



Betriebsausschuss Brakel

"Zentrale Enthärtung von Trinkwasser „

Brakel, 04. Juni 2019

Zentrale Enthärtung

Warum ?

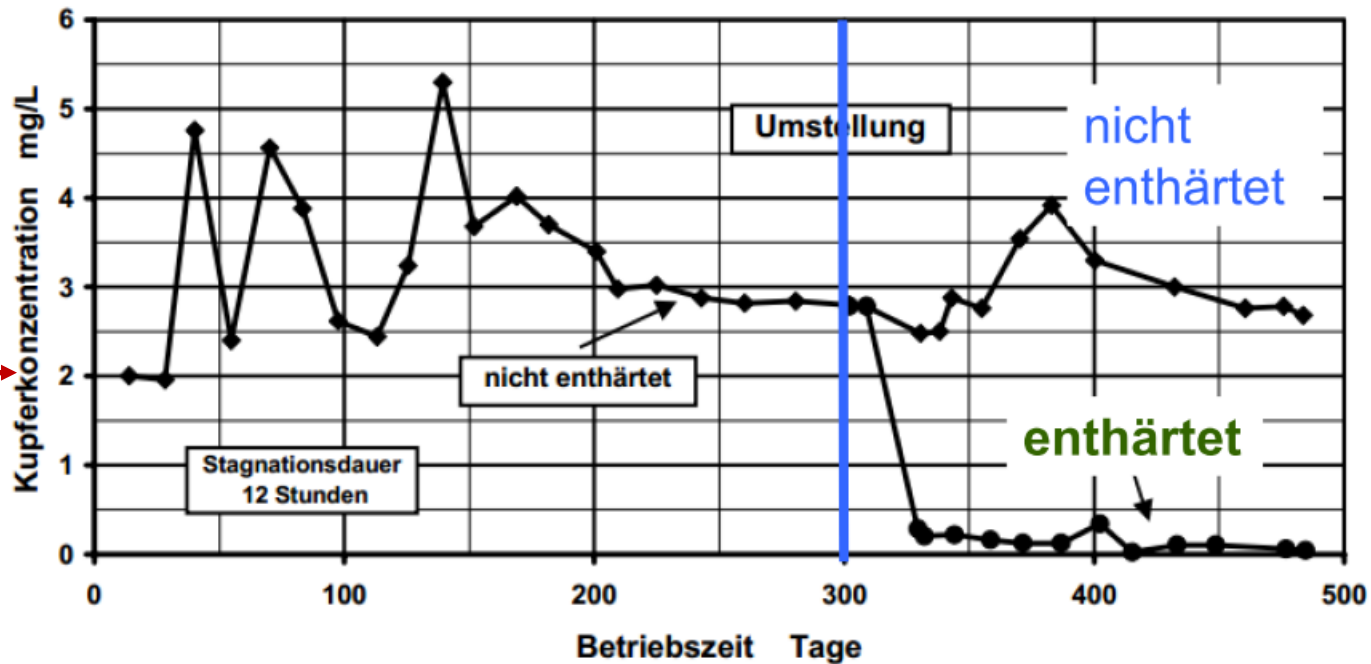
 Veolia Water Technologies Deutschland GmbH (Standort Bayreuth) 04.06.2019 (Dipl.-Ing. Uwe Sauer)



Zentrale Enthärtung: Warum ? Korrosion

ENTHÄRTUNG / KUPFERABGABE

Einfluß der chemischen Enthärtung auf die Kupferkonzentration



TVO:
Mittlere
wöchentliche
Aufnahme:
2 mg/l

Aus W. Nissing, Kurs 6, DVGW

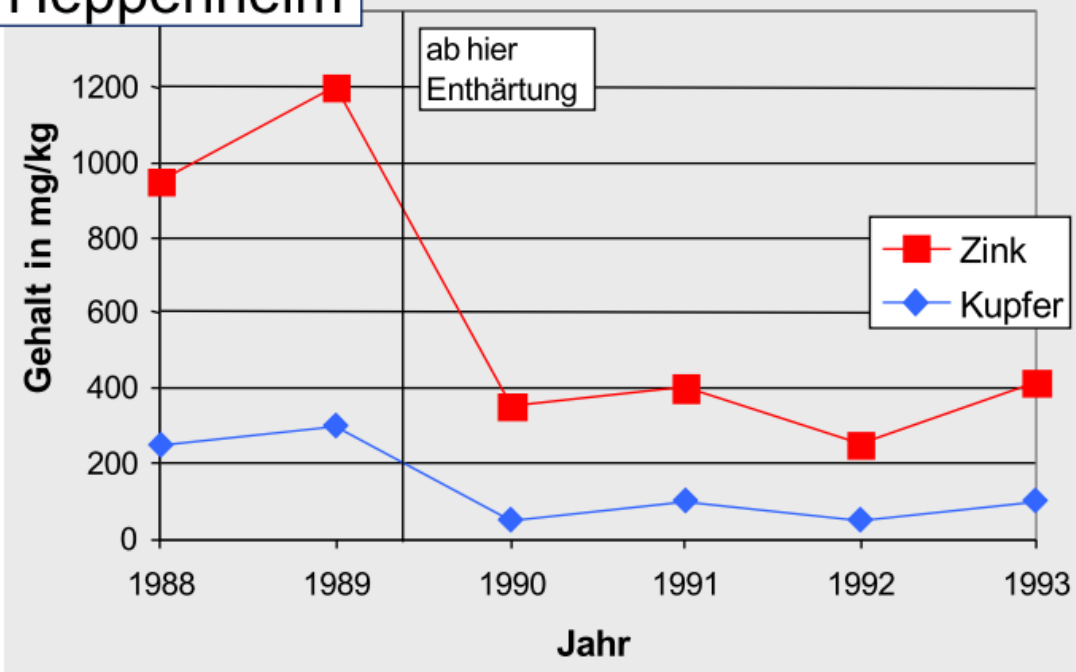
TZW

Zentrale Enthärtung: Warum ? Korrosion

ENTHÄRTUNG / SCHWERMETALLBELASTUNG

Schwermetallgehalt im Klärschlamm der Kläranlage Heppenheim

Durch die Enthärtung weniger Korrosion und damit Lösung von Zink und Kupfer im Trinkwasser.



