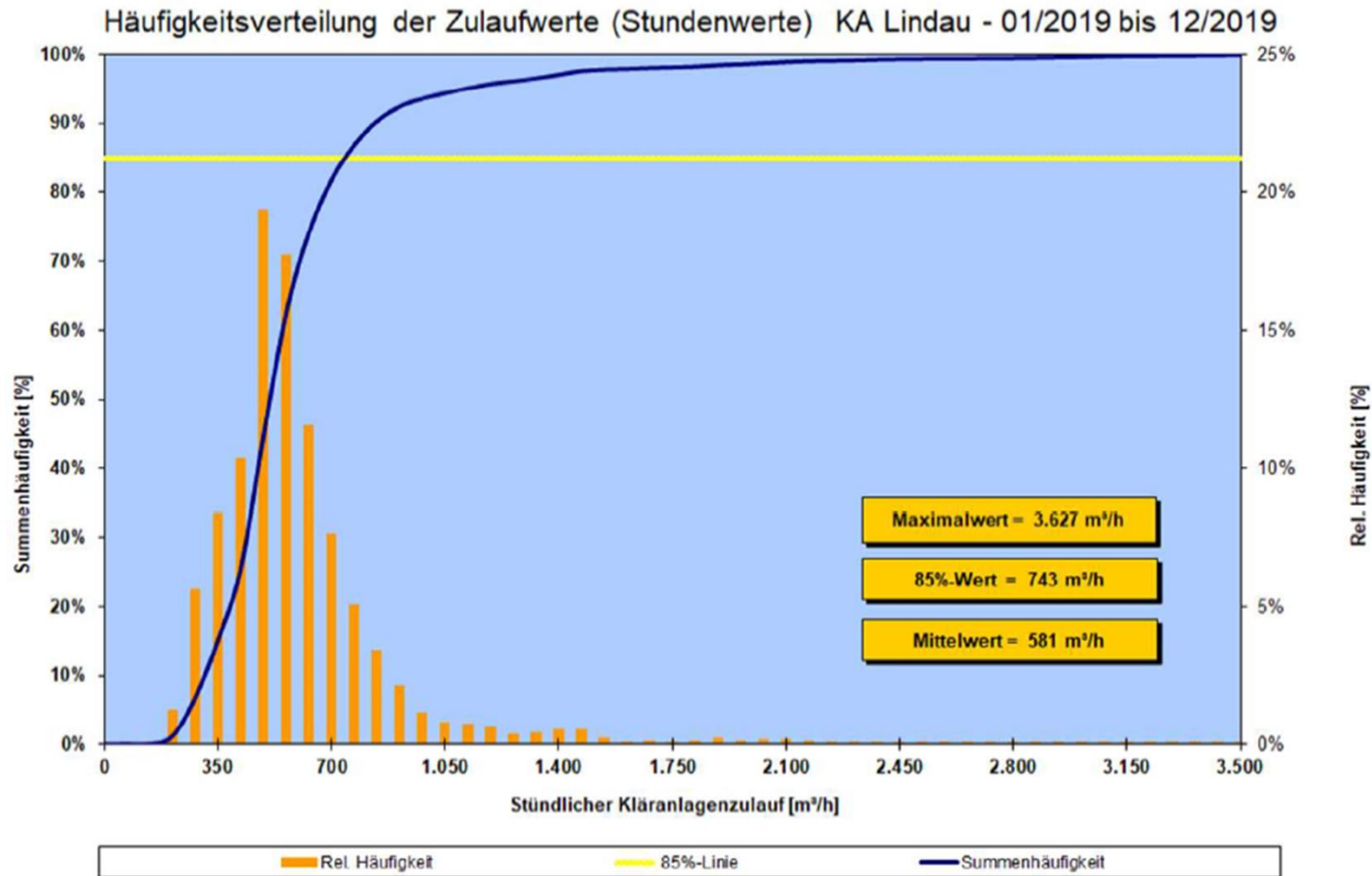
Zusammenstellung der TW Zuflüsse 2012-2019

Tabelle 3: Zusammenstellung der stdl. Trockenwetterzuflüsse 2012-2019

Jahr	Mittelwert	85%-Wert	95%-Wert	Maximalwert
	m ³ /h			
2012	413	539	632	1.201
2013	407	518	586	1.286
2014	388	498	576	1.503
2015	415	531	598	1.081
2016	441	583	720	1.551
2017	434	555	637	1.225
2018	386	501	563	1.371
2019	440	549	616	1.457
Mittelwert*	416	534	616	1.334

