

AEMP: Bereit sein für Veränderungen

17.–18. Juni 2026 im Kongresshaus Biel/Bienne

SRDM: adapter pour adopter

17–18 juin 2026 au Palais des Congrès à Biel/Bienne



Elektrodeionisation – Erfahrungsbericht

Nicolas Krischer, SteriLease SA / Stertech SA

Inhalt

1. Auffrischung Kenntnisse verschiedener Wasseraufbereitungsarten
2. Bilanz nach 5 Jahren Elektrodeionisation
3. Analyse Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Konzentration starker Elektrolyten
4. Fazit

Bedeutung des Wassers



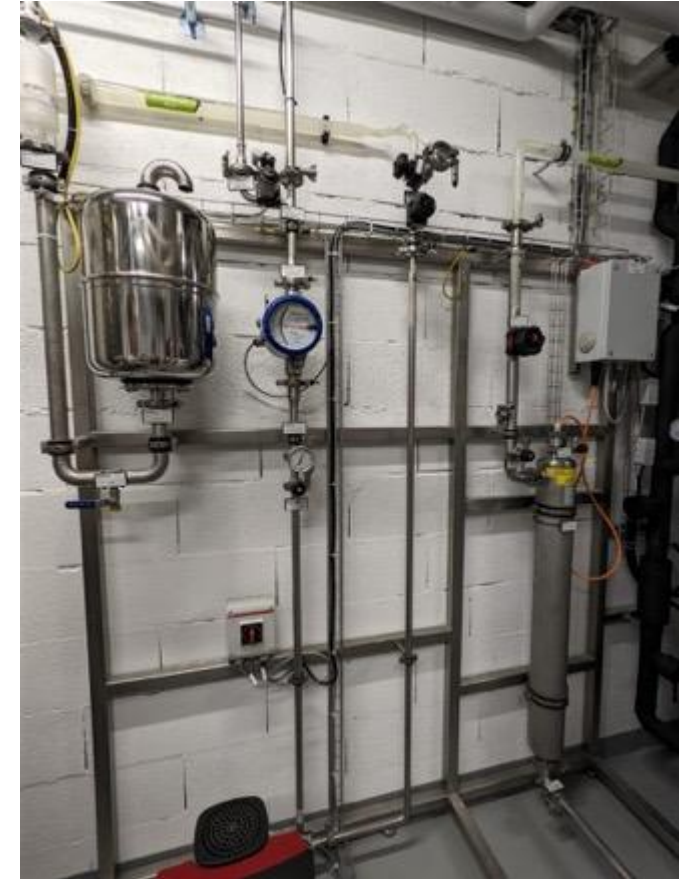
Zentrale Wasseraufbereitungsanlage



Aufbereitung



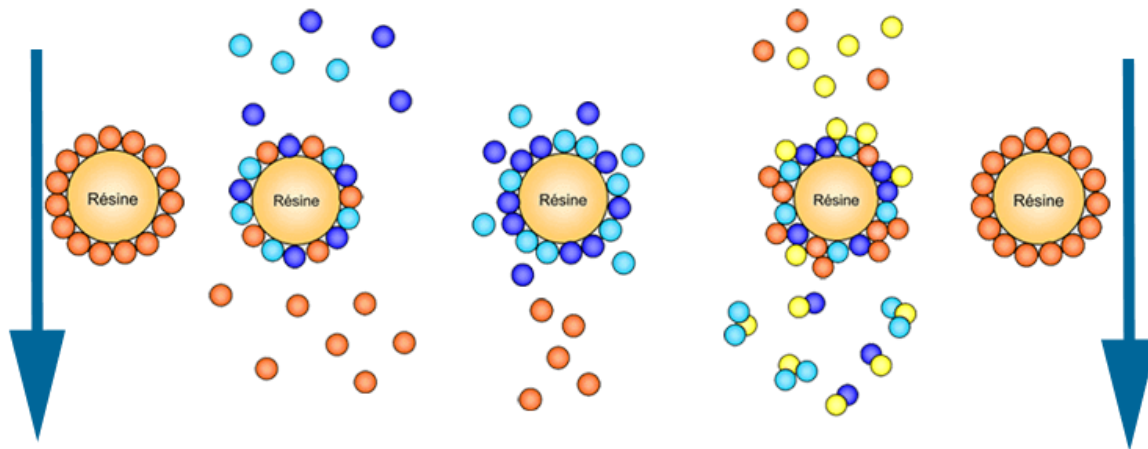
Lagerung



Verteilung

Wassereenthärter - Funktionsweise

Eau dure



Adoucissement

Saturation

Régénération

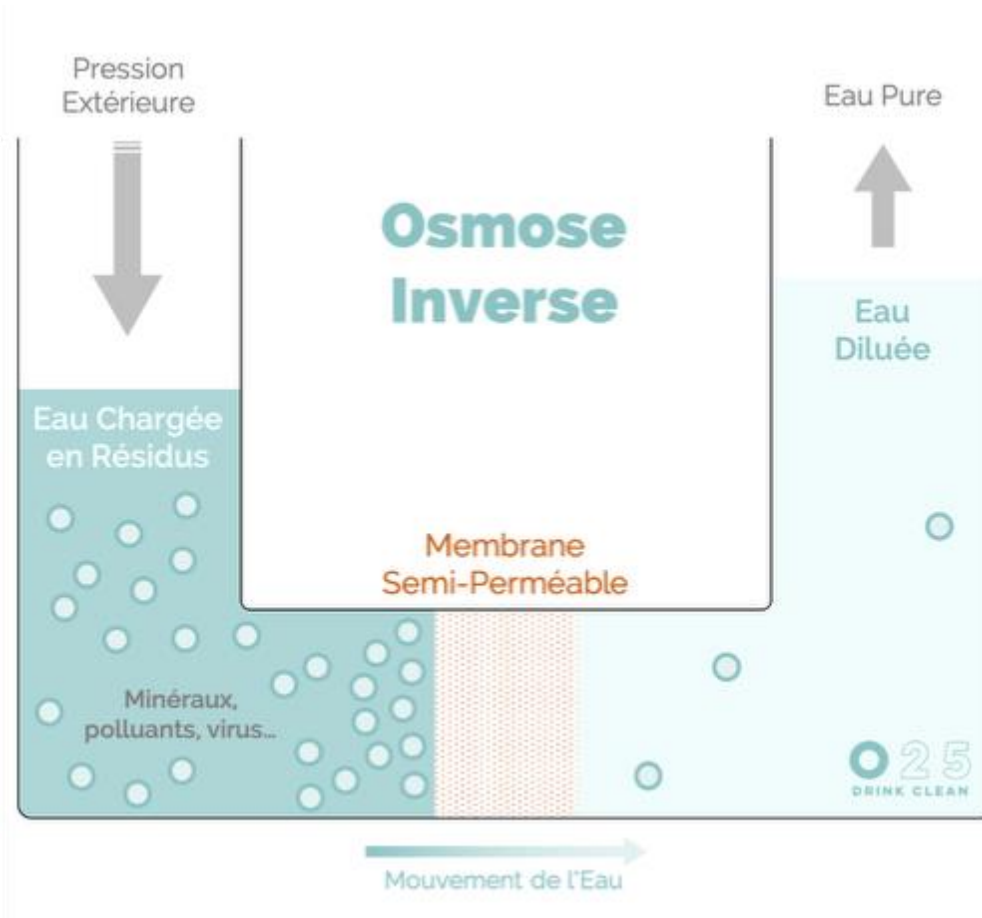
Eau adoucie



https://www.waterconcept.fr/ressources/principe-entretien-d-un-adoucisseur-n37?srsId=AfmBOoqP7CkrX5NI4xRDF_4g1WWCFBRZUe7w8aXGFuA_YEg58AhzWyo0



