

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DVGW

Verfahrensoptionen zur zentralen Trinkwasserenthärtung



Dr.-Ing. Sebastian Hesse
Dr.-Ing. Günter Baldauf
DVGW - Technologiezentrum Wasser (TZW)

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DVGW

Aus dem Netz....


Kampf dem Kalk

Tipps "Kalkablagerung"

Hartes Wasser ... ein „hartes Los“ für Ihren Haushalt!

Kalk und Rost

Ihrer **Gesundheit** und unserer Umwelt zuliebe
Schützen Sie Ihr Eigentum vor Kalk!



Kalk verfeinert den Geschmack
Trinkwasser

Zentrale Enthärtung - ja oder nein?

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DVGW

Themen

- **Beweggründe** aus der Sicht des **Verbrauchers** und des **Wasserversorgers**
- **Verfahrenstechnische Möglichkeiten** der Härteverminderung
- **Pro und Contra**

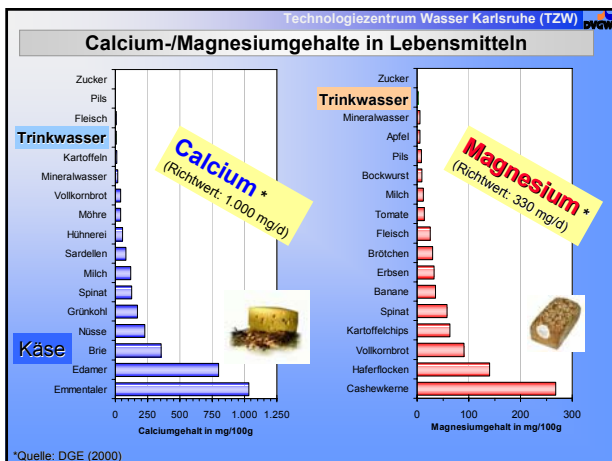


Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DVGW

Beweggründe für eine Enthärtung aus Verbrauchersicht

Härte

- Kalkablagerungen** (Geräte, Armaturen, Tee)
- Chemikalienbedarf** (Tenside, Entkalker)
- Komfort** (Reinigung, Wartung)
- Lebensdauer** (Geräte, Armaturen)
- Energiebedarf** (Warmwasserbereitung)
- Korrosion** (Hausinstallation)



Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DVGW

Beweggründe aus der Sicht des Wasserversorgers

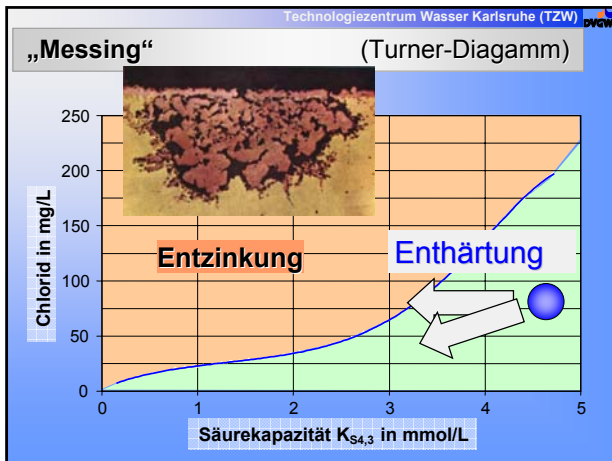
TrinkwV 2001: keine Vorgaben

DIN 2000: Mindesthärte, Härte nicht so hoch, dass der Gebrauch für übliche technische Zwecke im Haushalt unverhältnismäßig stark beeinträchtigt wird

DVGW: zentrale Enthärtung prüfen ab 21 °dH
(ab 17 °dH bei **größeren** Wasserversorgern)
Wasserinformation, Arbeitsblatt W235 (in Vorbereitung)

Korrosion: Zielwerte für Härte, Karbonathärte, freie Kohlensäure, Neutralsalzgehalt vorgegeben
DIN 50930, DIN EN 12502, Messing/Entzinkung

Mischbarkeit: Versorgungszonen mit unterschiedlicher Härte - DVGW Arbeitsblatt **W 216**



Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Festlegung der Zielhärte

Mindestgehalte, die gemäß DIN EN 12502 nicht unterschritten werden sollten:

- o Calcium: 40 mg/L
- o Säurekapazität: 2 mmol/L

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht:

Zielvorgabe: o Calcium: ca. 50 mg/L
o Säurekapazität: ca. 2,5 mmol/L

Zum Vergleich Quellwasserbeschaffenheit:

- o Calcium: 20-30 mg/l
- o Säurekapazität: 1-1,5 mmol/L

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Härte ist nicht gleich Härte !

