

Stadt Bornheim

Studie zur Enthärtung des WBV-Wassers im Wasserwerkes Eichenkamp



wasser im focus

**Vorstellung Betriebsausschussitzung am
04.09.2014**

H2U aqua.plan.Ing-GmbH
Siemensdyk 64
47807 Krefeld

Inhaltsübersicht

1. Übersicht und Aufgabestellung
2. Bestehende Trinkwasserversorgung
3. Enthärtungstechnologie
 - Fällung / Schnellentkarbonisierung
 - Ionenaustausch / Carix
 - Nanofiltration / Umkehrosmose
4. Enthärtungsanlage Aufbereitungskonzept
 - Aufbereitungskonzept
 - Stromversorgung, Bauliche Umsetzung, Notversorgung
 - Investitionen / Betriebskosten
 - Vergleich mit Vollversorgung WTV
5. Bewertung und Empfehlung

Übersicht und Aufgabenstellung

- H2U hat am 03.04.2014 eine Begutachten und Bewertung einer Vollversorgung mit WTV-Wasser vorgestellt
- **Einschätzung:**
 - Aus Sicht der Wasserqualität gibt es **keine Gründe**, die eine Veränderung der Versorgungssituation erforderlich machen
 - Härte von 12 - 14 °dH liegt im Bereich „mittel“ – eine Senkung ist somit (auch nach Regelwerk) nicht anzustreben
 - Falls jedoch ungeachtet der DVGW-Empfehlungen unbedingt ein Wasser mit einer Härte zwischen 6 und 8 °dH gewünscht wird, wäre Errichtung einer Enthärtungsanlage günstiger
- Grob abgeschätzt wurden Mehrkosten von **0,15 bis 0,20 €/m³**, die auf Erfahrungswerte basieren

3

Übersicht und Aufgabenstellung

Ziel der Studie:

- Rahmenbedingungen für Errichtung einer Enthärtungsanlage am Standort Wasserwerk Eichenkamp prüfen, um belastbare Zahlen zu ermitteln

Untersucht wurde:

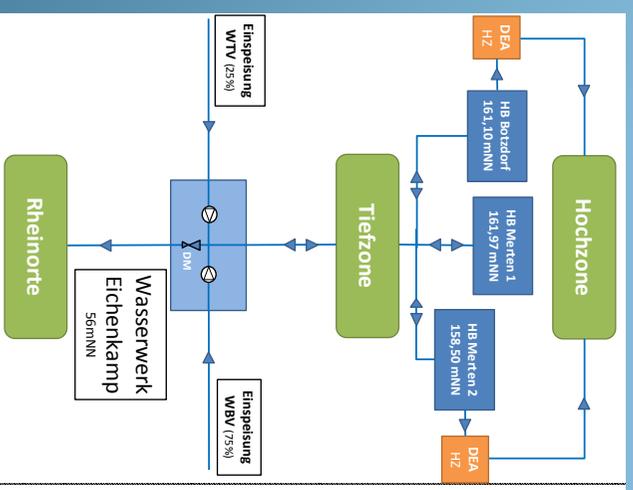
- Beibehaltung der derzeitigen Wasserversorgung (75% WBV/25 % WTV)
- Neubau einer Enthärtungsanlage im Wasserwerk Eichenkamp zur Enthärtung des WBV-Wassers

4

Bestehende Trinkwasserversorgung

Hydraulisches System Wasserversorgung Bornheim aktuell:

- **Einspeisung WW Eichenkamp:**
 - 25 % WTV-Wasser - 106 m³/h (Mischung aus Talsperren- und Grundwasser) und
 - 75 % WBV - 324 m³/h (rheinnahes Grundwasser)
- Vordruck von jeweils etwa 4,5 bis 5 bar
- Förderung mit 3 Pumpen (+3 Reserve) in zwei Wasserwerksausgängen:
- Rheinorte (druckgemindert 4,5 bar)
- Tiefzone (10 bis 13 bar)