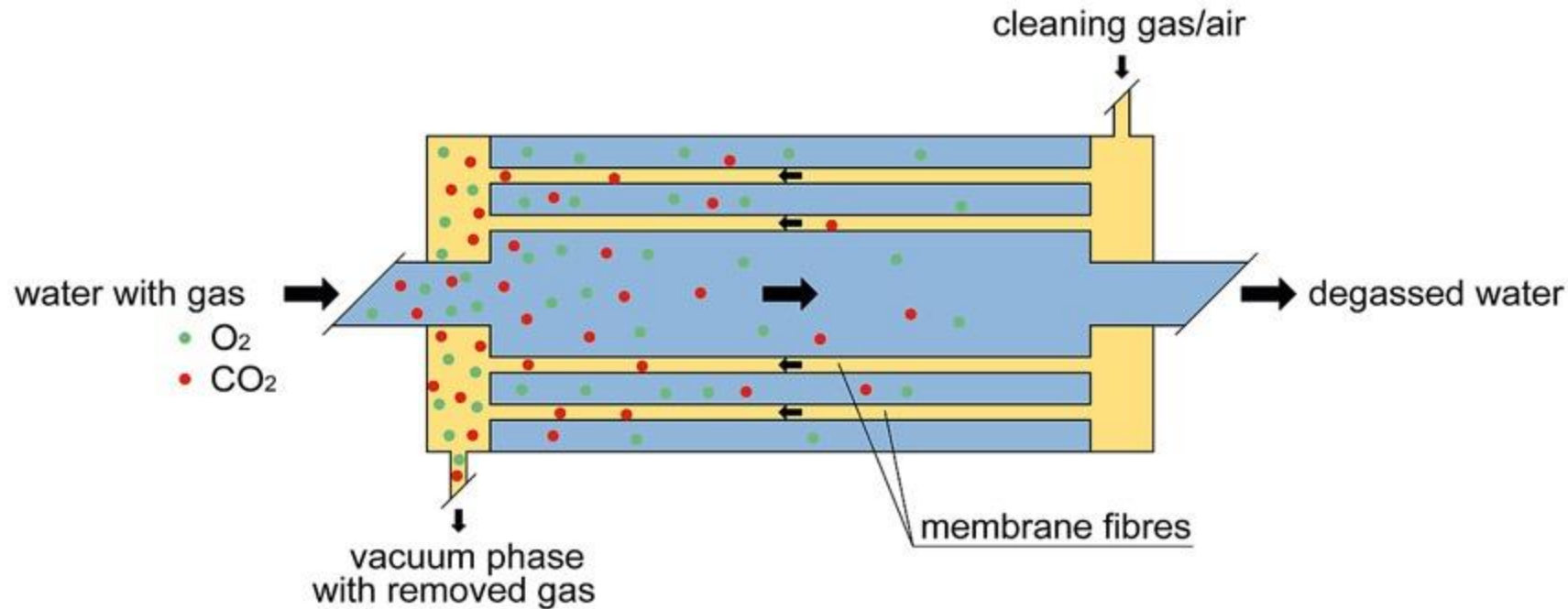
Umkehrosmose - Funktionsweise



<https://www.o25.eu/osmose-inverse-comment-ca-marche/>



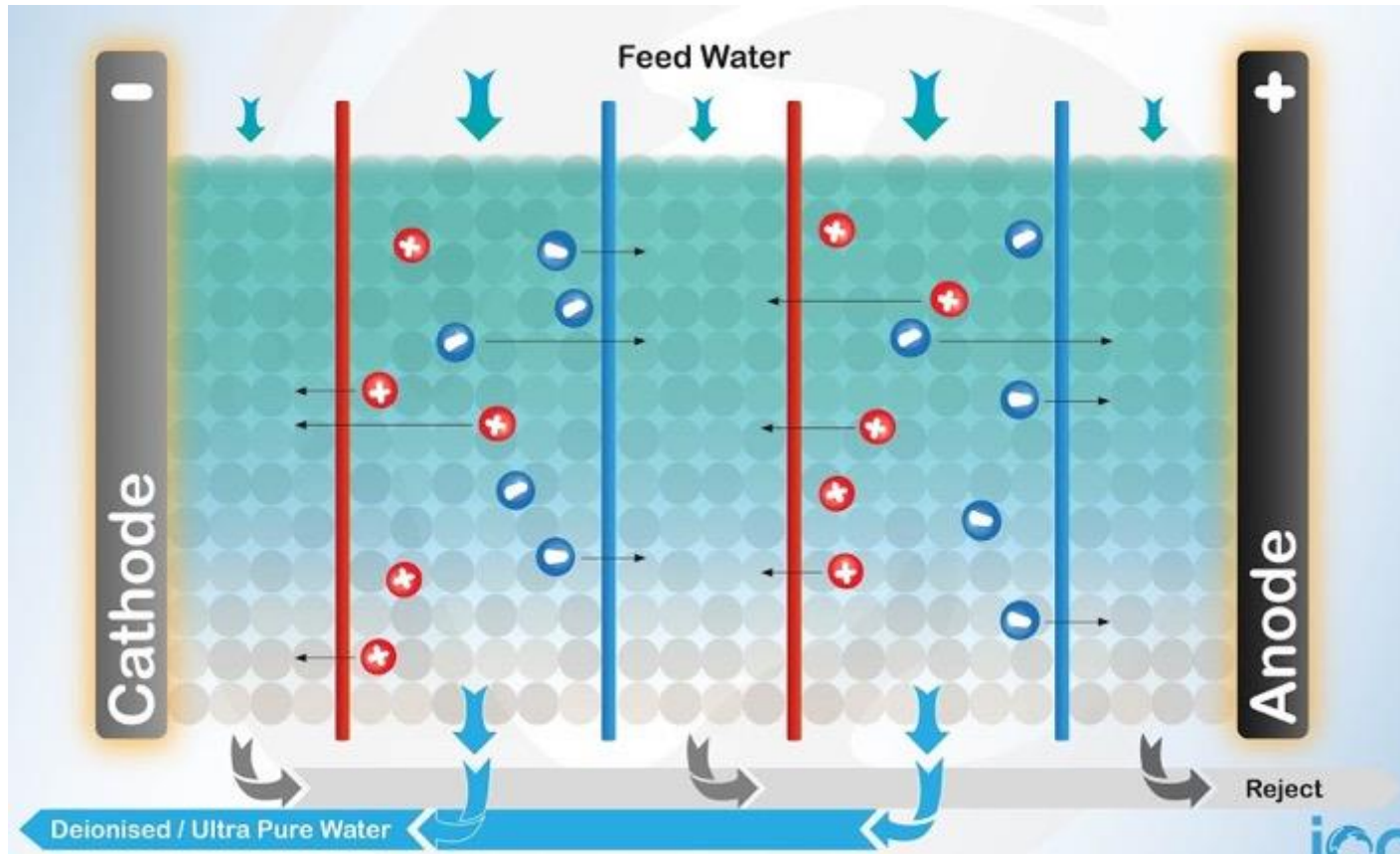