* Mittelwertbildung über die einzelnen Jahre

Mischwasserzuflüsse



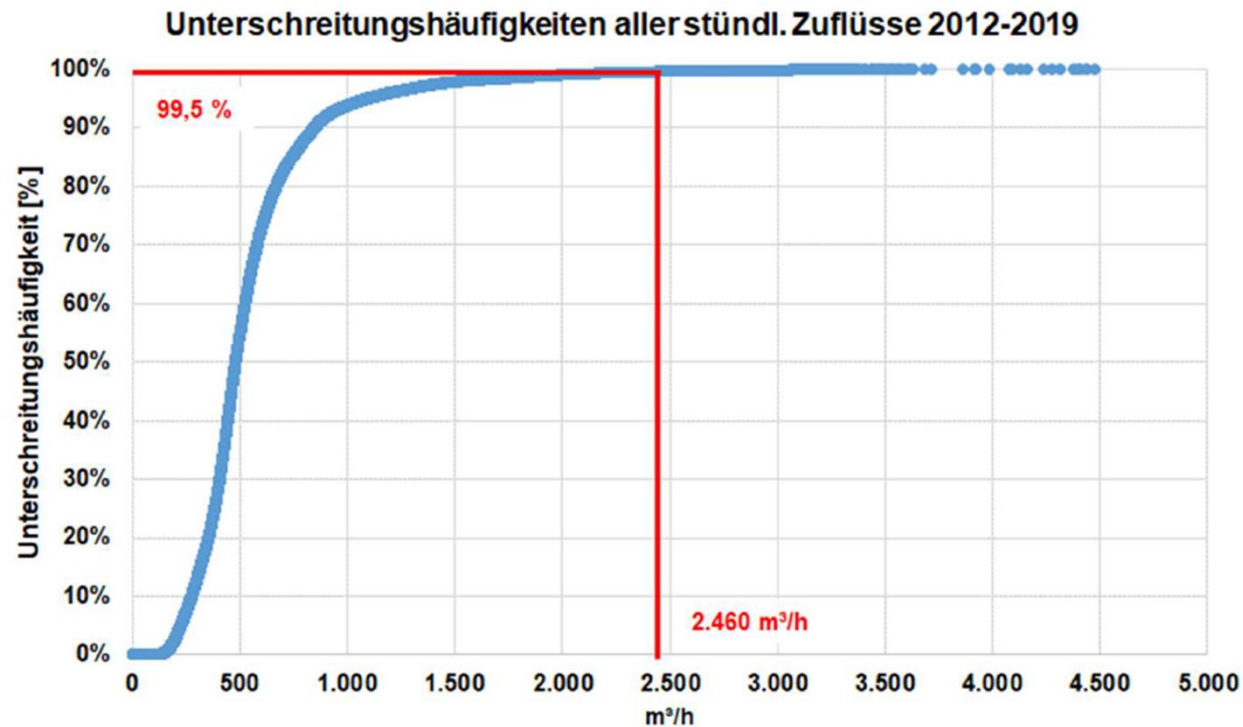
Zusammenstellung der MW Zuflüsse 2012-2019

Tabelle 4: Zusammenstellung der stdl. Zuflüsse 2012-2019

Jahr	Mittelwert	85%-Wert	95%-Wert	Maximalwert
	m ³ /h			
2012	554	762	1.116	2.797
2013	565	763	1.097	4.474
2014	485	628	891	3.685
2015	529	698	934	3.117
2016	654	898	1.526	3.379
2017	585	765	1.146	3.363
2018	457	588	808	3.212
2019	581	743	1.105	3.627
Mittelwert*	551	731	1.078	3.457

** Mittelwertbildung über die einzelnen Jahre*

Aktueller Wasserrechtsbescheid



Mischwasserzufluss im Wasserrechtsbescheid: 684 l/s oder 2.460 m³/h

Anpassung auf 99% Unterschreitungshäufigkeit: 550 l/s oder 1.980 m³/h

Weiterentwicklung des Konzepts für Lindau

Relevante Umbaumaßnahmen:

- Ersatz der Nachklärbecken durch einen Membranfilter
- Kaskadentechnologie für Biologie für $Q_{M,max}$ 550 l/s
- Mischwasserbehandlung von zusätzlich 250 l/s

Potentielle Erweiterung um 4. Reinigungsstufe:

- Sandfilter teilweise umbauen zu GAK Filter

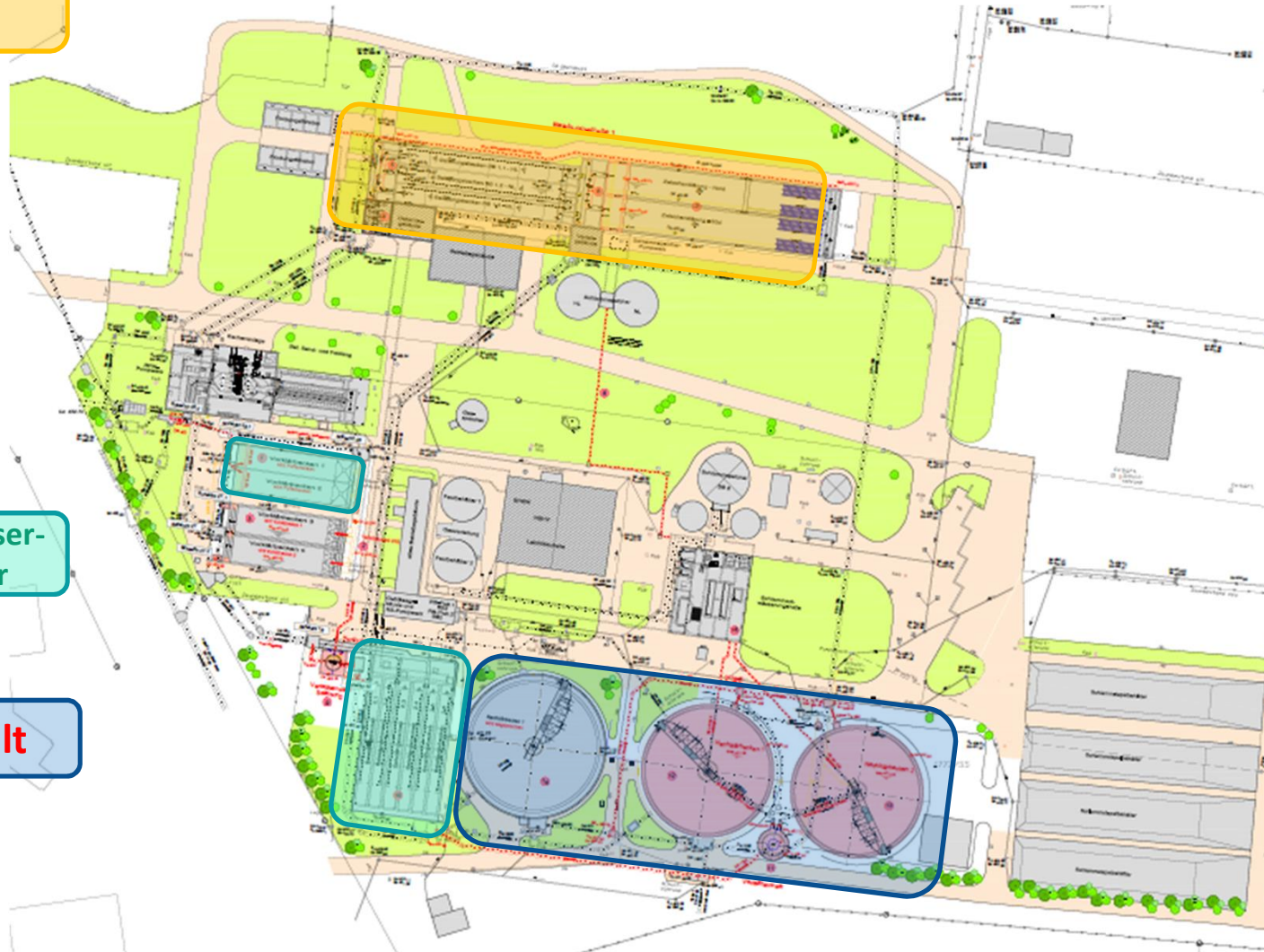
Ergebnis: Vereinfachung der Anlage mit weniger Flächenverbrauch und höherer Reinigungsleistung!