Kreilinger, W. (1998): Erfahrungsbericht Wasserwerk Heppenheim, in: WAR 1998 (a.a.O.), S. 185-196

TZW

Zentrale Enthärtung: Warum ? Umwelt

ÖKOLOGISCHER ASPEKT



Zentrale Enthärtung

Quelle: TZW, Fraunhofer 2004

TZW

Zentrale Enthärtung: Warum ? Umwelt

Stadt Brakel: weniger Regeneriersalz durch zentrale Enthärtung

- **Trinkwassermenge:** 750.000 m³/a / Einwohner 16.500
- **Spülmaschine „IST“**
Enthärtung von 22°dH auf 5°dH / Wassermenge 5 l/(Person x d) / 80% der Haushalte
 $16.500 \text{ EW} \times 5 \text{ l} \times 365 \text{ d/a} \times 80\% = 24.100 \text{ m}^3/\text{a}$
 $24.100 \text{ m}^3/\text{a} \times 17^\circ\text{dH} \times 0,179 \times 2 \times 2 \times 58,44 \times 0,001 = \mathbf{17.100 \text{ kg pro Jahr}}$ **= - 17 t/a**
- **Spülmaschine „NEU“**
Enthärtung von 8°dH auf 5°dH / Wassermenge 5 l/(Person x d) / 80% der Haushalte
 $16.500 \text{ EW} \times 5 \text{ l} \times 365 \text{ d/a} \times 80\% = 24.100 \text{ m}^3/\text{a}$
 $24.100 \text{ m}^3/\text{a} \times 3,0^\circ\text{dH} \times 0,179 \times 2 \times 2 \times 58,44 \times 0,001 = \mathbf{3.000 \text{ kg pro Jahr}}$ **= + 3 t/a**
- **Hausenthärter**
Enthärtung von 22°dH auf 5°dH / 10% der Haushalte
10% von 750.000 m³/a = 75.000 m³/a
 $75.000 \text{ m}^3/\text{a} \times 17^\circ\text{dH} \times 0,179 \times 2 \times 2 \times 58,44 \times 0,001 = \mathbf{53.300 \text{ kg pro Jahr}}$ **= - 53 t/a**
- **Summe: ca. 67 Tonnen weniger Salz im Jahr**

**Winterdienst Brakel
ca. 150 t im Jahr**



Zentrale Enthärtung: Warum ?

KOSTENEINSPARUNG / VERBRAUCHER

Härteverringerung von „hart“ auf „weich“	
gerundete Angaben	Angaben in € pro Person/a
Wasch- und Reinigungsmittel	8,00
Regeneriersalz (Spülmaschine)	0,50
Energie-/Mehrwasserverbrauch	3,00
Wartung (Warmwasser)	15,50
Gesamteinsparung p.a.	27,00
Einsparung pro m ³ (Wasserbedarf: 50 m ³ /a/Person)	0,54 (€/m³)

Quelle: TZW, Fraunhofer 2004

 TZW

Zentrale Enthärtung DVGW Regelwerk

Zentrale Enthärtung – DVGW Regelwerk

W 235-1 Arbeitsblatt 10/2009

Zentrale Enthärtung von Wasser in der Trinkwasserversorgung - Teil 1: Grundsätze und Verfahren

Auflage: 1. Auflage 2009



W 235-3 Arbeitsblatt 04/2012

Zentrale Enthärtung in der Trinkwasserversorgung - Ionenaustauschverfahren

Auflage: 1. Auflage 2012



W 235-2 Arbeitsblatt 10/2016

Zentrale Enthärtung in der Trinkwasserversorgung; Fällungsenthärtung

Auflage: 2. Auflage 2016



DVGW W 236 (A) April 2014

Nanofiltration und Niederdruckumkehrosmose in der zentralen Trinkwasseraufbereitung Entwurf

Einspruchsfrist 31.07.2014



**DVGW Arbeitsblatt W 236:
seit 2014 „auf Eis“ (siehe „AMPA“)**

Umkehrosmose – Neue Erkenntnisse

Reinheitsprüfung phosphonathaltiger Antiscalants

Im Rahmen des DVGW-F&E-Vorhabens W 201506 wurde die chemisch-analytische Charakterisierung von 24 technischen Antiscalantprodukten auf Phosphonatbasis vorgenommen. Der Beitrag erläutert die dabei durchgeführten Analysen und stellt die zentralen Ergebnisse der Untersuchung vor.