Entgasung - Funktionsweise



<https://www.hydrogroup.biz/products/process-water-treatment/membrane-degassing/>



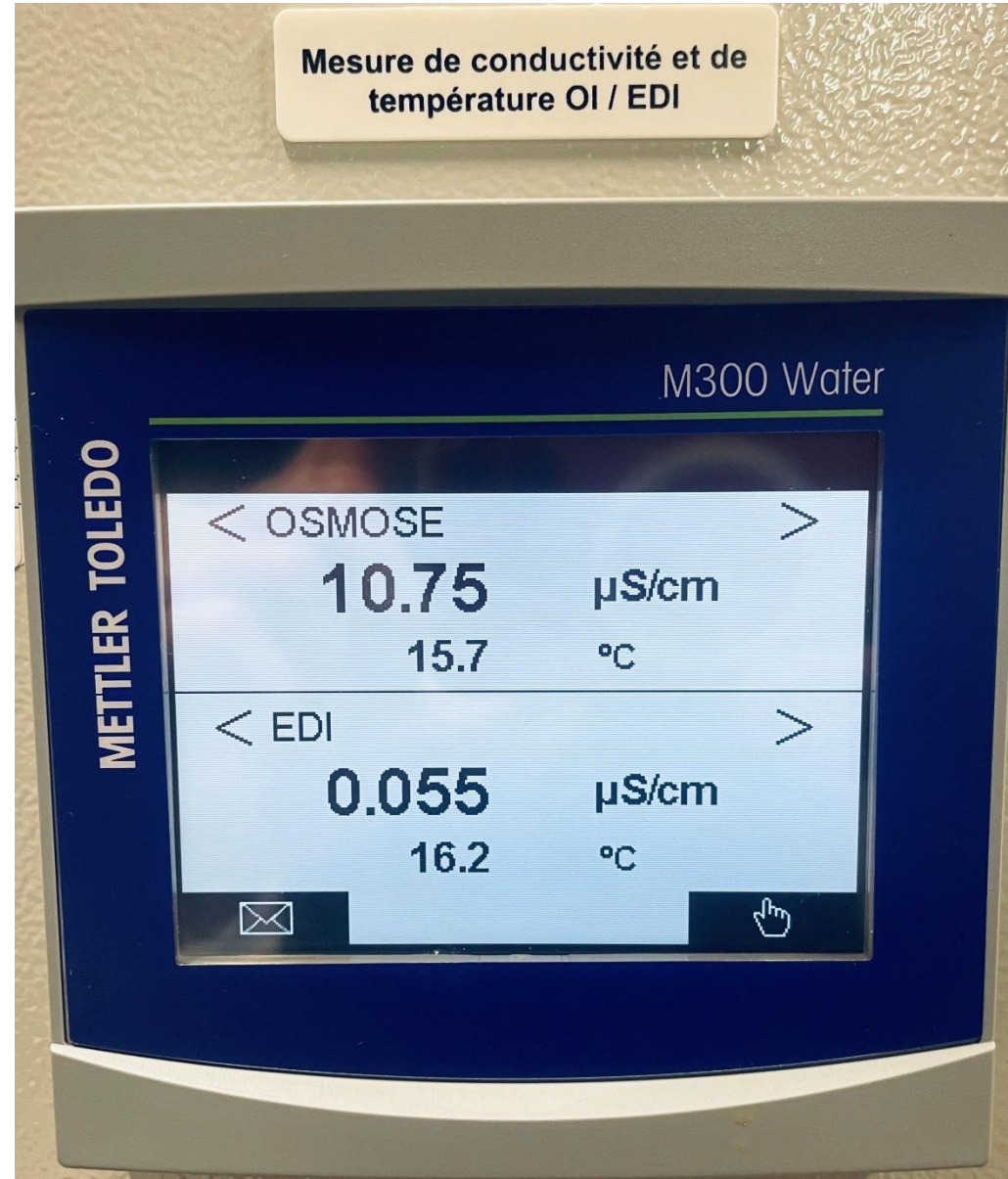
Elektrodeionisation (EDI) - Funktionsweise