Übersichtsplan

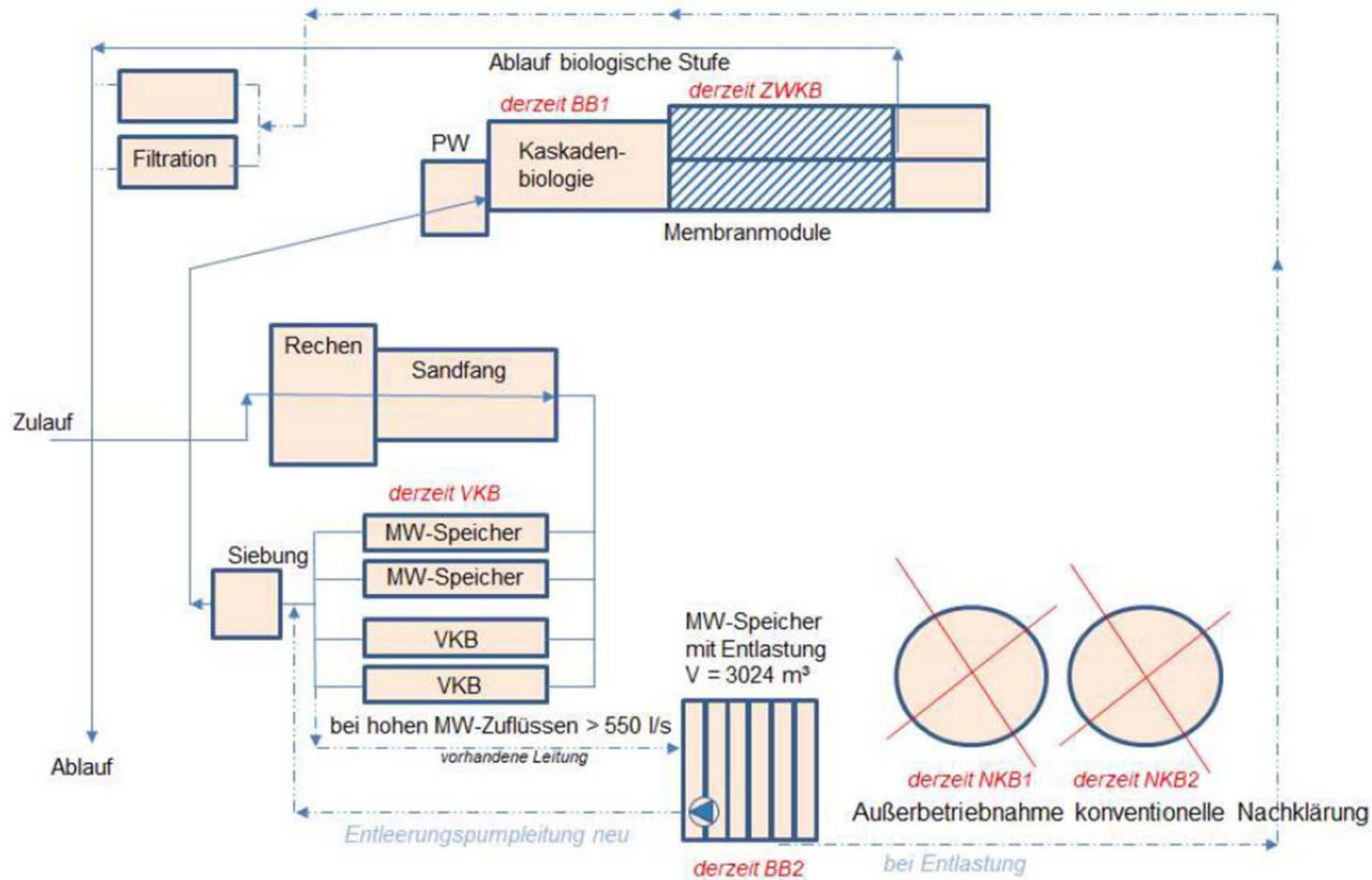
Biologie +
MBR

Mischwasser-
speicher

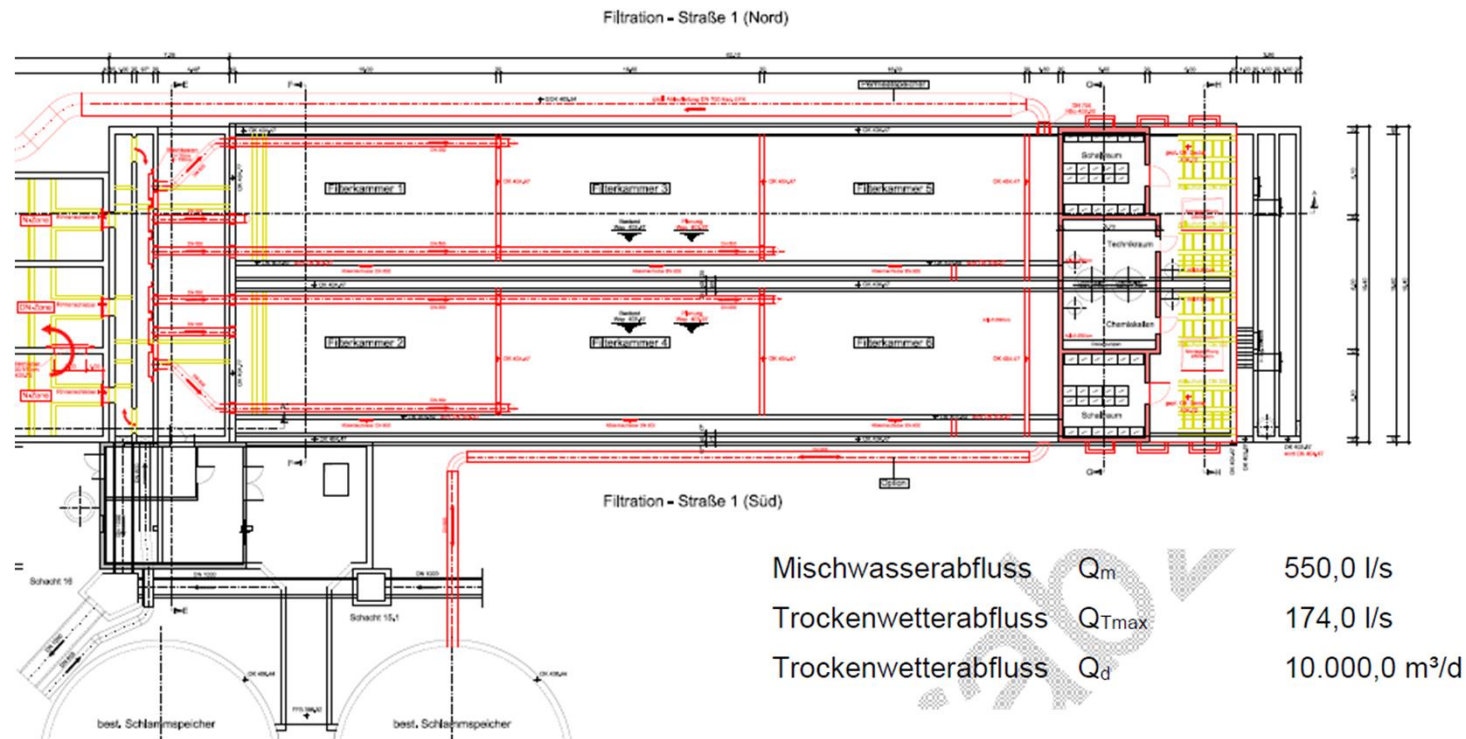
entfällt



Schema des Anlagenkonzepts



