

Stabile Elimination der Spurenstoffe mit Ozon



Bedarfsgerechte Ozonproduktion mit BEAR
Zweistufige Oxidation mit LOD



EMV = $82 \pm 2\%$

48. Klärwärtertagung

10. November 2016



Max Schachtler, CEO ARA Neugut
Nathalie Hubaux, Project manager
www.neugut.ch

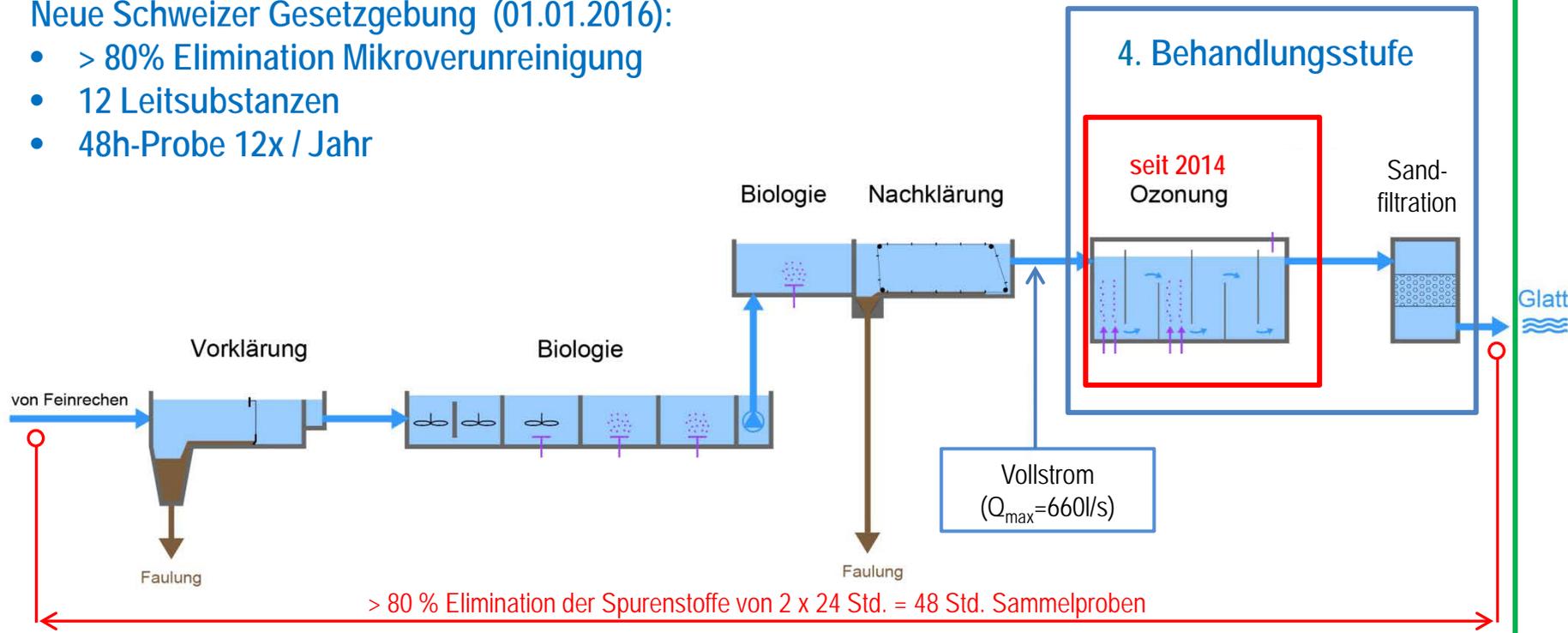
Die Ozonung in NEUGUT

- Erste Schweizer Anlage mit vierter Behandlungsstufe
- Kapazität 150'000 EW
- Belastung 105'000 EW ; $Q_{\max} = 660$ l/s
 - 50% kommunal – 50% Industrie (Lebensmittel)



Neue Schweizer Gesetzgebung (01.01.2016):

- > 80% Elimination Mikroverunreinigung
- 12 Leitsubstanzen
- 48h-Probe 12x / Jahr



Die 4 Elemente der Ozonung

O₂-Tank, 30 m³
2 Verdampfer



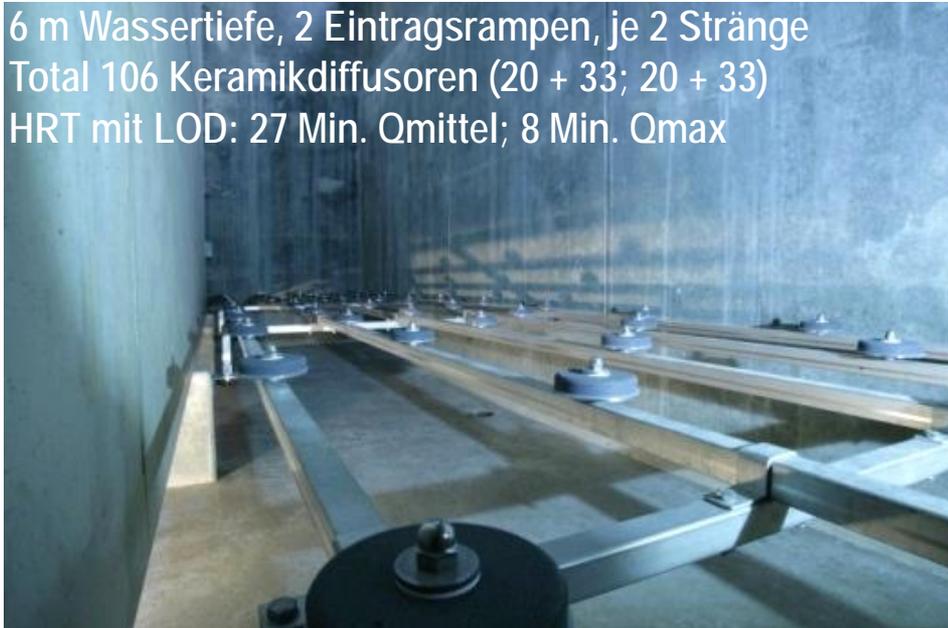
O₃-Generator, 2 x 5.5 kgO₃/h



Die 4 Elemente der Ozonung

Ozon Reaktor 530 m³, 6 Kammern

6 m Wassertiefe, 2 Eintragsrampen, je 2 Stränge
Total 106 Keramikdiffusoren (20 + 33; 20 + 33)
HRT mit LOD: 27 Min. Qmittel; 8 Min. Qmax