<https://www.youtube.com/watch?v=AFTWjU04yg4>

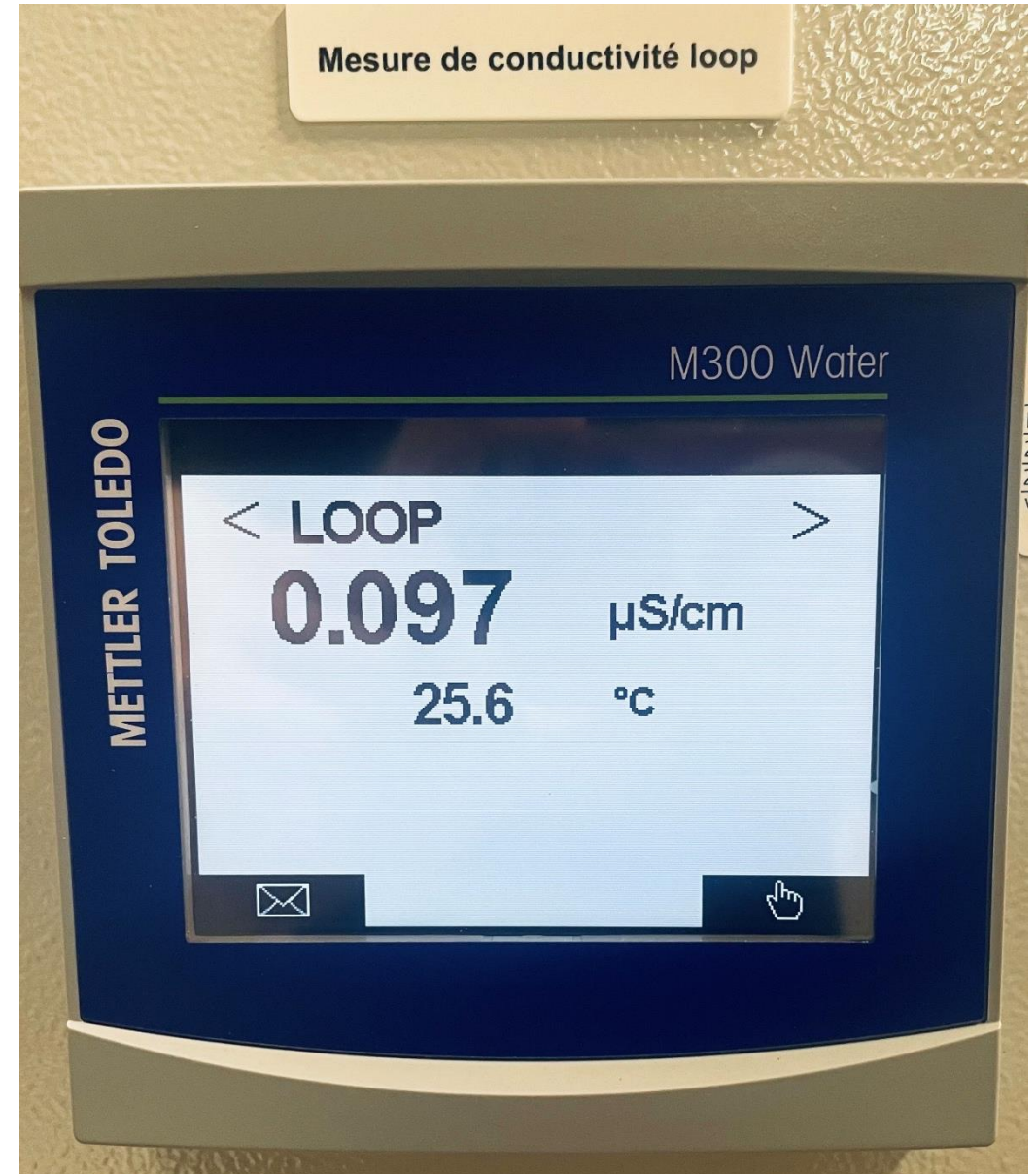


Ergebnisse



Verteilungsnetz

- Verteilschlaufe
- Messung Leitfähigkeit in Echtzeit
- Vorübergehend fielen die Werte sogar auf $\sim 0.078 \mu\text{S}/\text{cm}$
- Als «ultra reines» Wasser bezeichnet



Nach 5 Jahren

- Nie auch nur ein Kalkflecken
- Nie ein Problem mit der Wasserqualität
- Reinigungsmittel schäumt weniger