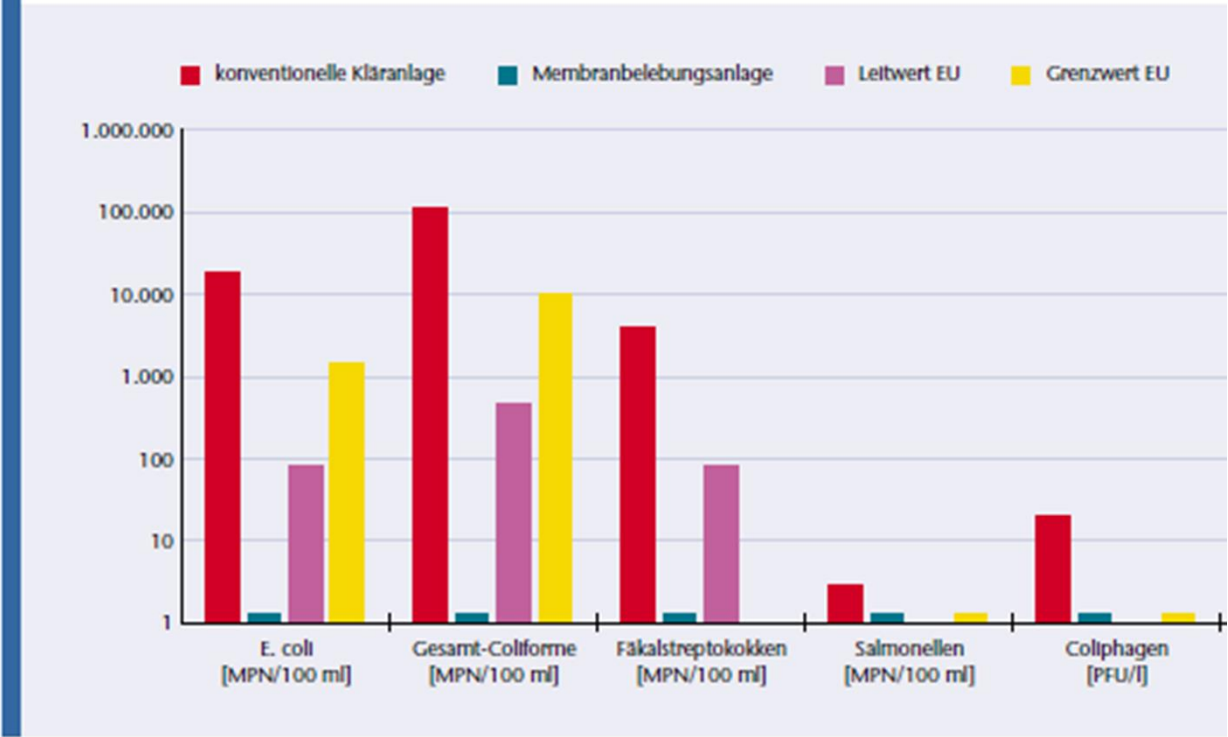
Membranfilter



- 6 Filterkammern mit Modulen

Keimbelastung im Ablauf

Abb. 2-4
Vergleich der Keimbelastung im Ablauf von Kläranlagen [BAUMGARTEN, BRANDS 2002]