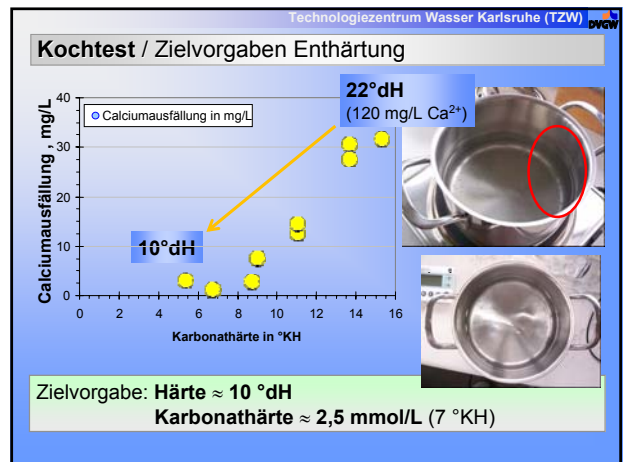
Kationen: K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}

Anionen: NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-

Kalkflecken, Korrosion, Kesselstein

permanente Härte, Karbonathärte

o Zielvorgabe → Härte + Karbonathärte !



Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Klassische Verfahren der Zentralen Enthärtung

Kalkfällung

Ionenaustausch (CARIX)

Membranfiltration (Nanofiltration)