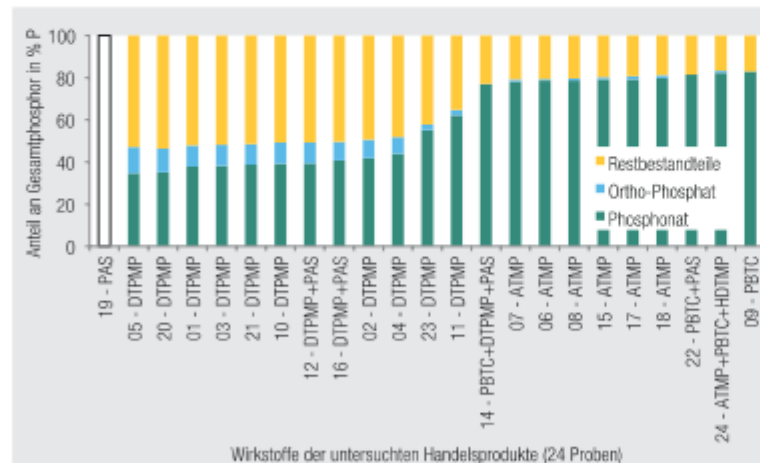
von: Dr. Oliver Happel, Dominic Armbruster, Dr.-Ing. Uwe Müller & Prof. Dr.-Ing. Heinz-Jürgen Brauch
(alle: TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser)

FORSCHUNG & ENTWICKLUNG

te erlaubte die nahezu vollständige der bei der Analyse von techn-MP-Produkten detektierten Signale ichte in der Folge eine Bilanzierung alverbindungen und phosphorhal-reinigungen.

parallelen Einsatz der beiden analy-fahren (IC-ICP-MS und IC-ESI-TOF) gelang es im Rahmen des Forschungsvorha-

bens, den Hauptteil der phosphorhaltigen Verbindungen auf Einzelstoffe zurückzuführen. Hierbei zeigte sich, dass bei Handelsprodukten auf Basis von DTPMP der Wirkstoffanteil lediglich etwa die Hälfte an den phosphorhaltigen Verbindungen ausmacht; in dieser Betrachtung sind noch nicht einmal die nicht-phosphorhaltigen Inhaltsstoffe erfasst. Somit sind im Mittel mehr als die Hälfte der Substanzen in DTPMP-Produkten unerwünschte Bestandteile. Der Reinheitsgrad dieser Handelsprodukte liegt wesentlich tiefer, als dies aus den bisherigen Erfahrungen oder den bestehenden Vorgaben für die Produktreinheit erwartet wurde.



Quelle: TZW

Als Beispiel sind die Chromatogramme eines DTPMP-Produkts mittels ESI-TOF- und ICP-MS-Detektion aufgeführt (Abb. 4). Die Nominalverbindung DTPMP eluiert bei einer Retentionszeit von 16,5 Minuten. Davor eluieren zahlreiche Synthesenebenprodukte, die mittels IC-ESI-TOF-Analyse identifiziert und durch den Abgleich mit den IC-ICP-MS-Daten quantifiziert wurden.

Als ein Resultat des Forschungsvorhabens vermittelt **Abbildung 5** eine Übersicht über die durchschnittlichen Anteile der Nominalverbin-

Umkehrosmose – Neue Erkenntnisse

Deutscher Verein des
Gas- und Wasserfaches e.V.



www.dvgw-veranstaltungen.de

Vertiefungskurs „Membrantechnik II“ Nanofiltration und Umkehrosmose zur Trinkwasseraufbereitung

12./13. Februar 2019 • Bonn

DVGW ARBEITSBLATT W 236

- Allgemeine Grundlagen
- Planung und Bau
- Allgemeine Anforderungen
 - Aufbereitungsstoffe
 - Werkstoffe und Materialien
- Inbetriebnahme und Betrieb
- Spülung, Reinigung und Konservierung

Mögliche Aktualisierungen (Stand 2018)

- Maximale Lagerung von Antiscalants (12 Monate)
- Mindestrückhalt (3,5 log) mit Prüfvorschrift
- Überwachung Intaktheit im Betrieb
- Begrenzung der Antiscalant-Dosis (2,5 mg/L Bezug Wirkstoff)



TZW

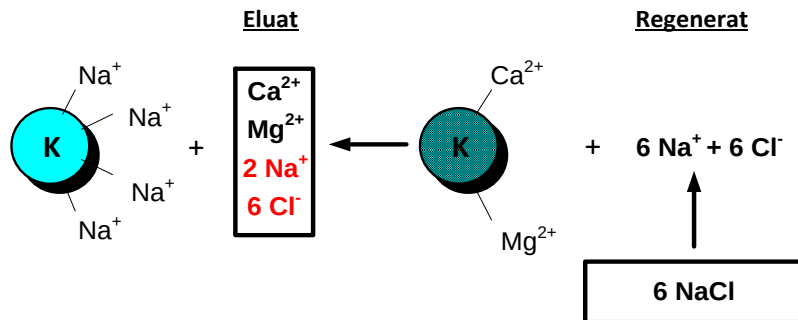
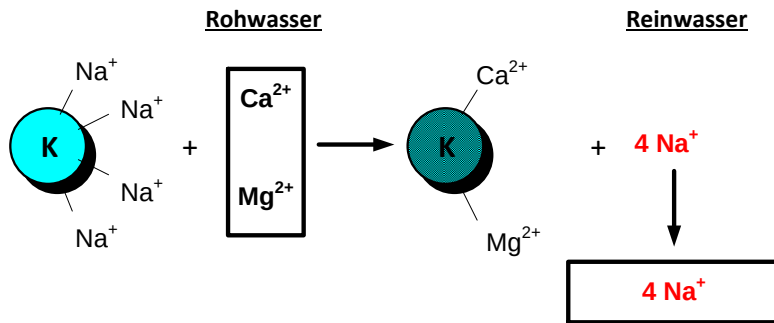
A dynamic splash of water in shades of blue and white, creating a sense of movement and freshness, serving as the background for the top half of the slide.