5

Bestehende Trinkwasserversorgung

Auswertung Wasserbedarf:

Wasserbedarf gesamt

- Mittl. Tagesbedarf = ca. 6.300 m³/d
- Max. Tagesbedarf = ca. 8.600 m³/d
- Stündliche Leistung = ca. 430 m³/h (20 h Betrieb für Q_{dmax})

Prognose für die Zukunft:

- Langsamere Einwohnersteigerung als damals vorhergesagt
- Einsatz wassersparsamere Haushaltgeräte
- Nutzung Regenwasser

FAZIT: Keine Wasserbedarfssteigerung

Das Wasserwerk wird für 430 m³/h dimensioniert

6

Enthärtungstechnologie

Für die zentrale Enthärtung werden üblicherweise folgende Verfahren angewendet:

- Fällungsverfahren (Schnell- oder Langsamentkarbonisierung, in der Regel Schnellentkarbonisierung)
- Ionenaustausch (Carix)
- Membranfiltration (Nanofiltration / Umkehrosmose)

Aufbereitungsziel für zentrale Enthärtung in Bornheim:

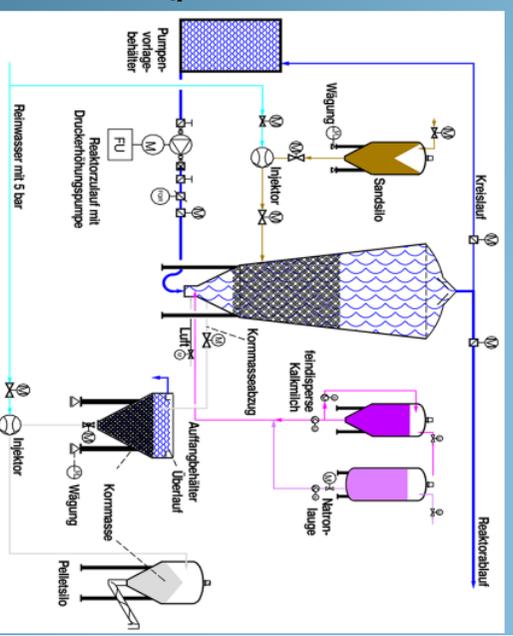
- Wasserqualität, die jener des WTV-Wassers gleichkommt = ca. 7 °dH

7

Enthärtungstechnologie

Technologie 1: Fällungsverfahren:

- gängige Fällungsverfahren zur Enthärtung:
Schnellentkarbonisierung (SEC)
- kann mit Hilfe von Calciumhydroxid (Ca(OH)_2) und/oder Natronlauge (NaOH) durchgeführt werden
- Durch die Erhöhung des pH-Wert auf ca. 9 – 10 erfolgt Fällung von Calciumkarbonat
- Reaktion findet in einem Reaktor statt
- Nach Reaktor wird CO_2 zudosiert und das Wasser filtriert



8

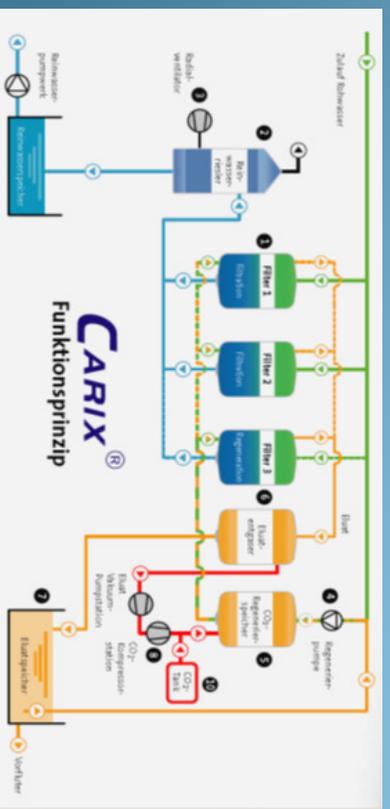
Wertung der Schnellentkarbonisierung

- Verfahren sehr komplex mit hohem Personalbedarf
- Verschlechterung der korrosionschemischen Koeffizienten, da nur Calcium reduziert wird (Für Bornheim kaum akzeptabel)
- Dosierung von Calciumhydroxid / Natronlauge: durch schlechte Erfahrung in Bornheim vermutlich wenig Akzeptanz