Quelle: https://www.fiw.rwth-aachen.de/neo/fileadmin/pdf/membranbuch/D_Membranbuch_300106.pdf
Auszug Seite 66

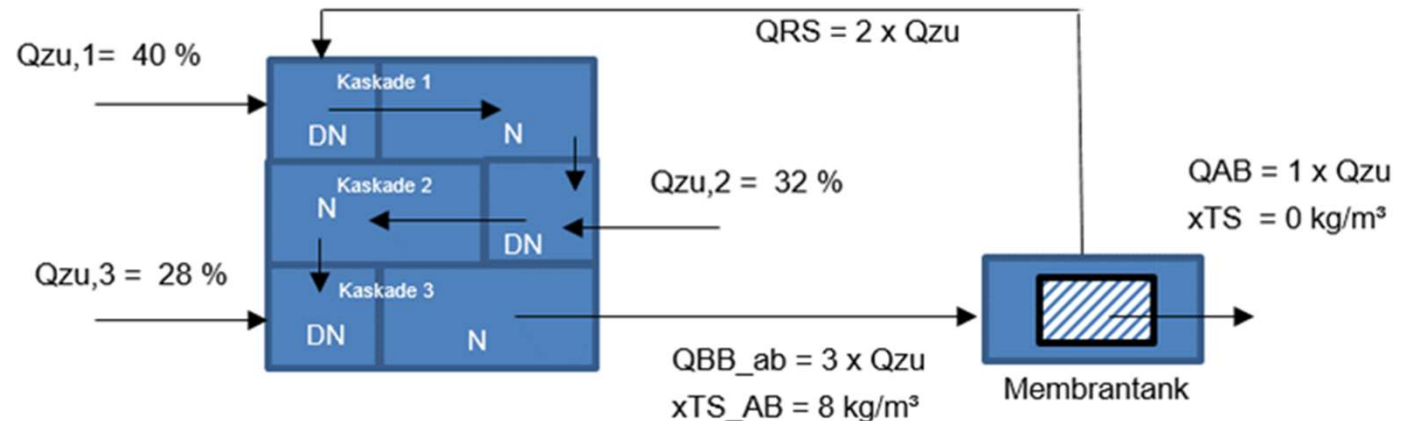
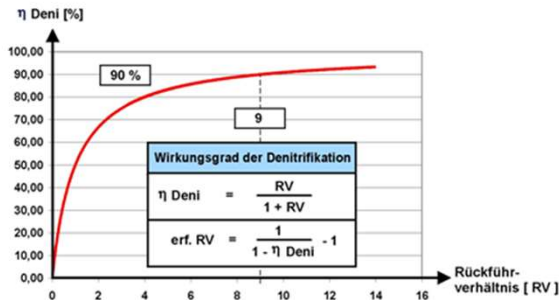
Multiresistente Keime

- Ultrafiltration mit Membranen ist der effektivste Weg zur Elimination multi-resistenter Keime

Quelle: HyReKa – Hygienische Relevanz und Kontrolle Antibiotika-resistenter Krankheitserreger in klinischen, landwirtschaftlichen und kommunalen Abwässern und deren Bedeutung in Rohwässern (BMBF-Forschungsverbundprojekt)