CARIX®

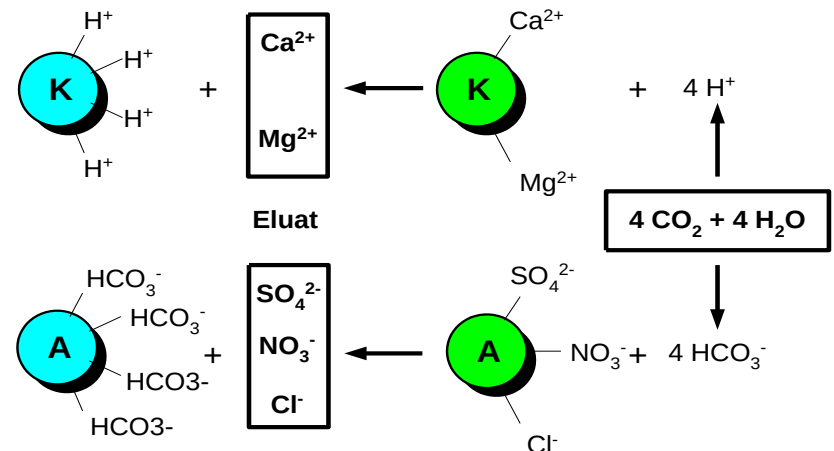
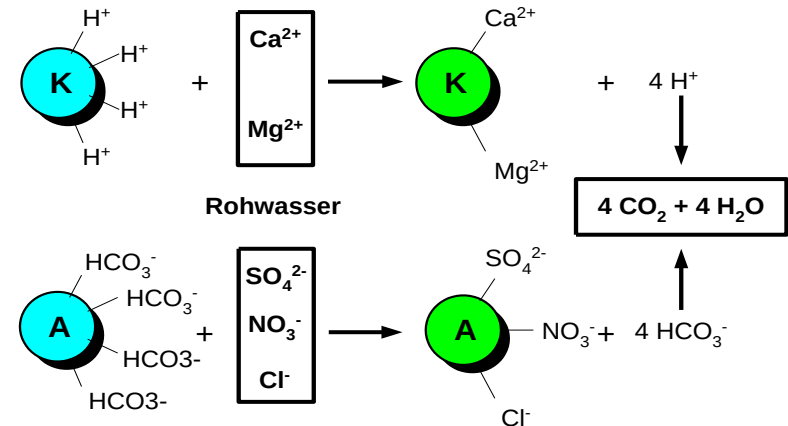
CAarbon dioxide **R**egenerated **I**on e**X**changers

Neutralaustauscher (Haushärter) - CARIX

Neutralaustauscher



CARIX



Trollmühle 2011 (270 m³/h – 1,7 Mio m³/a)