Fazit: Das Verfahren kommt für Bornheim nicht in Frage

Technologie 2: Ionenaustausch mit Carix-Verfahren

- **Carix** (Carbon dioxide Regenerated Ion exchangers)-Verfahren: Teilentsalzung, bei der nicht nur Calcium und Karbonathärte gesenkt wird sondern auch Magnesium, Nitrat, Sulfat, Chlorid entfernt wird
- Teilentsalzung erfolgt mittels Ionen-austauscherharz
- Regenerierung des Harzes erfolgt mit CO₂
- Regenerierabwasser (ca. 6 %) enthält entfernte Salze
- Abwasser etwa 6 % zum Vorfluter



Wertung des Carix-Verfahrens

- Technisch ist diese Lösung für Bornheim denkbar, aber aufwendige Technik
- Keine Verschlechterung der korrosionschemischen Koeffizienten
- Relativ hoher Platzbedarf
- Patentiertes Verfahren von VWS (Veolia ehem. Wabag-Krüger)



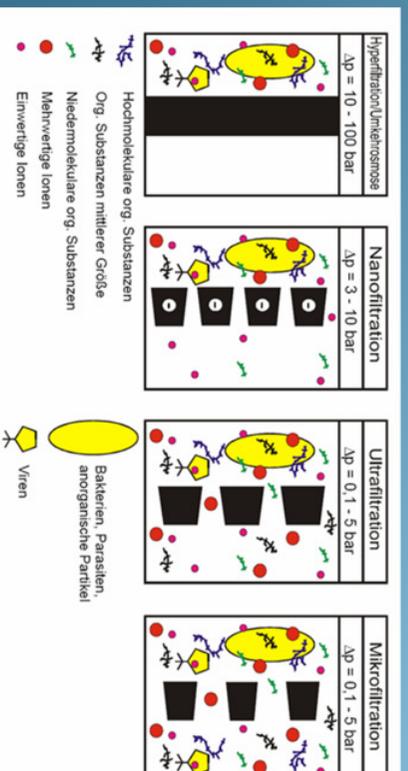
Die Investitionskosten sind i. d. Regel hoch (kaum Verhandlungsmöglichkeiten)

Fazit: Aus den vorgenannten Gründen wurde Carix-Verfahren für die Anwendung in Bornheim nicht weiter untersucht

Technologie 3: Nanofiltration / Umkehrosmose

- Membranfiltration hat verschiedenen Trenngrenzen

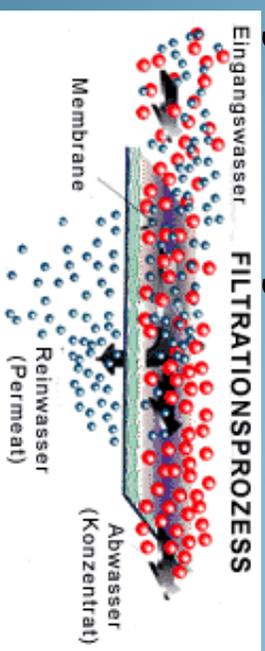
0,3 bis 1 nm 0,8 bis 10nm 10 bis 50 nm 50 bis 1.000 nm