Rest-Ozon Vernichter



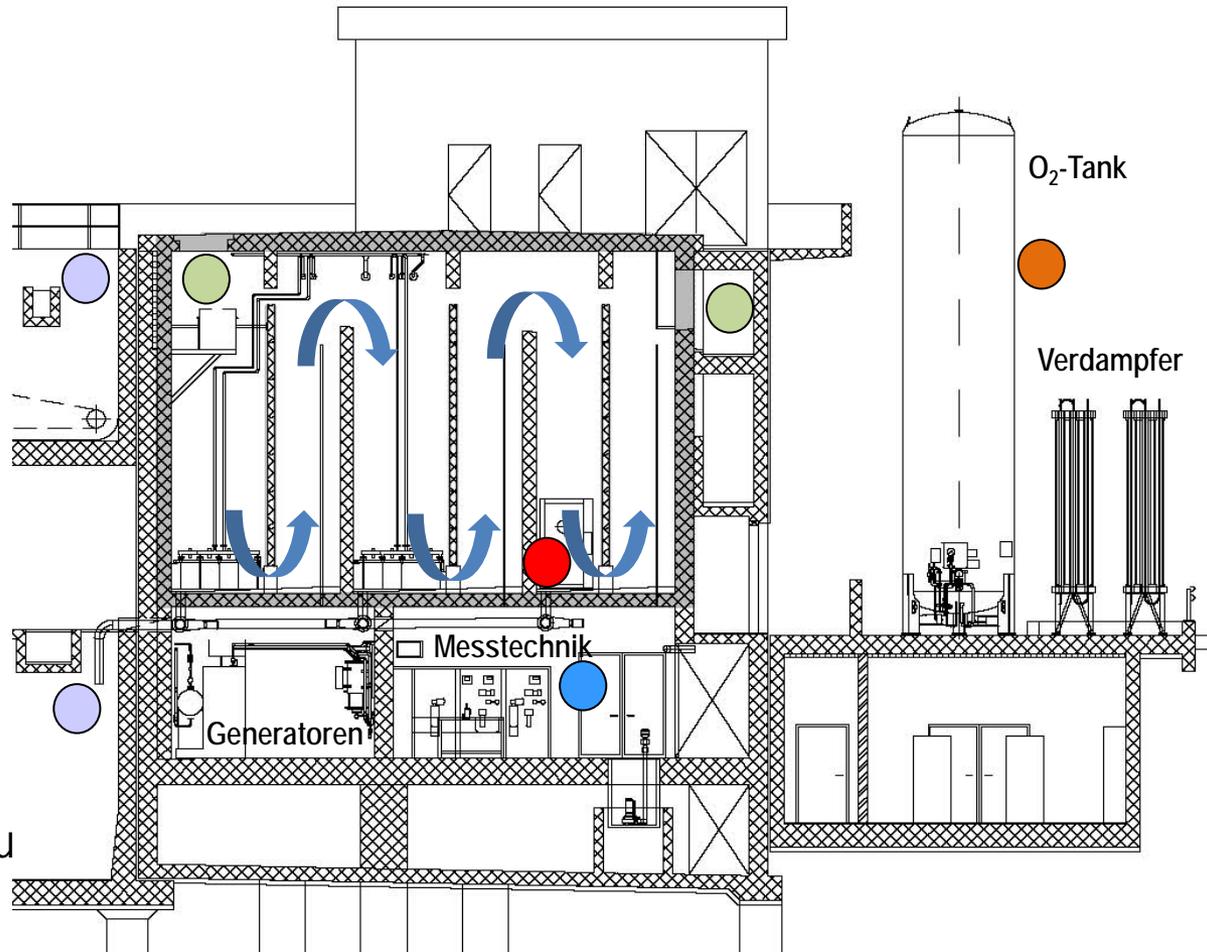
Grundsätzliches

Elimination Mikroverunreinigungen

- Einzugsgebiet kennen; kritische Einleiter
- Bromid-, Bromatkonzentration im Zulauf
- Biologieverfahren → O₃-Bedarf, Steuerung
- Kälte/Wärmeconcept → Kombination mit ARA

Wichtige Punkte Ozonreaktor

- Zulauf und Ablauf hydraulisch trennen
- By-Pass und Entleerungen einplanen
- Sauerstofftank inkl. Verdampfer mieten
- Befüllung erfolgt eigenständig durch Lieferanten
- Kurze Leitungen zur Messtechnik
- Zugang zu Reaktor auf Niveau Null