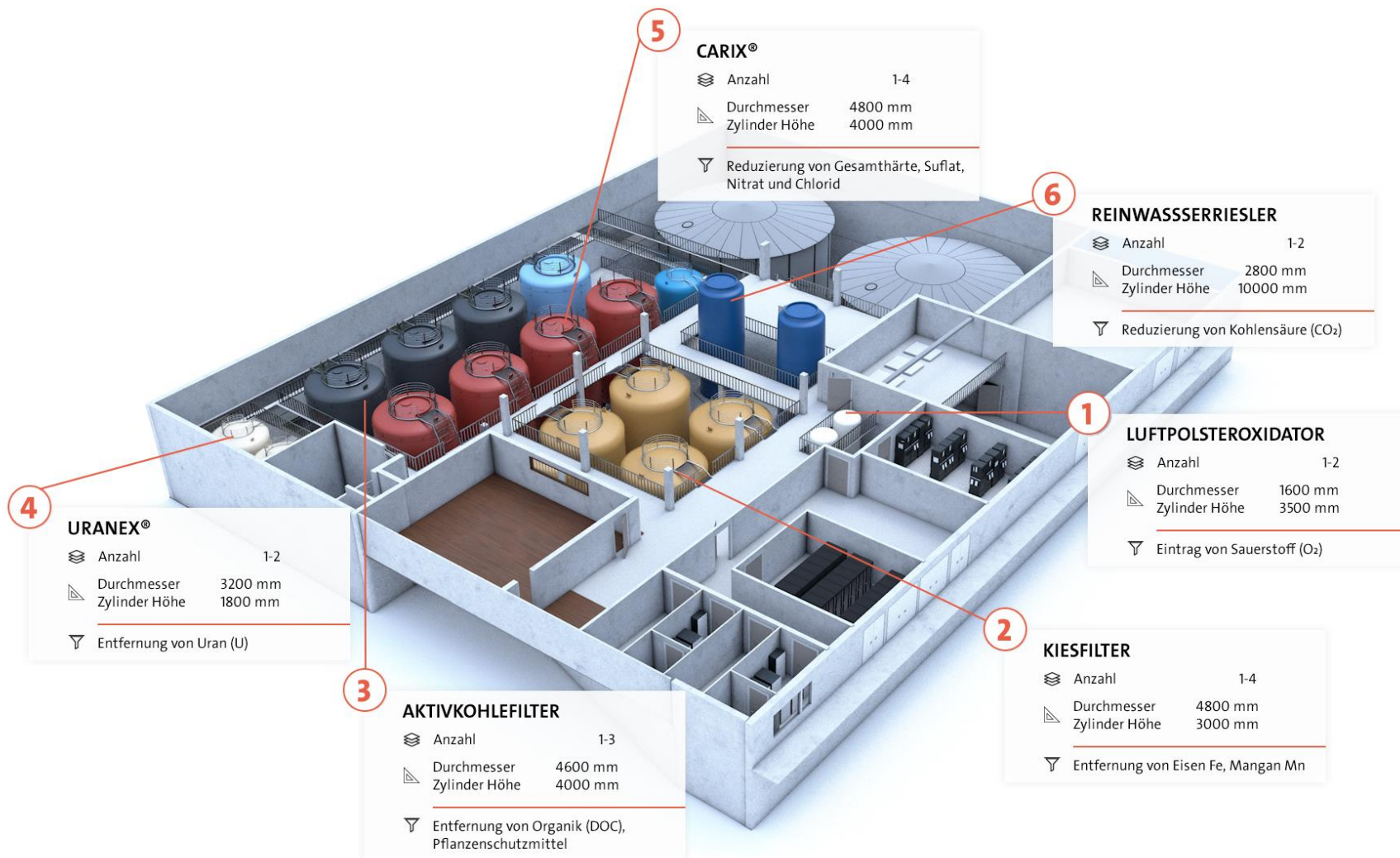


Trollmühle 2011 ($270 \text{ m}^3/\text{h}$ – $1,7 \text{ Mio m}^3/\text{a}$)



EINGANGSBEREICH DES
WASSERWERKS WINDESHEIM

Moos 2018 (400 m³/h – 3,0 Mio m³/a)



Moos 2018 (400 m³/h – 3,0 Mio m³/a)



Salzkotten 2018 (170 m³/h – 1,2 Mio m³/a)



A high-speed photograph of water splashing, creating a dynamic blue and white pattern that fills the top half of the slide.

Brakel

Zentrale Enthärtung

Vergleich: Umkehromose - CARIX

Brakel: Wasseranalysen

Auftraggeber Stadt Brakel							TVO	Wasserversorger		
Bearbeiter Dipl.-Ing. Uwe Sauer								BWV	HWW	Roetgen
			TW IST	CARIX	LPRO	"Haus"		130 Mio	94 Mio	30 Mio
Temperatur	t	°C	10	10	10	10	< 2.790	9	7	9
Leitfähigkeit 25°C	Lf	[µS/cm]	760	300	290	610		337	170	210
Sauerstoff	O ₂	[mg/l]	8	10	10	8		15	11	10
Säurekapazität pH4,3	K _{34,3}	[mmol/l]	5,78	2,37	2,14	5,78		2,63	0,68	0,82
Basenkapazität pH8,2	K _{88,2}	[mmol/l]	0,91	0,10	0,07	0,91	6,5...9,5	0,06	0,01	
pH-Wert	pH	[-]	7,20	7,81	7,90	7,21		8,00	8,88	8,59
Calcium	Ca ²⁺	[mg/l]	120	44	44	28		50	16	21
Magnesium	Mg ²⁺	[mg/l]	21	8	8	5	< 200	8	3	3
Natrium	Na ⁺	[mg/l]	6	6	2	143		6	9	12
Kalium	K ⁺	[mg/l]	1	1	1	1		1	1	2
Chlorid	Cl ⁻	[mg/l]	19	8	7	19	< 250	8	11	20
Nitrat	NO ₃ ⁻	[mg/l]	35	26	13	35	< 50	4	5	5
Sulfat	SO ₄ ²⁻	[mg/l]	60	9	23	60	< 250	33	29	22
org.geb.Kohlenstoff	TOC	[mg/l]	0,5	0,5	0,3	0,5		1,0	1,7	1,7
Berechnete Wasserdaten										
Gesamthärte	GH	[°dH]	21,6	8,0	8,0	5,0		8,9	3,0	3,7
Karbonathärte	KH	[°dH]	16,2	6,6	6,0	16,2	< 5	7,4	1,9	2,3
Calcitlösekapazität	D < 5	[mg/l]	-9	0	0	38,7		0	0	0,0
	D 90°C	[mg/l]	-106	-22	-18	-19		-30	1	0

Brakel: Korrosion

Die TVO sagt bei den Parametern Chlorid Cl, Elektrische Leitfähigkeit Lf, Sulfat SO₄ und pH-Wert: „*Das Trinkwasser sollte nicht korrosiv wirken (Anmerkung 1)*“

Anmerkung 1:

Die entsprechende Beurteilung, insbesondere zur Auswahl geeigneter Materialien im Sinne von § 17 erfolgt nach den **allgemein anerkannten Regeln der Technik**.

Allgemein anerkannten Regeln der Technik:

Die entsprechende Beurteilung, insbesondere zur Auswahl geeigneter Materialien im Sinne von § 17 erfolgt nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik.