- Kein Rouging
- Keine Ablagerungen auf den Instrumenten
- Sehr wenig Wartung/Reparaturen nötig
- Kostspielig (CHF 140'000 Maschine + Installation + Verteilung)



Konformität gemäss SN EN 285

Garantiert die Messung der Leitfähigkeit in Echtzeit die Konformität der Wasserqualität gemäss Anforderungen der SN EN 285?

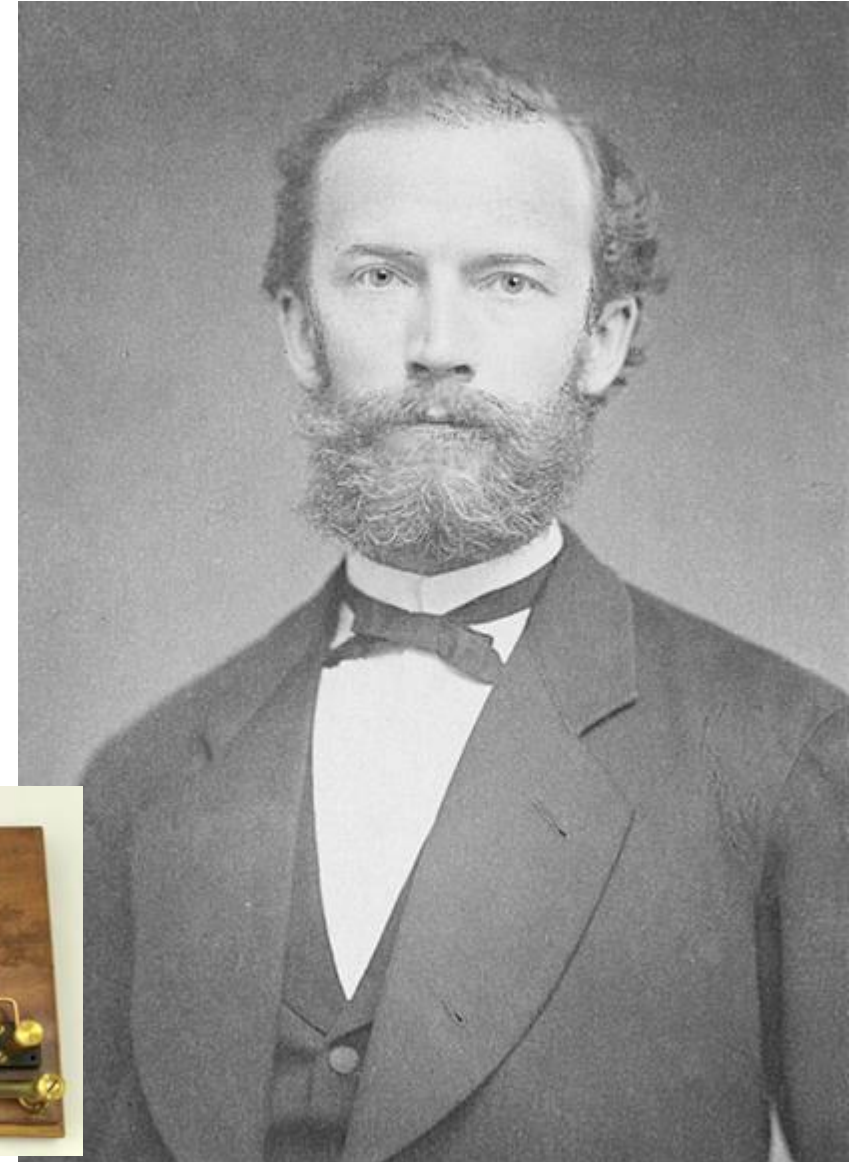
Ion	Normkonzentration [mg/L]
Eisen	0.2
Blei	0.05
Cadmium	0.005