- Nur Nanofiltration und Umkehrosmose können Härte reduzieren

Enthärtungstechnologie

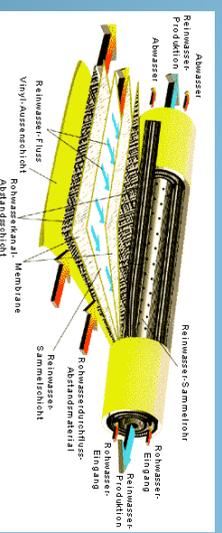
- Bei der Nanofiltration (NF) werden größere Moleküle und mehrwertige Ionen wie Calcium, Magnesium oder Sulfat entfernt
- Bei der Umkehrosmose (UO) werden mit Ausnahme der gelösten Gase nahezu alle Wasserinhaltsstoffe weitgehend zurückgehalten
- Wasser wird mit hohem Druck über Membran in einen salzarmer Teilstrom (Permeat) und einen salzreichen Teilstrom (Konzentrat) aufgetrennt
- Dosierung von Antiscalants (z.B. Phosphonate, Polyacrylate) erforderlich wegen Gefahr von Ausfällungen auf der Membranoberfläche (z.B. Calciumcarbonat, Calciumsulfat, Silikate etc.)
- Konzentratanteil: zwischen 15 und 25 % der aufbereiteten Rohwassermenge - muss in Vorfluter abgeleitet werden



13

Enthärtungstechnologie

- Rückhalteraten für Ca und Mg sind hoch (Härte = 0,25 – 0,5 °dH), so dass nur ein Teilstrom über die Membranen aufbereitet werden muss
- Anderer Teilstrom als Bypass und Mischung
- gelöstes Kohlenstoffdioxid CO₂ passiert die Membran ungehindert, daher muss der pH-Wert des Mischwassers eingestellt werden
- In der Regel durch physikalische Entsäuerung



Umkehrosmose Bruchsal

14

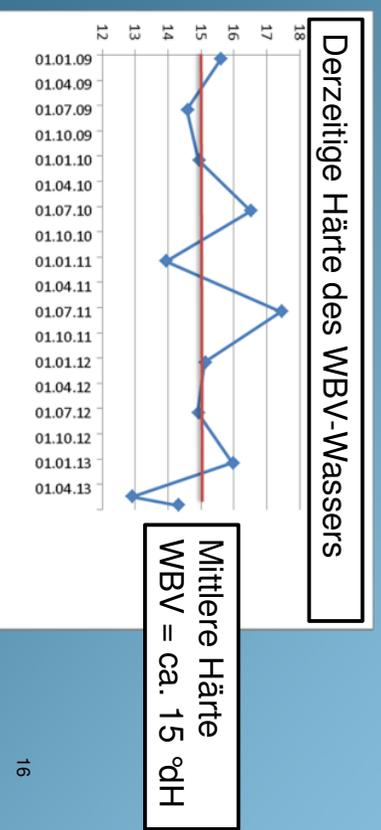
Wertung der Umkehrosmose

- Einfaches Verfahren mit wenig Personalbedarf
- Nur Aufbereitung eines Teilstroms
- Kompakte Anlage – Wenig Platzbedarf
- Hohe Abwasseranfall (Konzentrat) – Ableitung in einen Vorfluter erforderlich (Rhein)
- Entsäuerung des Permeats erforderlich
- Keine Verschlechterung der korrosionschemischen Koeffizienten
- Vergleichsweise hohe Energiebedarf (6 – 10 bar)
- Geringere Investitionen

Fazit: Die Umkehrosmose (UO) ist bewährte Technologie. Aufgrund des geringen Platzbedarfs, der guten Automatisierbarkeit und des geringen Personalbedarfs wird diese Technik für die Anwendung in Bornheim empfohlen

15

- Untersucht wurde
- Beibehaltung der derzeitigen Mischung (75% WBV/ 25 % WTV)
- Errichtung Umkehrosmose im WW Eichenkamp zur Enthärtung des WBV-Wassers
- Ziel der Aufbereitung: „härteres“ WBV –Wasser auf ca. 7 °dH zu enthärten
- Anschließend Mischung mit WTV-Wasser (hat bereits Zielhärte)



16

Aufbereitungskonzept

Dimensionierung der Enthärtung

Wasserwerkeingang: WTV = ca. 110 m³/h

WBV = ca. 365 m³/h

Summe = 475 m³/h

Umkehrosmose:

Zulauf: 220 m³/h

Permeat: 175 m³/h

Bypass:

110 m³/h WTV

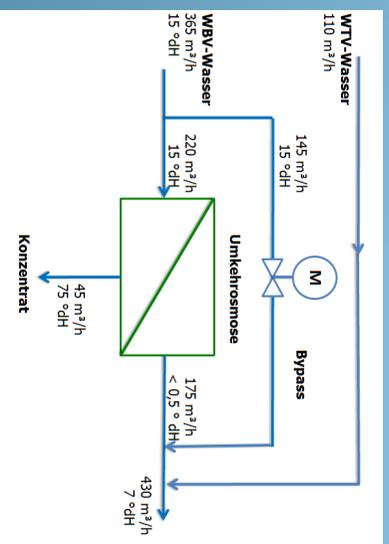
145 m³/h WBV

Wasserwerkaustrag: WTV = ca. 110 m³/h

WBV = ca. 330 m³/h

Summe = 430 m³/h

Differenz (45 m³/h) fällt als Konzentrat an und muss abgeleitet werden (Rhein)

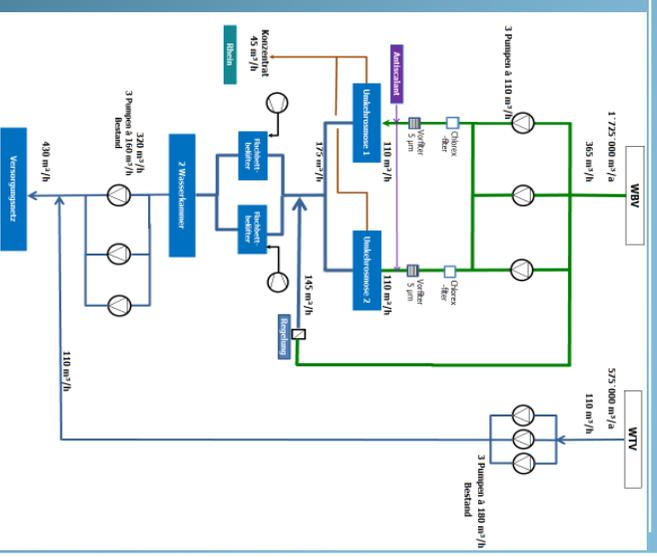


17

Aufbereitungskonzept

Folgende Bauteile sind erforderlich:

- WBV – Einspeisung (365 m³/h)
- Feedpumpen UO
- Filter zur Entchlorung (Sicherheitsfilter)
- Vorfiltration (5 µm)
- Umkehrosmose (für Teilstrom 220 m³/h Feed bzw. 175 m³/h Permeat)
- Dosierung von Antiscalant
- Mischung Permeat mit Bypass WBV-Wasser
- Entsäuerung WBV-Wasser nach Mischung (Flachbettbelüfter 320 m³/h)
- Reinwasserspeicherung
- Netzförderung (Mischung mit WTV-Wasser)



18

Aufbereitungskonzept

Reinwasserqualität:

- **Das enthärte Wasser hat vergleichbare Wasserqualität wie WTV-Wasser**
- **Härte = ca. 7,3 °dH**
- **100 % mit WTV mischbar**
- **Im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht**

Zusammenfassung	Enthärtetes WBV-Wasser	WTV-Wasser „median“
Härte	7,0 °dH	7,1 °dH
Säurekapazität	1,7 mmol/l	1,55 mol/l
Calcium	39,3 mg/l	37,9 mg/l
Magnesium	6,4 mg/l	7,7 mg/l
Sulfat	34,8 mg/l	32,0 mg/l
Nitrat	10,6 mg/l	20,0 mg/l
Chlorid	32,6 mg/l	30,0 mg/l
Gelöste Feststoffe	250 mg/l	240 mg/l

Konzentrat:

- **Härte bei ca. 75 °dH**
- **Ableitung in den Rhein (entspr. Erlaubnis erforderlich!)**