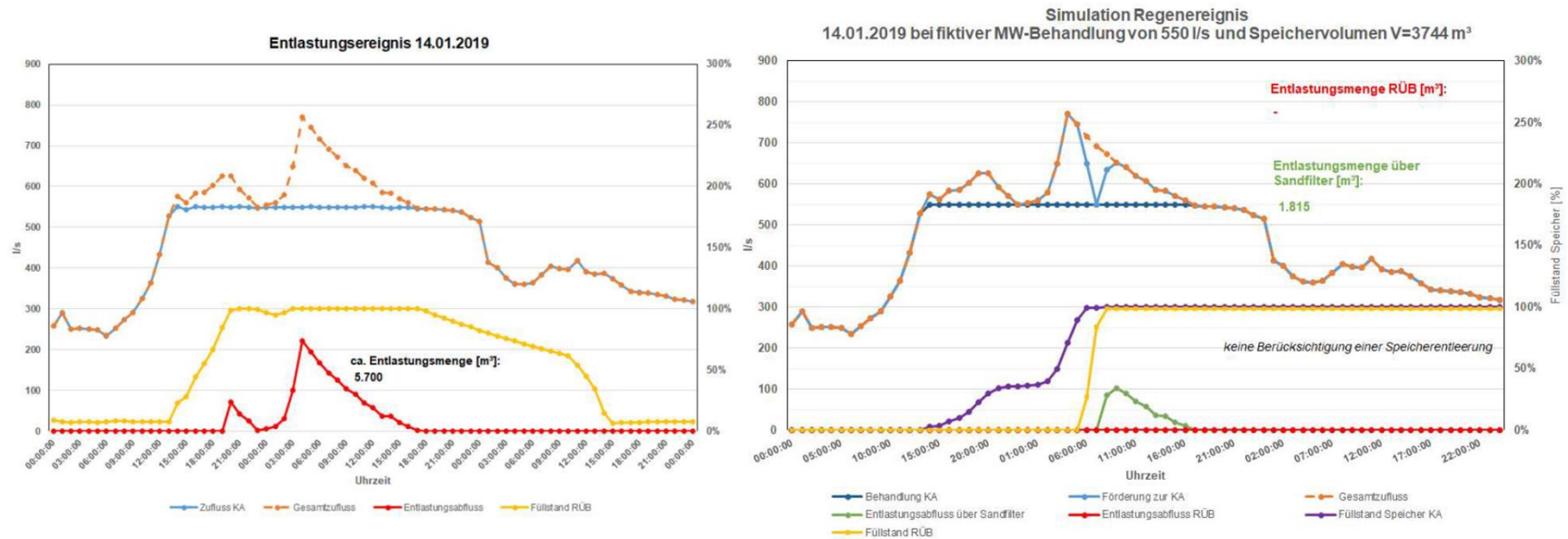


Kaskadenbiologie



Nitratlaufkonzentration wird $0,6 \times \ddot{U}W N_{ges}$: $0,6 * 8,8 \text{ mg/l} = 5,3 \text{ mg/l}$
 Beckenvolumen der BB1 ist ausreichend auch mit 9 g/l (Normalbetrieb ca 12 g/l; maximal möglich 15 g/l)
 Wirkungsgrad einer vorgeschalteten Deni Kaskade $\eta = 83,3 \%$

Mischwasserbehandlung



550 l/s über eine Siebanlage zur Biologie
 250 l/s in das Spitzenausgleichsbecken (ehemals BB2) bis Vollfüllung
 Füllung RÜB HPW Zech
 Abschlag über das Spitzenausgleichsbecken über den Sandfilter mit 250 l/s
 Abschlag RÜB Zech bei Zulauf HPW >800 l/s (Planung HPW Q_{max} 870 l/s)

Zusammenfassung der Abschlagsszenarien

Entlastungsereignis	Entlastungsmenge IST 2019 RÜB HPW Zech	Simulierte Entlastungsmenge neues Konzept	
		Entlastung über Sandfilter	Entlastung RÜB HPW Zech
	[m³/Ereignis]	[m³/Ereignis]	[m³/Ereignis]
14.01.2019	5.700	1.815	0
21.05.2019	53.000	36.834	14.140
28.07.2019	1.400	0	0
21.08.2019	1.400	2.268	0
09.09.2019	5.000	1.452	0
07.10.2019	1.000	0	0
Summe	67.500	42.369	14.140

IST-Situation:

CSB-Entlastungsfracht:
 $67.500 \text{ m}^3 \cdot 0,09 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{6.075 \text{ kg}}$

AFS-Entlastungsfracht:
 $67.500 \cdot 0,05 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{3.375 \text{ kg}}$

Simulation neues Konzept:

CSB-Entlastungsfracht Sandfilter:
 $42.369 \text{ m}^3 \cdot 0,045 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{1.907 \text{ kg}}$

AFS-Entlastungsfracht Sandfilter:
 $42.369 \text{ m}^3 \cdot 0,05 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{212 \text{ kg}}$

CSB-Entlastungsfracht RÜB:
 $14.140 \text{ m}^3 \cdot 0,09 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{1.273 \text{ kg}}$

AFS-Entlastungsfracht RÜB:
 $14.140 \text{ m}^3 \cdot 0,05 \text{ kg/m}^3 = \mathbf{707 \text{ kg}}$

Summe = **3.180 kg**

= **919 kg**

Neue Mischwasserbehandlung:

Halbierung der CSB Belastung und Drittelung der Feststofffracht durch Sandfilterbehandlung und Abschlag