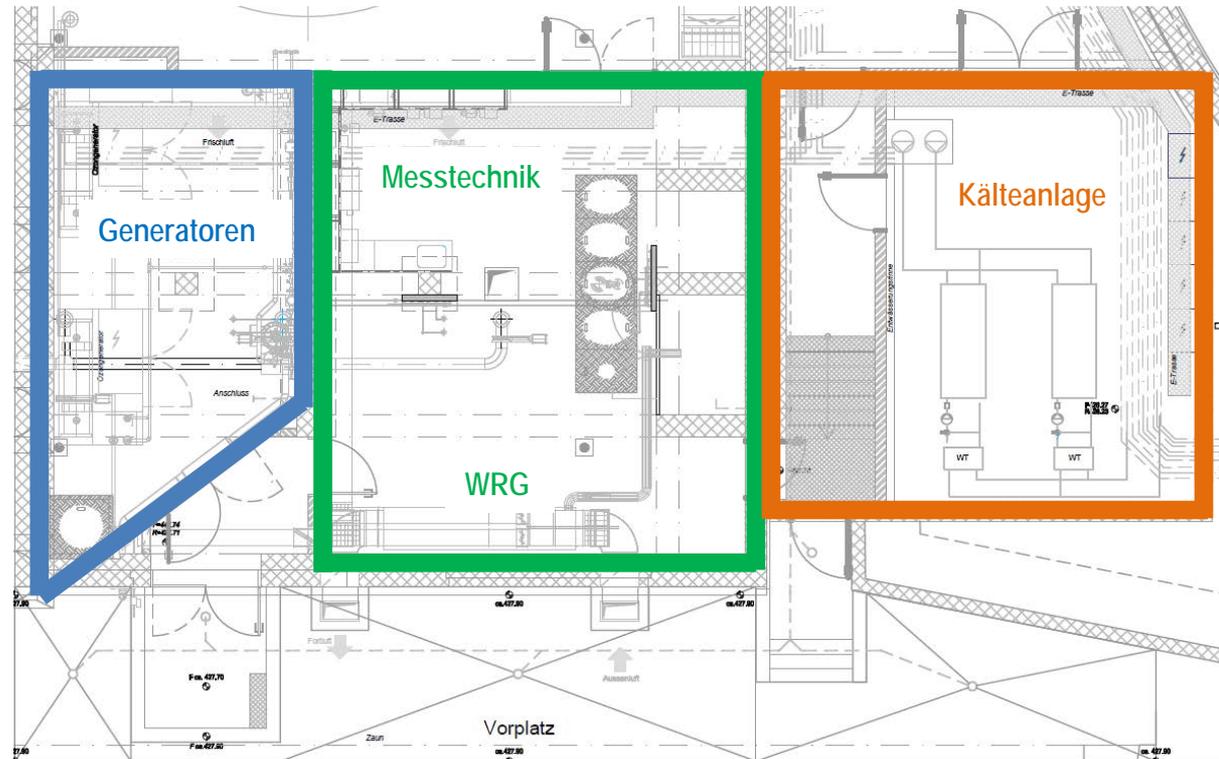
Wichtige Punkte

Dimensionierung

- Ozonreaktor - Ozongenerator - Eintragssystem sind ein Gesamtsystem
- Gesamtsystem beeinflusst:
 - Ozonbedarf
 - Betriebsflexibilität
 - Ressourcen/O₂-Rückgewinnung
- Q und DOC (Minimum, Maximum, Lastfälle)
 - Beeinflussen die Auslegung der Generatoren

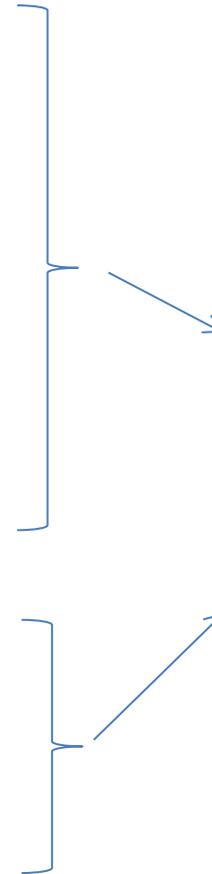
Wichtige Punkte Raumkonzept

- **Generatorenraum**
 - klein und geschlossen halten
 - Schall, magnet. Felder.
- **Messtechnikraum**
 - gross, Lüftung
 - geschlossene Messverfahren
 - Automatische Reinigung der Sonden.
- **Kälteanlagenraum**
 - Generator produziert Wärme → Kältemaschine
→ Energieeffizienz (Sekundärkreislauf Betriebswasser).
 - Kombination ARA und Ozonung.