DIN 50930-6:2013-10

Korrosion der Metalle - Korrosion metallener Werkstoffe im Innern von Rohrleitungen, Behältern und Apparaten bei Korrosionsbelastung durch Wässer - Teil 6: Bewertungsverfahren und Anforderungen hinsichtlich der hygienischen Eignung in Kontakt mit Trinkwasser

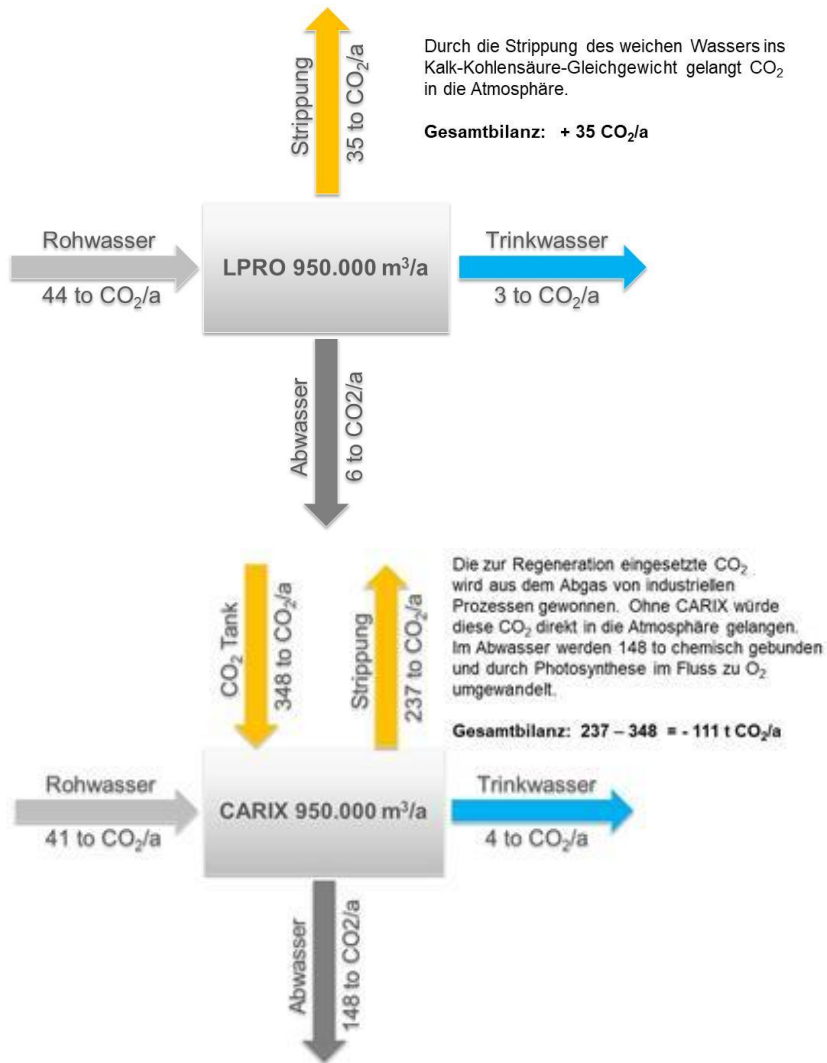
DIN EN 12502-1-6 :2005-03

Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe - Hinweise zur Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit in Wasserverteilungs- und speichersystemen