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Schnellentcarbonisierung

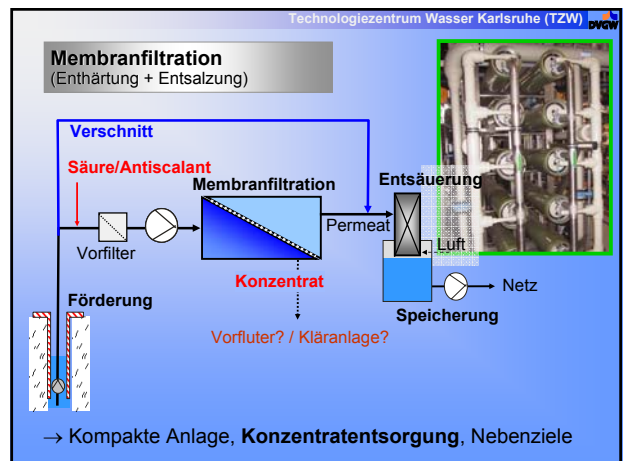
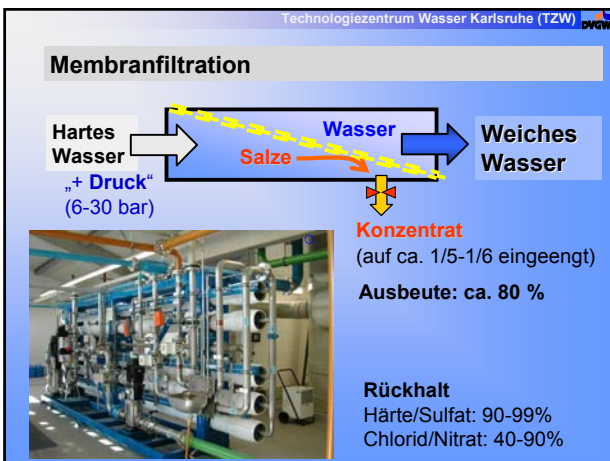
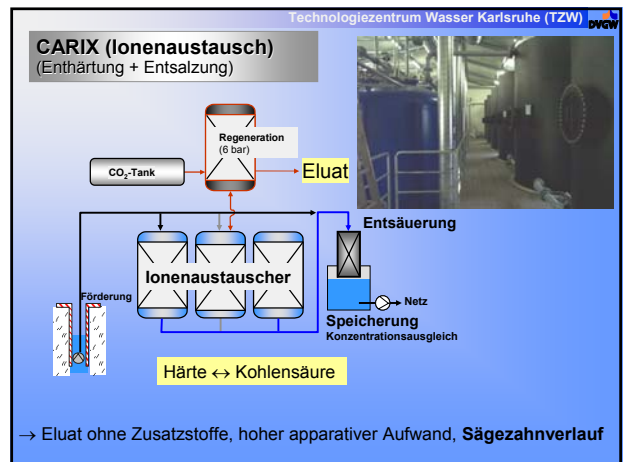
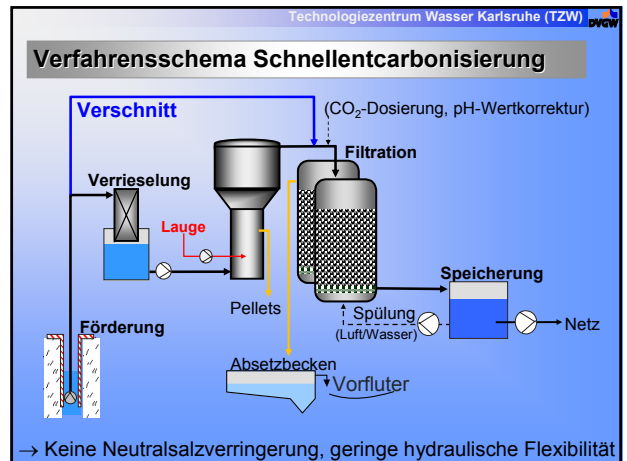
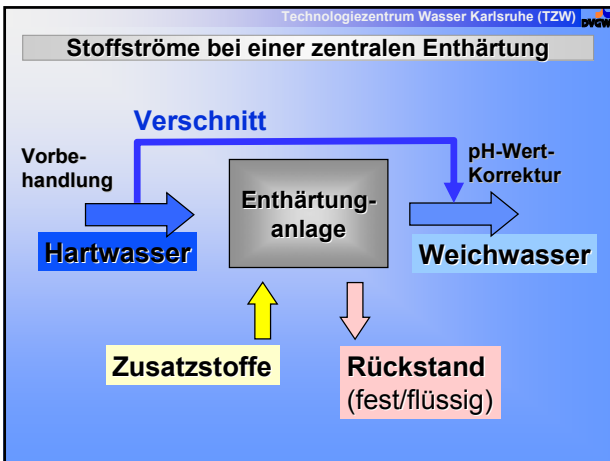
Wird Weiches Wasser (trübstoffhaltig) und Pellets

Kalkmilch/ Natronlauge

Hartes Wasser

Kalküberzug Sandkorn

„Fällung“: $Ca^{2+} + HCO_3^- + \text{Lauge} \rightarrow CaCO_3 \downarrow + \dots$

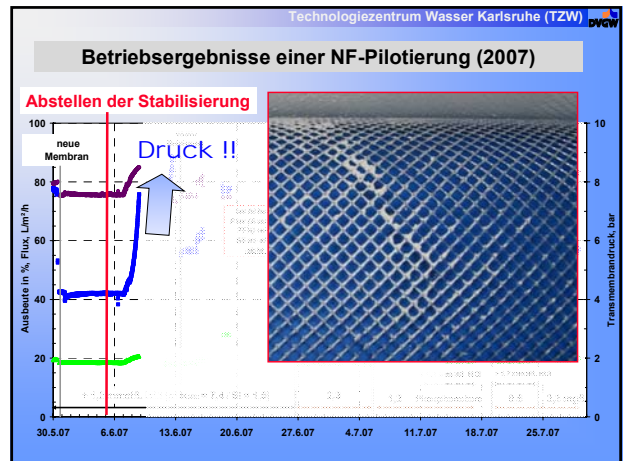


Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Scaling

Verblocken der Membran
u.a. Barium-, Strontium-, Calciumsulfate

Dosierung eines Antiscalanten erforderlich
(derzeit meist auf Phosphatbasis) / §11-Liste, TrinkwV 2001



Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Konzentratentsorgung ?