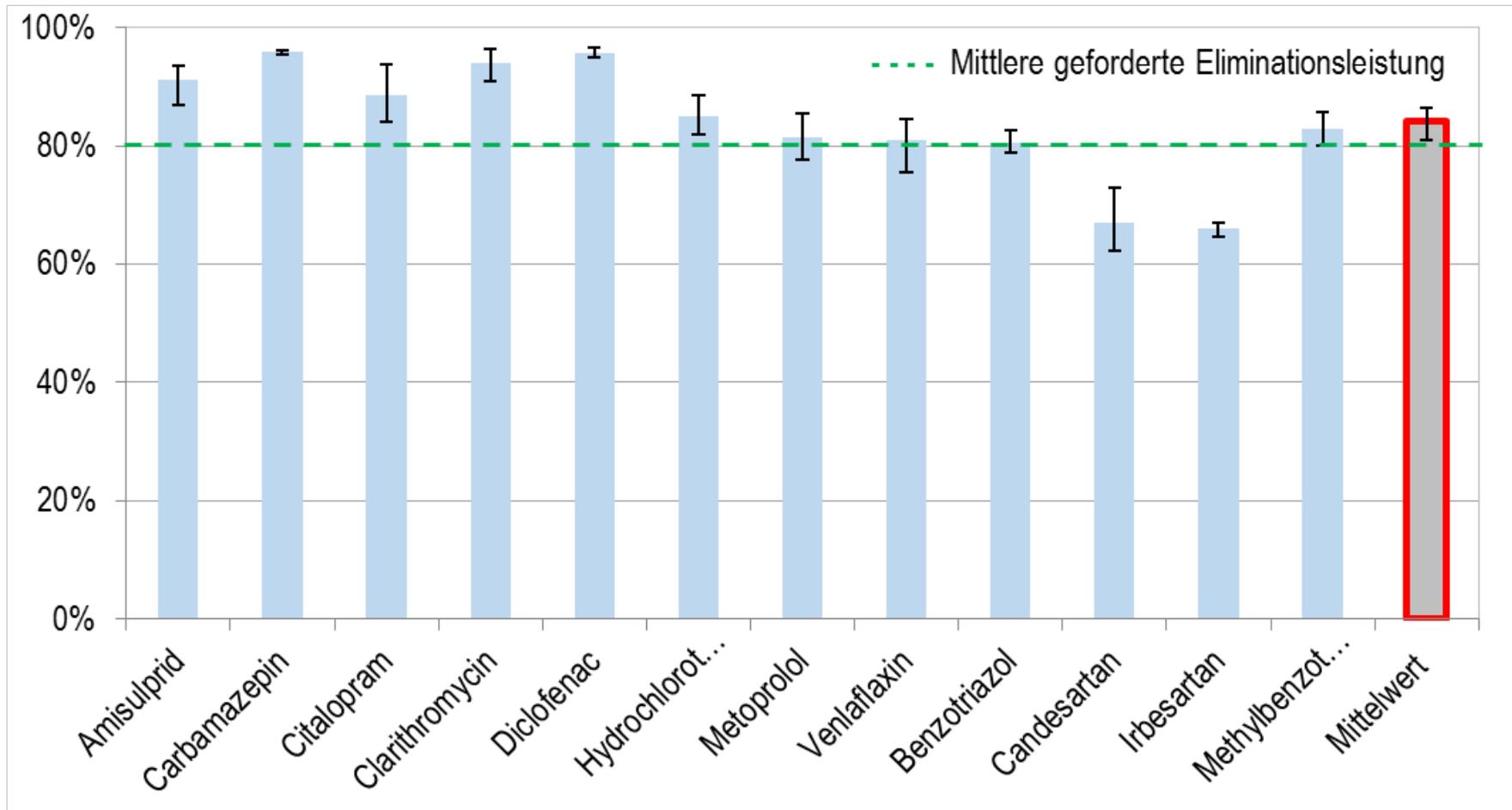
12 Leitsubstanzen

Name	Verbrauch
Gruppe 1 – sehr gute Elimination O₃/PAK	
Amisulprid	Neuroleptik / Antidepressivum
Carbamazepin	Antiepileptikum
Citalopram	Antidepressivum
Clarithromycin	Antibiotika
Diclofenac	Entzündungshemmend
Hydrochlorothiazid	Blutdrucksenker
Metoprolol	Blutdrucksenker
Venfalaxine	Antidepressivum
Gruppe 2 - gute Elimination O₃/PAK	
Benzotriazol	Korrosionsschutzmittel
Candesartan	Blutdrucksenker
Irbesartan	Blutdrucksenker
Methylbenzotriazol	Korrosionsschutzmittel



Auswahl LS je nach ARA
mit folgendem Ratio:
Gr. 1 : Gr. 2.
8 : 4
6 : 3
4 : 2
2 : 1
→ 3 – 12 Stoffe

Ergebnis: Elimination 12 Leitsubstanzen

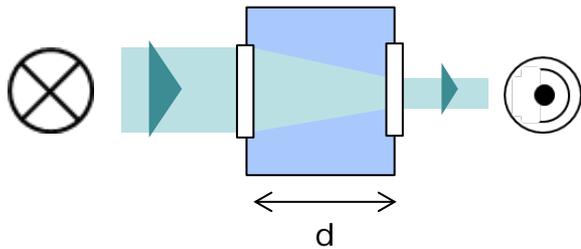


Elimination der 12 Leitsubstanzen mit 0.42 gO₃/g DOC über die Gesamtanlage.

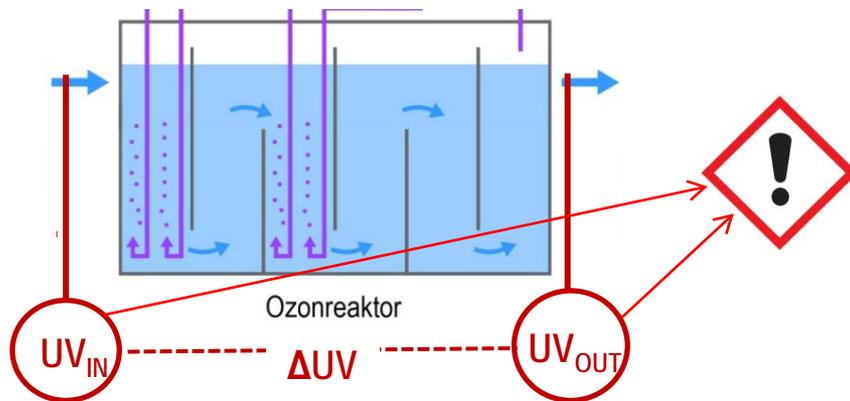
BEAR-Strategie. LOD-Betriebskonzept. 24 Std.-Sammelproben

Messtechnik für die EMV

Prinzip UV



- Die Absorption ist proportional zur Anzahl der absorbierenden Moleküle
- Viele organische Moleküle absorbieren bei 254nm
- Die Ozonung ändert das Signal bei 254nm stark
→ ΔUV korreliert mit der Elimination der 12 LS



Biofilm Wachstum!

Abhilfen:

- Einbauhinweise beachten
- Automatische Reinigung führt zu genauen Messwerten
- Qualitätssicherung durchführen