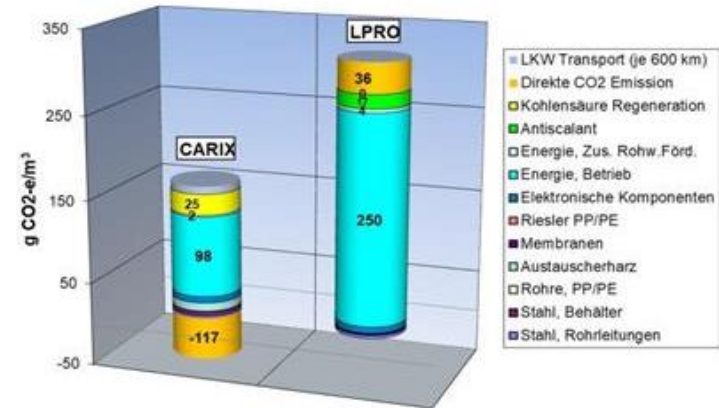
Brakel: Korrosion

Werkstoff	Korrosion gering bei ...	Einh./DIN	Rohw	CARIX	LPRO	"Haus"
Kupfer, Kuper-legierungen	pH > 7,4	50930-6	7,20 nicht erfüllt !	7,81 ✓	7,90 ✓	7,21 nicht erfüllt !
	7,0 ≤ pH < 7,4 und TOC ≤ 1,5 mg/l	50930-6	7,20 0,5 ✓	7,81 0,5 ✓	7,90 0,3 ✓	7,21 0,5 ✓
	HCO ₃ ⁻ ≥ 1,0 mmol/l	12502-2	5,78 ✓	2,37 ✓	2,14 ✓	5,78 ✓
	pH > 7,5	12502-2	7,20 nicht erfüllt !	7,81 ✓	7,90 ✓	7,21 nicht erfüllt !
	S=HCO ₃ ⁻ /SO ₄ ²⁻ > 1,5	12502-2	9,3 ✓	25,3 ✓	8,9 ✓	9,3 ✓
Schmelztauchverzinkte Eisenwerkstoffe	K _{88,2} < 0,2 mmol/l	50930-6	0,91 nicht erfüllt !	0,10 ✓	0,07 ✓	0,91 nicht erfüllt !
	HCO ₃ ⁻ ≥ 1,0 mmol/l	50930-6	5,78 ✓	2,37 ✓	2,14 ✓	5,78 ✓
	S ₁ =(Cl ⁻ +NO ₃ ⁻ +2xSO ₄ ²⁻)/HCO ₃ ⁻ < 0,5	12502-3	0,41 ✓	0,35 ✓	0,41 ✓	0,41 ✓
	1 > S ₂ =(Cl ⁻ +2xSO ₄ ²⁻)/NO ₃ ⁻ > 3 oder NO ₃ ⁻ < 0,3 mmol/l	12502-3	3,2 0,56 ✓	0,98 0,42 ✓	3,23 0,21 ✓	3,2 0,56 ✓
	HCO ₃ ⁻ ≥ 2,0 mmol/l	12502-3	5,78 ✓	2,37 ✓	2,14 ✓	5,78 ✓
	Ca ²⁺ ≥ 0,5 mmol/l	12502-3	2,99 ✓	1,10 ✓	1,10 ✓	0,69 ✓
Gusseisen, unlegierte u. niedriglegierte Stähle	O ₂ > 3 mg/l	50930-6	1,0 nicht erfüllt !	10,0 ✓	10,0 ✓	8,0 ✓
	pH < 7,0	50930-6	7,20 ✓	7,81 ✓	7,90 ✓	7,21 ✓
	HCO ₃ ⁻ ≥ 2,0 mmol/l	50930-6	5,78 ✓	2,37 ✓	2,14 ✓	5,78 ✓
	Ca ²⁺ ≥ 0,5 mmol/l	50930-6	2,99 ✓	1,10 ✓	1,10 ✓	0,69 ✓
	Ca ²⁺ ≥ 1,0 mmol/l	12502-5	2,99 ✓	1,10 ✓	1,10 ✓	0,69 nicht erfüllt !
Nichtrostende Stähle	Kaltwasser: Cl ⁻ < 6,0 mmol/l	12502-4	0,54 ✓	0,23 ✓	0,20 ✓	0,54 ✓
	Warmwasser: Cl ⁻ < 1,5 mmol/l	12502-4	0,54 ✓	0,23 ✓	0,20 ✓	0,54 ✓

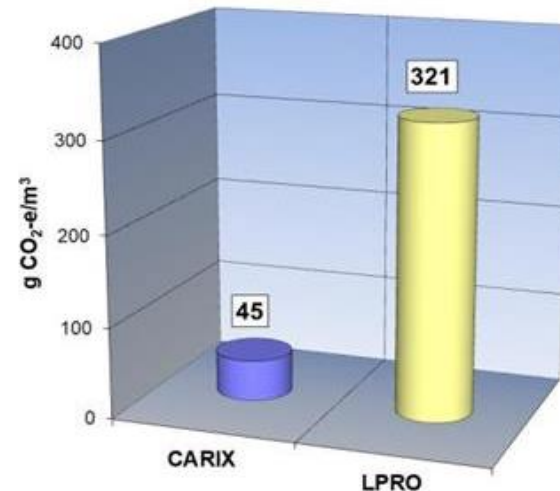
Brakel: CO₂ Bilanz



WW Brakel: CO₂ Emission pro m³ Trinkwasser



WW Brakel: CO₂ Emission pro m³ Trinkwasser



Brakel: Fördermittel

Pressemitteilung

Deggendorf, 13. März 2018

waldwasser schont die Umwelt und den Geldbeutel

Förderung reduziert Finanzierungskosten für energieeffiziente Investitionen

Beim Bau der neuen Wasseraufbereitungsanlage in Moos hat sich waldwasser bei der Trinkwasserenthärtung für das umweltfreundliche und ressourcenschonenden CARIX® Verfahren entschieden. Einzigart bei diesem Ionenaustauschverfahren ist die umweltschonende Regeneration mit Kohlensäure (CO₂). Die etwas höhere Investition wird durch die geringen Betriebskosten mehr als ausgeglichen.



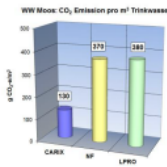
Hohe Energieeffizienz und beste CO₂ - Bilanz

Ein wesentlicher Anteil der Betriebskosteneinsparung resultiert aus dem sehr niedrigen Energiebedarf. Im Wasserwerk Moos werden deshalb bei einer Abgabemenge von 3 Millionen Kubikmeter Trinkwasser pro Jahr **890.000 Kilowattstunden** gespart. Dies entspricht einer jährlichen Entlastung der Atmosphäre um **480 Tonnen CO₂** und einer Kosteneinsparung von **180.000 EUR jedes Jahr**.



Die zur Regeneration der CARIX®- Anlage eingesetzte Kohlensäure (CO₂) wird aus dem Abgas von industriellen Prozessen gewonnen. Ohne den Betrieb der CARIX®- Anlage würde diese CO₂ direkt in die Atmosphäre gelangen. Somit wird die Umwelt um weitere **50 Tonnen CO₂ im Jahr entlastet**.

Die CO₂ - Bilanz (Carbon Footprint) einschließlich aller Betriebsstoffe und Transporte liegt im Wasserwerk Moos mit 130 Gramm CO₂ je Kubikmeter Trinkwasser fast 70% unter dem Wert der Umkehrosmose (LPRO). Verglichen mit dem für PKW von der EU angestrebten Wert von 95 Gramm CO₂ je Kilometer entspricht diese Einsparung einem CO₂ - Ausstoß von umgerechnet **8 Millionen PKW Kilometern pro Jahr**.