Wie ist der Leitfähigkeitswert wenn auch nur eine dieser Verunreinigungen in meinem Wasser ist?

Kohlrausch (1840 – 1910)

Studie über elektrische Leitfähigkeit von Elektrolytlösungen

- Beweist, dass das Ohmsche Gesetz ($U=RI$) auch auf Elektrolytlösungen anwendbar ist
- Jedes Ionentyp erzeugt eine eigene Leitfähigkeit
- Ursprung der pH-Messung
- Kohlrauschsches Gesetz



Kohlrausches Gesetz

Bei ausreichend verdünnten Elektrolytlösungen ($< 10^{-2}$ mol/L) entspricht die Leitfähigkeit der Summe der partiellen Leitfähigkeiten:

$$\sigma_{tot} = \sum_i C_i \times \lambda_i$$

Oder :

- σ_{tot} [S/m] ist die Gesamtleitfähigkeit der Lösung
- C_i [] ist die Konzentration des Ions i
- λ_i [] ist die molare elektrische Leitfähigkeit des Elektrolyten i

Molare elektrische Leitfähigkeit

- Für jedes Ion unterschiedlich
- Hängt von der Temperatur ab

Formule de l'ion ↕	λ^0 mS m ² mol ⁻¹ ↕	Nom de l'ion ↕
B(C ₆ H ₅) ₄ ⁻	2,1	Tétraphénylborate
H ₂ SbO ₄ ⁻	3,1	Dihydrogénoantimonate
Sb(OH) ₆ ⁻	3,19	Hexahydroxyantimoine(V)
UO ₂ ²⁺	6,4	Uranyle
H ₂ AsO ₄ ⁻	3,4	Dihydrogénoarsénate
H ₂ PO ₄ ⁻	3,6	Dihydrogénophosphate
Au(CN) ₄ ⁻	3,6	Tétracyanoaurate(III)
Li ⁺	3,866	Lithium
IO ₃ ⁻	4,05	Iodate
CH ₃ COO ⁻	4,1	Éthanoate (acétate)
Br ⁻	4,3	Tribromure

https://fr.wikipedia.org/wiki/Liste_de_conductivit%C3%A9s_molaires_ioniques

Anforderungen der SN EN 285

Mit den Werten der SN EN 285:

Ion	Normkonzentration [mg/L]	Molarmasse [g/mol]	Molarkonzentration [mol/L]
Eisen	0.2	55.85	3.58×10^{-6}
Blei	0.05	207.2	2.41×10^{-7}
Cadmium	0.005	112.44	4.45×10^{-8}

Zum Vergleich, Speisewasser (Genf; SIG) hat folgende Konzentrationen:

Ion	Konzentration [mg/l]	Molarmasse	Molarkonzentration [mol/l]
Eisen	0.0003	55.85	5.37×10^{-9}
Blei	<0.00001	207.2	< 4.83×10^{-11}
Cadmium	<0.00001	112.44	< 8.89×10^{-11}

Wir liegen also bei niedrigen Konzentrationen $< 10^{-2}$ [mol/l]

SN EN 285 vs Kohlrausch

In sehr reinem Wasser werden positive Ionen wie Fe^{3+} , Cd^{2+} oder Pb^{2+} sehr schnell von Bicarbonat-Ionen (HCO_3^-) durch Absorption von Kohlendioxid (CO_2) ausgeglichen.

Die Gesamtleitfähigkeit ist folglich die Summe der Leitfähigkeit der Metallionen und der entsprechenden Bicarbonat-Ionen (Nullsumme der Lasten) (molare Leitfähigkeit = $4.45 \text{ [mS}\cdot\text{m}^2/\text{mol}]$):

$$\sigma_{tot} = \sum_i C_i \times \lambda_i = C_{ion} \times \lambda_{ion} + C_{HCO3} \times \lambda_{HCO3}$$

Ion	Normkonzentration [mg/L]	Molarkonzentration [mol/m ³]	Molare Ionenleitfähigkeit [mS·m ² /mol]	Resultierende Leitfähigkeit [μS/cm]
Eisen	0.2	3.58×10^{-3}	20.4	1.2086
Blei	0.05	2.41×10^{-4}	13.9	0.0550
Cadmium	0.005	4.45×10^{-5}	10.8	0.0088

Leitfähigkeit vs SN EN 285

Ion	Normkonzentration [mg/L]	Resultierende Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
Eisen	0.2	1.2086
Blei	0.05	0.0550
Cadmium	0.005	0.0088

Die durch eine Eisenkonzentration indizierte Leitfähigkeit mit dem Grenzwert der Norm wäre dann 1.2 [$\mu\text{S}/\text{cm}$]. Jede Lösung mit einer unter diesem Wert liegenden Leitfähigkeit wäre dementsprechend konform mit der SN EN 285.

Eine Leitfähigkeit von 0.1 [$\mu\text{S}/\text{cm}$] garantiert folglich die Konformität der Eisenkonzentration im Wasser, denn wenn die Eisenkonzentration höher oder gleich dem Grenzwert der Norm wäre, könnte die induzierte Leitfähigkeit nicht so niedrig sein.

Beweiseinschränkung

Ion	Normkonzentration [mg/L]	Resultierende Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]
Eisen	0.2	1.2086
Blei	0.05	0.0550
Cadmium	0.005	0.0088

Im Gegenzug sind die benötigten Leitfähigkeiten für eine garantierte Konformität der Blei- und Cadmium-Konzentrationen extrem niedrig.

Anforderungen der TBDV

Die Verordnung über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen gibt Auskunft über “die Bereitstellung und die Qualität von Trinkwasser als Lebensmittel und von Wasser als Gebrauchsgegenstand:

Art. 3 Absatz 2 “Trinkwasser muss die Mindestanforderungen nach den Anhängen 1–3 erfüllen.”

Ion	Maximalwert TBDV [mg/L]	Maximalwert SN EN 285 [mg/L]
Eisen	0.2	0.2
Blei	0.01	0.05
Cadmium	0.003	0.005

Schlussfolgerungen

- Die Wasserqualität ist ein Parameter, der 2 der 3 wichtigen Aufbereitungsetapen beeinflusst (Reinigung und Sterilisation).
- Die EDI erlaubt durch ein Umkehrosmose-System das Erreichen extrem hoher Reinheit.
- Es ist schwierig, die Konformität gemäss SN EN 285 durch einfaches Messen der Leitfähigkeit in Echtzeit zu garantieren.
- Die Konzentrationswerte im Industriewassernetz scheinen darauf hinzuweisen, dass die Schwermetall-Konzentrationen nicht die Werte der SN EN 285 übersteigen können.

Danksagung

- Charlotte Gacon-Camoz für ihre Recherchen und ihre Begeisterung.
- Laurent Dellsperger für sein aufmerksames Zuhören und seine immer sehr relevanten Kommentare.