Steuerung der Ozonproduktion

Verteilung des Ozons im Reaktor



BEAR*-Strategie

bedarfsgerechte Ozonproduktion

Bedarfsgerechte Dosis

Elimination vorwählbar

Anytik Qualitätssicherung

monito**R**ing interne Überwachung

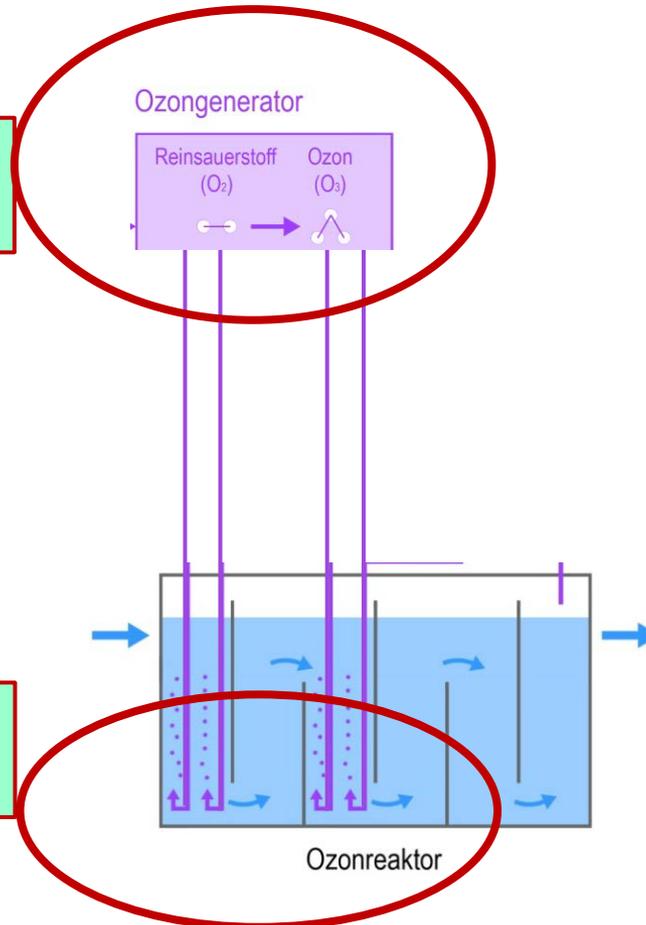
LOD*-Mehrkammerkonzept

Bedarfsgerechter Ozoneintrag

Low

Ozone

Dosage



Ergebnisse

EMV = $82 \pm 2\%$
kontinuierlich

Ressourcen-
einsparung

Online Überwachung

Minimierung von
Oxidationsneben-
produkten

Grundkonzept

EMV-Vorgabe = EMV Ergebnis (EMV = Elimination Mikroverunreinigungen)

Vorgabe der gewünschten EMV z.B. 82 % EMV.

Die BEAR-Module (Algorithmen) führen dazu → Vorgabe = Ergebnis.

BEAR ermöglicht ein kontinuierliches **Monitoring durch den ARA-Betreiber**.

BEAR hält den sicheren Betriebszustand aufrecht. Erkennt u.a. Ausfall
Messgrößen, unplausible Werte

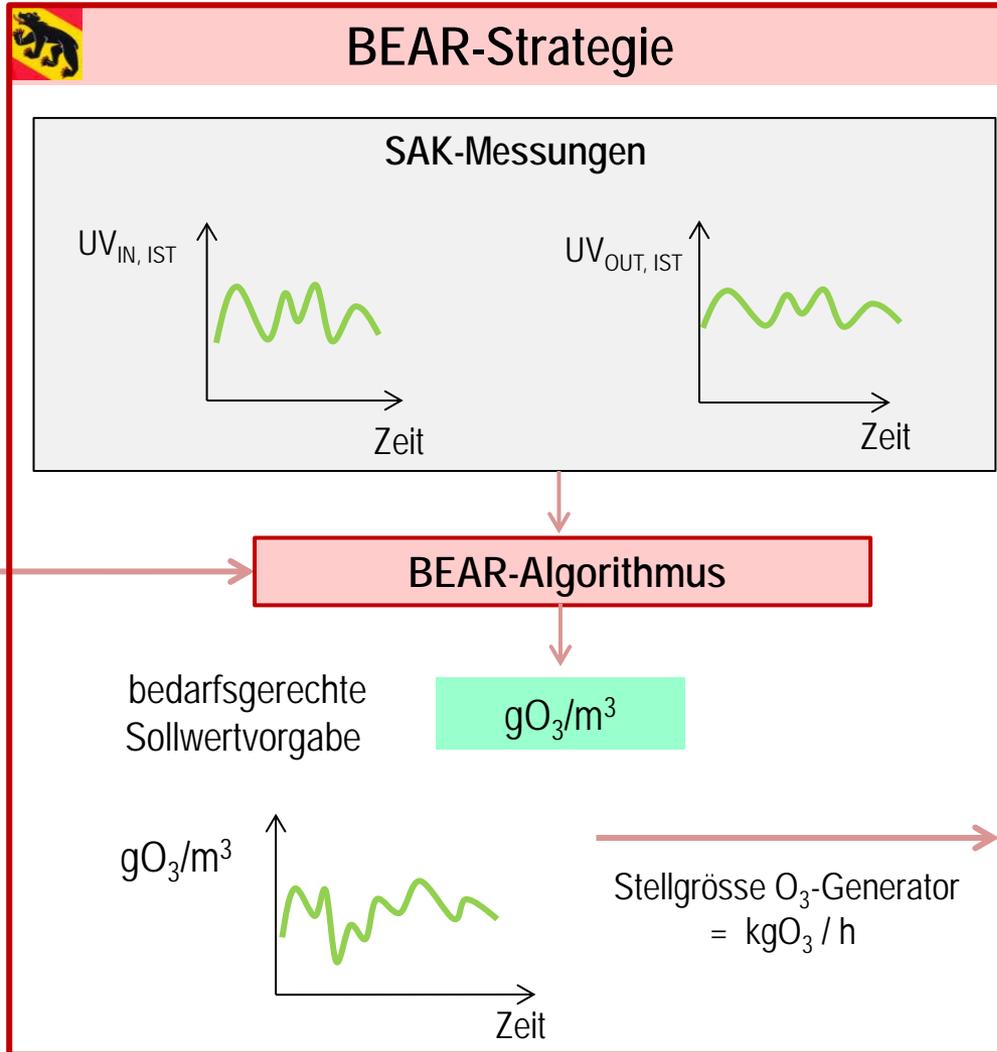
Mit BEAR findet **keine Über- oder Unterdosierung** mit Ozon statt.

Bedingung für jede Ozondosierung:

→ Sehr genaue Messwerte und Korrelation mit den 12 Leitsubstanzen des BAFU.