Der Bund fördert die Energieeinsparungen bei waldwasser

Zur Erreichung der Klimaschutzziele der Bundesregierung unterstützt das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) über die **KfW Förderbank** Städte, Gemeinden und kommunale Zweckverbände bei Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz. Für den Neubau des Wasserwerkes in Moos hat die KfW Bank auf Grund der besseren CO₂- und Umweltbilanz von CARIX® im Vergleich zur Membranentsalzung einen **Kredit in Höhe von 6 Millionen EUR** bewilligt. Der **Effektive Jahreszins** liegt bei sehr niedrigen **0,05%** und der **Tilgungszuschuss beträgt 300.000 EUR**.

Kontakt

Baudirektor Dipl.-Ing. Hermann Gruber
Wasserversorgung Bayerischer Wald
Pater-Fink-Straße 8
94469 Deggendorf
Telefon: 09 91 / 29 64 – 11
Hermann.Gruber@waldwasser.eu
www.waldwasser.eu

Dipl.-Ing. Uwe Sauer
Veolia Water Technologies Deutschland GmbH
Bindlacher Straße 4
95448 Bayreuth
Telefon: 09 21 / 15 08 79 - 379
uwe.sauer@veolia.com
www.veoliawatertechnologies.de/

Brakel: Gebäude



Brakel: Kosten

Wasserwerk Brakel		CARIX®	LPRO
Rohwasser	m³/a	1.025.000	1.114.000
Trinkwasser verkauft	m³/a	750.000	750.000
Trinkwasser aufbereitet	m³/a	950.000	950.000
Eigenbedarf und Verluste	m³/a	200.000	200.000
Abwasser "Entsalzung"	m³/a	75.000	164.000
bez. Auf Trinkwasser aufbereitet	%	7,9%	17,3%
Trinkwasserabgabe (8 °dH))	m³/h	130	130
Trinkwasserabgabe (max. 10 °dH)	m³/h	200	200

Investkosten, Kapitaldienst, Instandhaltung/Wartung			
Druckbeh., Rohre, Armat., Apparate	EUR	2.100.000	400.000
E-MSR-Technik, Pumpen, LPRO-Racks, Dos.St.	EUR	700.000	900.000
Gebäude, Haustechnik (350 EUR/m³)	EUR	1.100.000	840.000
Planungskosten, Gebühren	EUR	500.000	430.000
Erdverlegte Leitungen (3,5 km, 180 EUR/m) incl. Planung	EUR	800.000	800.000
Gesamtsumme Invest netto zzgl. MWSt	EUR	5.200.000	3.370.000
Kapitaldienst (1,5% eff. Zins)			
Druckbeh., Rohre, Armat., Apparate (25 a)	EUR/a	101.000	19.000
E-MSR-Technik, Pumpen, Netzpumpen (15 a)	EUR/a	52.000	67.000
Gebäude, Haustechnik (50 a)	EUR/a	31.000	24.000
Planungskosten (25 a)	EUR/a	24.000	21.000
Erdverlegte Leitungen (80 a)	EUR/a	17.000	17.000
Instandhaltung/Wartung, Sonstiges	EUR/a	39.000	21.000
Summe Kapitaldeinst, Instandhaltung, Wartung	EUR/a	264.000	169.000
je m³ Trinkwasser verkauft	Cent/m³	35	23

Brakel: Kosten

Wasserwerk Brakel		25 Cent/KWh		30 Cent/KWh	
Betriebsmittelverbrauch		CARIX®	LPRO	CARIX®	LPRO
zus.Energiebedarf Brunnenpumpen (1 bar)	kWh/m³	0,004	0,008	0,004	0,008
Energiebedarf "Entsalzung" (+5% Zuschlag)	kWh/m³	0,192	0,491	0,192	0,491
CO ₂ -Verbrauch	kg CO ₂ /m³	0,422	---	0,422	---
Betriebsmittelkosten je m³					
zus. Energiebedarf Brunnenpumpen (25 Cent/kWh)	EUR/a	1.000	2.000	2.000	3.000
Energie Aufbereitung (25 Cent/kWh)	EUR/a	46.000	117.000	55.000	140.000
CO ₂ (100 EUR/to)	EUR/a	41.000	---	41.000	---
Antiscalant (Phosphonsäure)	EUR/a	---	14.000	---	14.000
Membranersatzkosten incl. Mont. + IBN (5 Jahre)	EUR/a	---	29.000	---	29.000
Kerzenfilter 20 + 1 µm incl. Montage (2x pro Jahr/Straße)	EUR/a	---	4.000	---	4.000
CIP incl. Chemikalien (1,5x pro Jahr/Straße), FBB	EUR/a	---	17.000	---	17.000
Zus. Wasserentnahmeentgelt (5 Cent/m³)	EUR/a	4.000	9.000	4.000	9.000
Einleitungsgebühren Vorfluter (N-,P-Fracht)	EUR/a	5.000	11.000	5.000	11.000
Zusätzlicher Personalaufwand (40 EUR/h)	EUR/a	5.000	15.000	5.000	15.000
Summe Betriebskosten	EUR/a	102.000	218.000	112.000	242.000
je m³ Trinkwasser verkauft	Cent/m³	14	29	#DIV/0!	#DIV/0!

Betriebskosten	EUR/a	102.000	218.000	112.000	242.000
Kapitaldienst, Instandhaltung/Wartung	EUR/a	264.000	169.000	264.000	169.000
Summe Kapitaldienst + Betriebskosten	EUR/a	366.000	387.000	376.000	411.000
je m³ Trinkwasser verkauft	Cent/m³	49	52	50	55

A dynamic splash of water in shades of blue and white, with droplets falling, set against a light blue background.

**Vielen Dank für
Ihre Aufmerksamkeit !**

Gibt es Fragen ?