Zusammensetzung:

- > Calcium: 500 - 2.000 mg/L
- > Sulfat: 200 - 2.000 mg/L
- > Chlorid: 50 - 500 mg/L
- > Nitrat: 5 - 200 mg/L
- > Spurenstoffe
- > Antiscalant (Phosphat) !

Menge:

- > 10 - 20 % TW

? **Betonkorrosion**
(> 600 mg/L Sulfat)

Vorfluter Behörde? Kläranlage 20 - 40 Cent/m³ prod. TW

Relevant: **Antiscalant (Phosphat) / Nitrat**

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Stoffbilanz

Wasserwerk → Salze + Salze

Zentrale Enthärtung

Wasserwerk → Salze → Salze + Salze

Zentrale Enthärtung / ökologischer Aspekt:

- Geringere Salzemission (dezentrale Maßnahmen)
- Geringere Schwermetallbelastung im Klärschlamm
- energieneutral

Quelle: TZW, Fraunhofer 2004

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Randbedingungen für die Verfahrenswahl

- Wasserdargebot, Fremdwasserbezug
- Wasserbeschaffenheit - Zielwerte
- Nebenziele (z.B. Entfernung von Spurenstoffen)
- Anlagenbestand / Infrastruktur
- Behälterbewirtschaftung
- Möglichkeiten der Abwasser-, Rückstandsentsorgung
- Personalbedarf

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

	Fällung	Ionenaustausch	Membranfiltration
Aufbereitungsziele	Enthärtung und Entcarbonisierung Ca(OH) ₂ : mehr Entcarbonisierung NaOH: mehr Enthärtung	Enthärtung und Entcarbonisierung; Senkung Nitrat- u. Sulfatkonzentration	Senkung der Konzentration aller Ionen, DOC-Entfernung Entkeimung Spurenstoffentfernung
Hydraulische Flexibilität	Gering	Mittel	Hoch
Zusatzstoffe	Ca(OH) ₂ bzw. NaOH, ggf. Flockungshilfsmittel, CO ₂ vor Filtration	CO ₂ , ggf. Antiscalant für Abwasser	H ₂ SO ₄ od. HCl od. CO ₂ ggf. Antiscalant (AS),
Reststoffen	Pellet / Schlamm	Eluat	Konzentrat
Wasserverlust	< 2,5 % Rohwasser	7 - 20 % Rohwasser	7 - 20 % Rohwasser
Betriebsaufwand	Mittel bis hoch	Gering	Gering
Personalkompetenz	Hoch	Mittel	Mittel
Vorbehandlung des Wassers	nicht fallungshemmend	Fe-/Mn-/Trübstoffentfernung	Fe-/Mn-/Trübstoffentfernung
Nachbehandlung des Wassers	Trübstofffiltration, pH-Wert-Korrektur	pH-Wert-Korrektur Volumenpufferung (Sägezahnkurve)	pH-Wert-Korrektur, u.U. Aufhärtung
Energiebedarf	Niedrig	Hoch	Hoch
Platzbedarf	Mittel bis hoch	Hoch	Gering

in Anlehnung an DVGW W235 (in Vorbereitung)

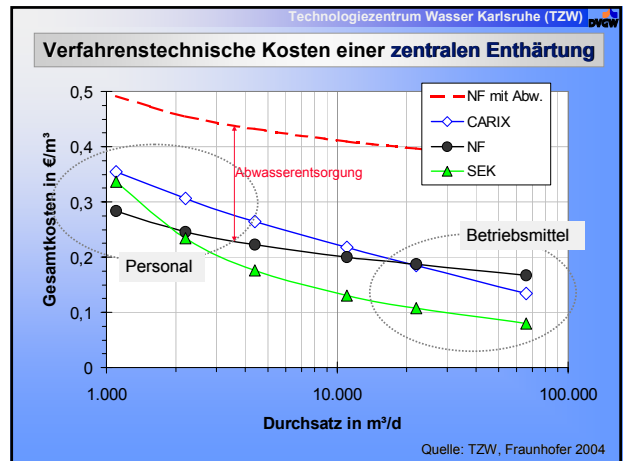
Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Pilotierung / zentrale Enthärtung

2005: Inbetriebnahme

2005/2006: Pilotierung

2006/2007: Korrosionsversuche



Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Kostenvergleich

Gesamtkosten Verfahrenstechnik: **0,1 bis 0,5 €/m³**

Kosteneinsparpotenziale für den Verbraucher
bei Nutzung weicheren Trinkwassers

?