BEAR-Steuerstrategie

Monitoring durch Betreiber

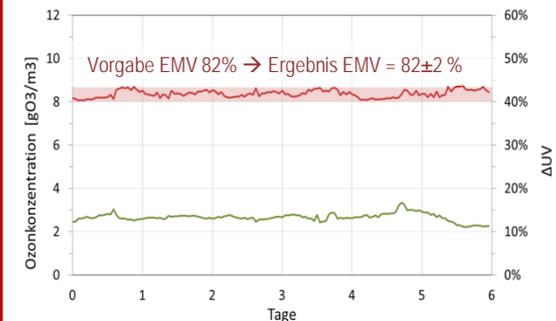


Stellgröße: EMV 82%

% EMV frei wählbar

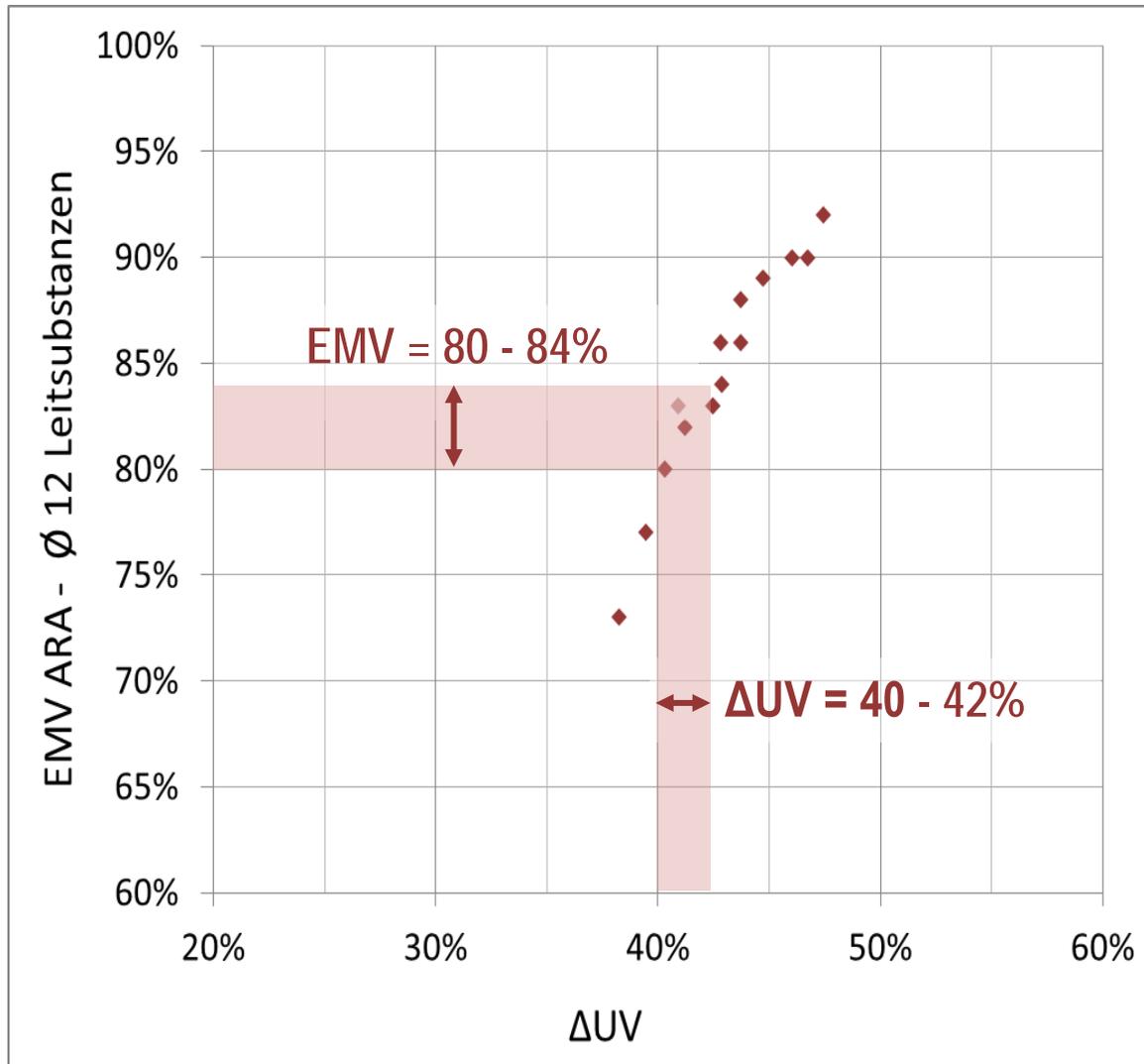
- Messparameter zuschaltbar:
- Nitrit
 - DOC
 - Redox
 - ROK

Ergebnis



BEAR-Strategie

Korrelation EMV mit \emptyset 12 Leitsubstanzen



Voraussetzung für Korrelation:

- Konstant zuverlässige UV-Messwerte
- UV-Abweichung unter 1 %

LOD-Mehrkommerkonzept Low Ozone Dosage

Wie funktioniert der Ozoneintrag in Reaktor?