Finanzieller Vergleich

lfd. Nr.	Leistungsbeschreibung	Bauarbeiten	Techn. Anlagen	Elektro	Gesamt
		€ netto	€ netto	€ netto	€ netto
	Konventionelle Belebtschlammanlage	5.955.163,99	2.899.113,00	1.258.393,50	10.112.670,49
1.1	Regenbecken / Pufferbecken	366.607,50	205.810,50	42.682,50	615.100,50
1.2	Vorklärung	308.479,50	348.180,00	140.752,50	797.412,00
6.2.1	Belebungsstraße 1				
6.2.1.1	Zwischenpumpwerk	10.500,00	111.825,00	96.043,50	218.368,50
6.2.1.2	Belebungsbecken Straße 1	21.000,00	177.114,00	0,00	198.114,00
6.2.1.3	Nachklärung Straße 1	861.273,00	498.120,00	231.000,00	1.590.393,00
6.2.2	Belebungsstraße 2				
6.2.2.1	Belebungsbecken Straße 2	221.056,50	263.455,50	261.870,00	746.382,00
6.2.2.2	Nachklärung Straße 2	1.684.042,50	266.280,00	40.950,00	1.991.272,50
	Abbruch NKB 1 und NKB 2	464.100,00			464.100,00
	Neubau Nachklärbecken 1	1.091.737,50	245.385,00	40.950,00	1.378.072,50
	Rücklaufschlammumpwerk	52.500,00	273.210,00	217.350,00	543.060,00
	Außenanlagen	463.107,75			463.107,75
2.5	UV - Entkeimung	410.759,74	509.733,00	186.795,00	1.107.287,74

Leistungsbeschreibung	Bauarbeiten	Techn. Anlagen	Elektro	Gesamt
	€ netto	€ netto	€ netto	€ netto
ellung auf Membrananlage	1.647.419,64	5.804.033,30	1.259.790,00	8.711.242,94
Vorklärbecken, Neugestaltung / Sanierung	301.654,50	348.180,00	135.712,50	785.547,00
Regenbecken / Pufferbecken	353.482,50	80.850,00	32.287,50	466.620,00
Spitzenausgleichsbecken	111.401,85	151.725,00	54.180,00	317.306,85
Siebanlage	276.197,25	252.420,00	141.330,00	669.947,25
Zwischenpumpwerk	13.125,00	33.285,00	22.365,00	68.775,00
Belebungsbecken	42.525,00	457.364,00	173.145,00	673.034,00
6.4.5 Rücklaufschlammumpwerk	17.325,00	187.215,00	119.910,00	324.450,00
6.4.6 Membranfiltration	342.242,25	4.167.519,30	0,00	4.509.761,55
6.4.7 Technikgebäude Membranfiltration	189.466,29	125.475,00	580.860,00	895.801,29

Vergleich Projektkostenbarwert

Variante 1: klassischer 2-straßiger Biologie und NKB und Hygienisierung (UV) zu
Variante 2: Kaskadenbiologie mit MBR

Kostengruppen	Variante 1 A131		Variante 2 MBR	
	€ netto	€ brutto	€ netto	€ brutto
Herstellungskosten				
Investitionskosten	10.112.670,0		8.711.240,0	
Nebenkosten	20,0%		20,0%	
technische Leistungen	2.022.534,0		1.742.248,0	
Herstellungskosten gesamt	12.135.204,0	14.440.892,8	10.453.488,0	12.439.650,7
laufende Kosten (anteilig)				
Wartungskosten	209.485,0		81.790,0	
Energiekosten	120.300,0		176.540,0	
laufende Kosten	329.785,0	392.444,2	258.330,0	307.412,7
Diskontierungsfaktor 20a, 3%		14,8775		14,8775
laufende Kosten (anteilig)		5.838.587,8		4.573.532,4
Reinvestitionskosten				
Reinvestition	0,0		2.100.000,0	
Diskontierungsfaktor 10a, 3%			0,74409	
Reinvestitionskosten			1.562.589,0	1.859.480,9
Projektkostenbarwert		20.279.480,6		18.872.664,1

4. Reinigungsstufe

Klassische Kläranlage:

Ozonierung – Aufenthaltszeiten in Reaktionsbecken – Ablauf über Sandfilter (Metaboliten!)

Erfahrungswerte der SAG für Kosten vergleichbarer Anlagen 9.596.160,00 € - unter Nutzung bestehender Infrastruktur min. 6 Mio €

4. Reinigungsstufe

MBR Variante

- Ablauf bereits Feststofffrei und Keimfrei
- Verwendung eines Teils des Sandfilters als GAK Filter im Teilstrom (für z.B. 95% $Q_{T,max} = 170 \text{ l/s}$)
- Keine zusätzlichen Bauarbeiten nötig/Nutzung Bestand – lediglich Austausch Filtermaterial
- Kosten max. 1 Mio €

Petition

- MBR ist ein erster Schritt zur signifikanten Verbesserung der Ablaufqualität (Hygienisierung!)
- Teilelimination der Spurenstoffe
- Geringere Kosten zur Implementierung der 4. Reinigungsstufe
- Kombination Membran und 4. Reinigungsstufe = **Leuchtturmprojekt für Bayern**

Finanzielle Unterstützung der Stadt Lindau bei der Umsetzung des MBR und der 4. Reinigungsstufe