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Maßnahmen im Haushalt

Hartes Wasser

Enthärtung zentral

Enthärtung im Keller

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Kosteneinsparungen für den Verbraucher bei Bezug von weicherem Wasser

Angaben in € pro Person, 21°dH auf 10°dH	
Wasch- und Reinigungsmittel	4,58
Enthärter	0,94
Entkalker	2,94
Regeneriersalz (Spülmaschine)	0,49
Energie-/Wasserverbrauch	2,73
Wartung (Warmwasser)	15,49
Gesamteinsparung p.a.	27,17
Einsparung pro m³ (bei 50 m³/a pro Person)	0,54

... +

Quelle: TZW, Fraunhofer 2004

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Dezentrale Anlagen

Investition:
> 1.000 €
Abschreibung 50 €/Person/a (> 1 €/m³)

Betrieb:

- Kochsalz (ca. 0,45 kg/m³)
- Energie/Wasser
- Wartung (min 1x pro Jahr)

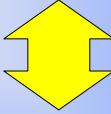
Betriebskosten:
ca. 43 €/Person/a
0,87 €/m³ (Wasserverbrauch: 50 m³/Person/a)

Quelle: TZW, Fraunhofer 2004

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Kostenvergleich

Gesamtkosten Verfahrenstechnik: **0,1 bis 0,5 €/m³**



Kosteneinsparpotenziale für den Verbraucher
bei Nutzung weicheren Trinkwassers

Haushalt: **0,54 €/m³** (ohne technische Maßnahmen)
Dezentrale Anlage: **> 0,87 €/m³** (zuzügl. Investition!)

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Umfragergebnisse (TZW/Fraunhofer-Studie 2004)

Gemeinde Eichstetten am Kaiserstuhl (26 °dH)
54 % beurteilen ihr Trinkwasser **sehr gut** oder **gut**
80 % wünschen sich ein Trinkwasser im **Härtebereich 1-2**
42 % nutzen **dezentrale Geräte**

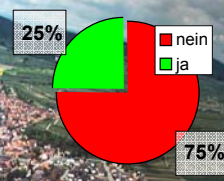


Umfrage
Infoveranstaltungen
Gemeindebrief
Bürgerentscheid

Zentrale Enthärtung von Trinkwasser
Eine ökologische und ökonomische Bewertung

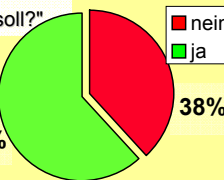
Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Umfrage:
"Wären Sie bereit für ein Wasser mit geringerer Härte **15 bis 30 Cent/m³ mehr** als derzeit zu bezahlen?"



Bürgerentscheid:
"Sind Sie dafür, dass künftig ... **weiches Wasser** ... genutzt werden soll?"

Preiserhöhung: 30 Cent/m³
Wahlbeteiligung: 54 %



Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Pro und Contra **Zentrale Enthärtung**

Pro

- Verringerung der **Kalkabscheidung**
- Verminderung des **Wasch- und Reinigungsmittelbedarfes**
- Längere **Lebensdauer** von Geräten und Armaturen
- Minimierung der **Schwermetallgehalte** im Trinkwasser und Klärschlamm
- **Kostengünstiger** als dezentrale Enthärtung
- Effektive **Kosteneinsparung** für den Verbraucher

Contra

- Bau und Betrieb einer **Enthärtungsanlage**
- Investitions- und Betriebs**kosten**
- Erhöhter **Personalaufwand**
- **Entsorgung** von festen bzw. flüssigen Rückständen
- **Wasserpreiserhöhung**

Technologiezentrum Wasser Karlsruhe (TZW) DWGW

Fazit: **Zentrale Enthärtung**

- Luxus / komplexe Thematik
- Fallspezifisch durchaus lohnenswert, darüber „nachzudenken“