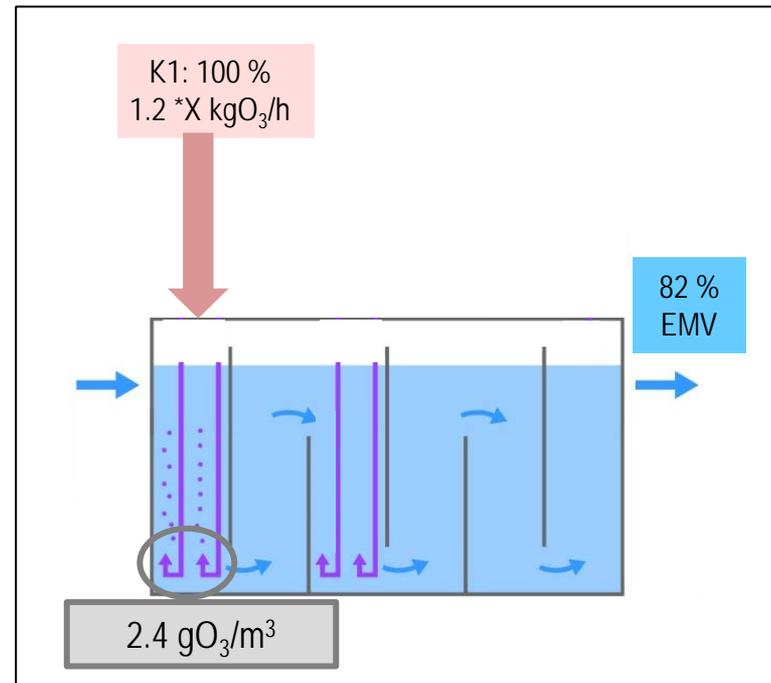
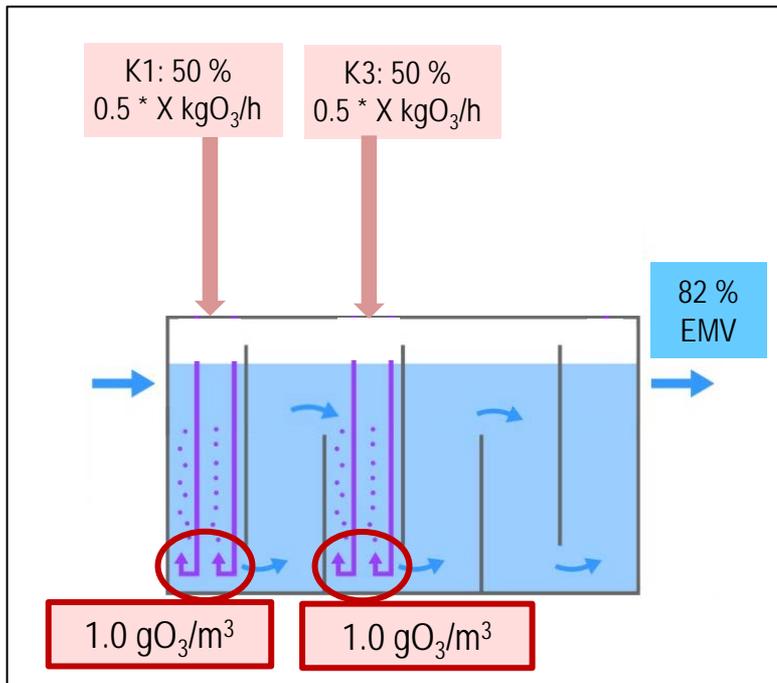
Beispiel



BEAR-Strategie
Stellgrösse: EMV = 82%

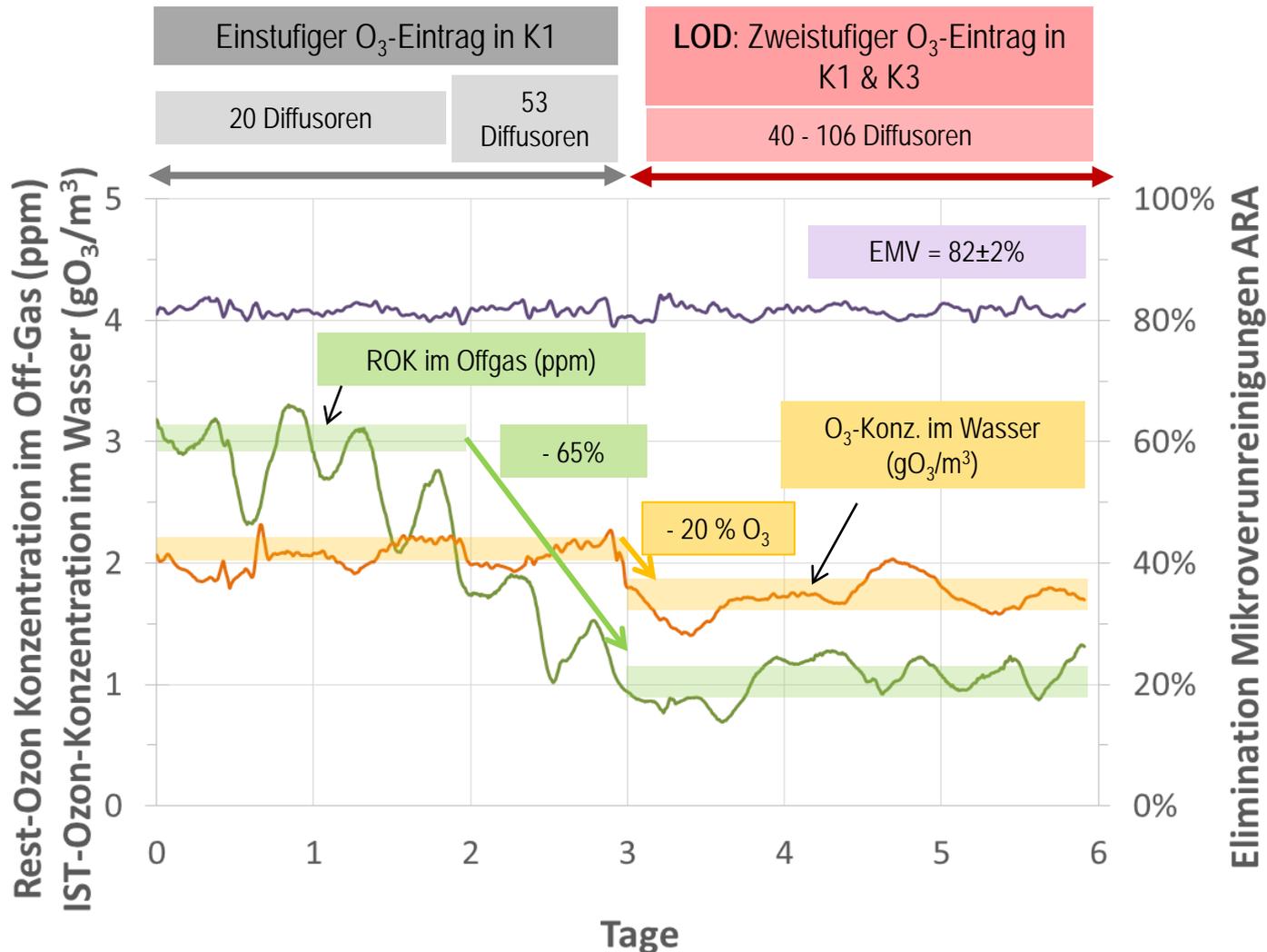
LOD: 2-stufige Oxidation
 $2 * 0.20 \text{ gO}_3/\text{gDOC}$