19

Aufbereitungskonzept

Auswirkungen auf den WBV-Bezug

- **Wasserrecht WBV = 4,8 Mio. m³/a. Derzeit Förderung von ca. 4,3 Mio. m³/a**
- **Einspeisung von Bornheim derzeit ca. 1,70 Mio. m³/a**
- **Künftig höherer Wasserbezug um ca. 0,24 Mio m³/a auf 1,94 Mio m³/a**
- **WBV muss also 4,54 Mio. m³/a statt 4,3 Mo. m³/a Wasser fördern (weiterhin innerhalb des Wasserrechts)**

20

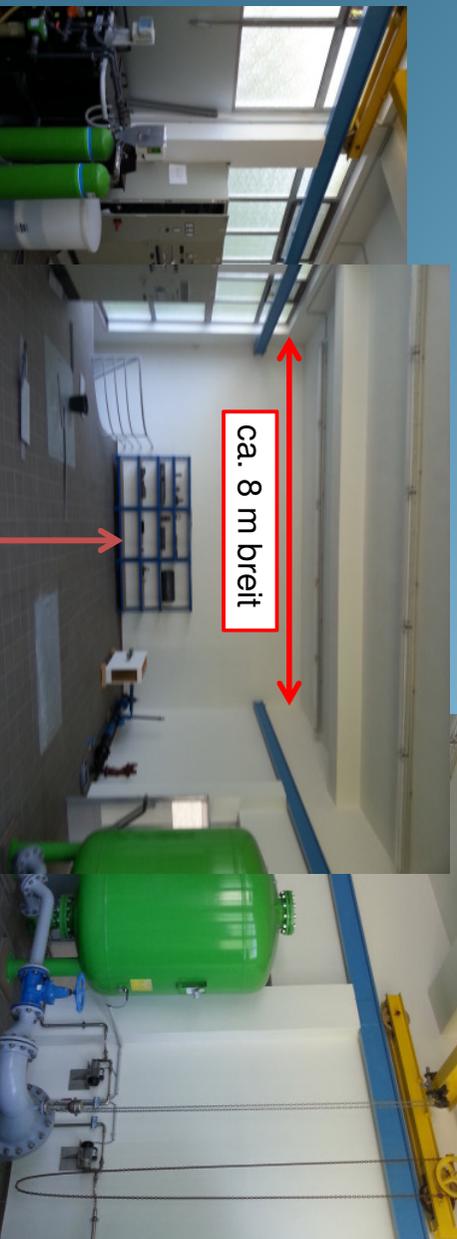
Stromversorgung

- Mit neuer UO würde am Standort Eichenkamp unter Berücksichtigung des Pumpwerkes eine Stromleistung von ca. 415 kW benötigt
- bestehende Trafostation hat Leistung von 2 x 400 kVA = 800 kVA
 - ist somit ausreichend dimensioniert für die neue Anlage
 - Bei Trafoausfall müsste die Aufbereitungsmenge oder die Enthärtungsleistung eingeschränkt werden
- **Fazit:** Nach der ersten Überprüfung der Stromversorgung wird davon ausgegangen, dass keine Maßnahmen an der Trafostation notwendig werden

21

Bauliche Umsetzung

Bestehende „Altes Pumpwerk“ Eichenkamp



Ausreichender Platz für die Umkehrosmose

22

Die derzeitige, hochwertige Notversorgungssituation bleibt bestehen:

- Zwei Einspeisungen von WTV und WBV, die aus Sicht der Notversorgung eine komfortable Situation darstellen
- zusätzlich Einspeisestellen im Netz (2 x aus Alfter und 1 x aus Widdig – WBV): Etwa 100 – 150 m³/h
- Drei bestehende Brunnen auf dem WW-Gelände mit einer Leistung von insgesamt 60 m³/h

Grundlagen für die Ermittlung der zusätzlichen Kosten:

- Annahme: Umsetzung des Wasserwerkes im Jahr 2017
- Einspeisemengen

▪ WTV	=	575.000 m ³ /a	}	2.300.000 m ³ /a
▪ WBV	=	1.725.000 m ³ /a		
Leistung des WWS =				
▪ Betriebsdauer	=	430 m ³ /h		
▪ Wasserpreis WTV:		5.300 h/a		
▪ Wasserpreis WBV:		65 Ct/m ³ (bleibt ca. konstant)		
		28 Ct/m ³ (bleibt ca. konstant)		
- Wasserwerk Eichenkamp
 - künftige Stromkosten 15 Ct/kWh
 - Keine zusätzliche Personalkosten

Investitionen / Betriebskosten

Enthärtung von "75 %" WBV-Wasser	
Investitionen inkl. NK	
Bauwerk	800'000 €
Leitungen	620'000 €
Verfahrenstechnik	1'260'000 €
Elektrotechnik	400'000 €
Nebenkosten	462'000 €
Gesamtsumme	3'542'000 €
Betriebskosten	
Energiekosten	79'000 €
Wasserkosten	67'000 €
Chemikalien	22'000 €
Instandhaltung	43'000 €
Finanzierung	195'000 €
Gesamtsumme	406'000 € 0.177 €/m³

29

Vergleich mit der Vollversorgung WTV

Gutachten von März 2014 „Vollversorgung WTV“: Erhöhung des Wasserpreises:

- + 23 Ct/m³ (534.750 €/a) am Anfang des Vollbezuges
- + 34 Ct/m³ (782.300 €/a) nach 6 Jahren und für die folgenden Jahre

Im Vergleich dazu ergäbe sich durch „zentrale Enthärtung“ Einsparung um

- zwischen 5,3 und 16,3 Ct/m³ bzw.
- 121.900 bis 375.000 €/a

- *Hinweis: Erhöhung der Stromkosten um 2 % pro Jahr bedeutet eine jährliche Erhöhung des Wasserpreises um 0,2 Ct/m³ - Wurde nicht berücksichtigt*

30

Zusammenfassung:

- Errichtung einer Enthärtungsanlage in Bornheim ist aus technischen Gesichtspunkten nicht zu empfehlen
- derzeitige Härte des Mischwassers bei 12 bis 14 °dH
 - Härtebereich „mittel“ einzustufen
- Härtebereich „mittel“ entspricht bereits der Härte, die in aller Regel angestrebt wird, wenn Versorger eine zentrale Enthärtungsanlage bauen und betreiben
- Die Möglichkeit für eine zentrale Enthärtung ist gemäß Empfehlung des DVGW (W 235) erst bei deutlich höherer Härte von 19,6 °dH in Betracht zu ziehen.

31

- Falls Stadt Bornheim dennoch weiches Wasser abgeben möchte, wäre zentrale Enthärtung wirtschaftliche Alternative zur Vollversorgung mit WTV-Wasser:
- Nachteile:
 - Hohe Investitionen
 - Hoher Energiebedarf, Abwasseranfall
- Vorteile:
 - 2 Einspeisungen WTV und WBV bleiben erhalten (Notversorgung)
 - Keine „Verletzung“ bestehender Verträge bzw. Vereinbarungen (Abnahme WBV-Wasser)
 - Bezüglich Gesamtkosten deutlich wirtschaftlicher im Vergleich zu Vollversorgung WTV

32

Ablauf der Entscheidung

Für die aktuell geplanten Ertüchtigungsmaßnahmen wäre möglichst kurzfristige Entscheidung über die zukünftige Versorgung wichtig

- Maßnahmen zur Ertüchtigung bzw. Mängelbehebung stehen an (z. B. neue Steuerung Pumpwerk und Behälterbewirtschaftung)
- Ohne Entscheidung können die geplanten Maßnahmen nicht begonnen werden (eingeschränkte Betriebsicherheit)
- **Entscheidungen möglich?**
 - Ist „weiches“ Wasser gewünscht und werden deutliche Mehrkosten hierfür in Kauf genommen?
 - Wenn ja: Soll zentral enthärtet werden oder Vollversorgung angestrebt werden?

Gerne stehen wir für Rückfragen zur Verfügung