1-stufige Oxidation
 $0.48 \text{ gO}_3/\text{gDOC}$



LOD-Mehrkammerkonzept

Ergebnis: Oxidationsnebenprodukte geringer,
Einsparungen von Ressourcen



Ozongung

Energie, Personal und Kosten

Strombedarf			
Ozongung < 5 % des Gesamtbedarfs		0.024 kWh/m ³	
Gesamte Kläranlage		0.42 kWh/m ³	
Abwasseranfall 8 Mio m ³ pro Jahr			
Kosten (alle Angaben ohne Berücksichtigung von Fördergeldern)			
Amortisation, Unterhalt		0.025 CHF/m ³	
• Investition 3.27 Mio CHF, 15 a; Zins 2 %		} 6 CHF/E Jahr	
Betriebskosten			
• 110'000 CHF pro Jahr			
Betriebskostenanteile (BEAR-Strategie und LOD- Betriebskonzept)			
0.12 Fr/kWh	0.42 gO ₃ /gDOC	18 x Jahr	
Elektrizität 20%	Reinsauerstoff 40%	Analytik 20%	Personal 20%

Zusammenfassung

- Ozonung ist ein sicheres und zuverlässiges Verfahren zur EMV.
- **BEAR-Strategie** ermöglicht die **bedarfsgerechte Ozonproduktion** und ein **kontinuierliches EMV-Monitoring** für den ARA-Betreiber.
 - gewünschte EMV vorgeben.
 - Ergebnis +/- 2% der EMV-Vorgabe.
 - 20% O₃ Einsparung
 - die externen Laborwerte dienen zur QS und Plausibilität.
- **LOD-Mehrkammerkonzept** **reduziert** Ozonbedarf
 - 20% O₃ Einsparung und Oxidationsnebenprodukte minimiert
- **BEAR & LOD = energieeffizienter Betrieb**

Energieeffiziente EMV

Entwicklung Ozonbedarf für 82 % EMV

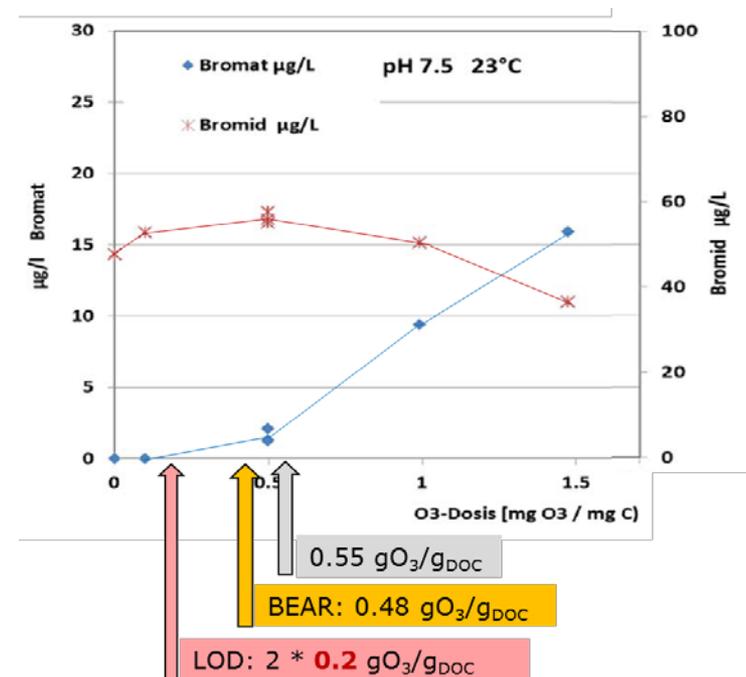
Vom Einkammereintragssystem zu BEAR und LOD-Mehrkommerkonzept Basis 5 mgDOC/l

1. Ressourceneffizienz

Betrieb	$gO_3/gDOC$	Steuerung / Regelung O ₃ -Produktion	O ₃ -Eintrag
Herbst 2014	0.55	Proportionale Steuerung / Regelung*	Einkammereintrag 20 - 53 Diffusoren
Sommer 2015	0.48	BEAR -Algorithmus	Einkammereintrag 20 - 53 Diffusoren
Herbst 2015	2 x 0.20	BEAR -Algorithmus	LOD-Mehrkommerkonzept 40 - 106 Diffusoren

*Q-proportional, UV_{IN}-proportional und ΔUV-proportional

2. Minimierung Bromatbildung



Ozonung

ARANEUGUT | Links | Kontakt | English



Home | Anlage | Innovation | Forschungsprojekte | Dienstleistungen | Medien | Suche

Überblick Innovationen

Messtechnik

BEAR: bedarfsgerechte
Ozonproduktion

LOD: mehrstufiger
Ozoneintrag

BEAR: eine konstante EMV durch eine bedarfsgerechte Ozonzugabe

Die ARA Neugut ist die erste Abwasserreinigungsanlage (ARA) der Schweiz, die Mikroverunreinigungen mittels Ozon mit einer Eliminationsleistung von $82 \pm 2\%$ entfernt. Um einen stabilen und optimierten Betrieb der Ozonung zu gewährleisten, wurde die BEAR-Strategie entwickelt und erfolgreich implementiert (**Best Elimination Analysis monitoRing**). Die BEAR-Strategie berechnet im Voraus die bedarfsgerechte Ozonkonzentration, damit die gewünschte EMV von 82% kontinuierlich erreicht wird und dies, ohne Ozonüberschüsse. Diese BEAR-Strategie erlaubt zudem eine kontinuierliche Überwachung der Eliminationsleistung.

- [Artikel Aqua & Gas Mai 2016](#)