



Verbesserung der Eigenwasserqualität und Erhöhung der Eigenwassermenge der Gemeinde Zaberfeld

Nachrüstung einer Enthärtungsanlage

Untersuchung

September 2024

Auftragsnummer: 125 - 2

Gemeinde Zaberfeld

Kreis Heilbronn

Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung und Zielsetzung	2
2. Derzeitige und künftige Versorgung	3
3. Anlagenbeschreibung	4
3.1 Aufbereitungsschritte.....	4
3.2 Teilstromenthärtung mit Entsäuerung.....	4
3.3 Entwässerung	6
3.4 Unterbringung im HB Ochsenburg.....	6
4. Kostenannahme	8
5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	9
5.1 10	
6. Terminplan	11
7. Zusammenfassung	11

Anlage:

- Zeichnung Nr. 125 - 2 - 0/VS01 Versorgungsschema Zaberfeld

1. Aufgabenstellung und Zielsetzung

Die Gemeinde Zaberfeld deckt ihren Wasserbedarf zum einen mit Fremdwasser des Zweckverbandes Bodensee-Wasserversorgung (BWV) und zum anderen mit Eigenwasser aus mehreren Tiefbrunnen und einer Quelle.

Seit Ende 2020 befindet sich die Ultrafiltrationsanlage im neuen HB Ochsenburg ($V = 2 \times 500 \text{ m}^3$) in Betrieb, und es wird Mischwasser mit $14 \text{ }^\circ\text{dH}$ (Härtebereich 2; bis $14 \text{ }^\circ\text{dH}$) an die Verbraucher abgegeben.

Im Ortsteil Michelbach wird derzeit noch reines Bodenseewasser (ca. $35.000 \text{ m}^3/\text{a}$) mit 9°dH verteilt.

Derzeit werden im HB Ochsenburg ca. $60.000 \text{ m}^3/\text{a}$ Eigenwasser mit $115.000 \text{ m}^3/\text{a}$ Fremdwasser gemischt. Die vorhandene Ultrafiltrationsanlage hat eine maximale Aufbereitungskapazität von $8 - 10 \text{ l/s}$ und könnte bei einer Aufbereitung von 20 h/d $720 \text{ m}^3/\text{d}$ bzw. $260.000 \text{ m}^3/\text{a}$ Rohwassermenge aufbereiten. Das würde den Wasserbedarf in Zaberfeld zu mehr als 100% abdecken.

Das Bezugsrecht bei der BWV beträgt 5 l/s und somit maximal $160.000 \text{ m}^3/\text{a}$. Derzeit liegt die Auslastung (mit $150.000 \text{ m}^3/\text{a}$) bei 94% . In Monaten mit hohen Verbräuchen wird das Bezugsrecht überschritten und es fallen Überschreitungszahlungen von bis zu $33.000,00 \text{ €/a}$ (2023) an.

Durch den Bau einer Teilenthärtungsanlage (Nanofiltration) kann eine Erhöhung der Eigenwassernutzung der Gemeinde Zaberfeld und somit die Erhöhung der Versorgungssicherheit entscheidend verbessert werden. Zusätzlich könnte einheitliches Mischwasser mit $9 - 10 \text{ }^\circ\text{dH}$ abgegeben werden. Die Aufstellung einer solchen Anlage im bestehenden Hochbehälter Ochsenburg, die Kostenannahme und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

2. Derzeitige und künftige Versorgung

Seit dem Jahr 2020 wurde die neue Wasserversorgungskonzeption für Zaberfeld schrittweise umgesetzt. So ging 2020 der neue HB Ochsenburg (künftig alleiniger Hochbehälter für die Gemeinde Zaberfeld) ans Netz. Gleichzeitig wurde die Aufbereitungsanlage (Trübstofffiltration mittels Ultrafiltrationsanlage) in Betrieb genommen. Der Hochbehälter „Hinter der Mauer“, der die Zonen Ochsenburg und Leonbronn versorgte, wurde stillgelegt.

Die Wasserversorgung für den Kernort Zaberfeld erfolgt seit 2022 ebenfalls aus dem HB Ochsenburg. Hierfür wurden die Hochbehälter „Maisenhälde“ und „Hagen“ stillgelegt. Für die direkte Versorgung in das Wassernetz von Zaberfeld liegt der HB Ochsenburg zu hoch (ausgelegt wurde er auf die höher gelegenen Niedersonen Ochsenburg und Leonbronn). Zur Versorgung der Hochzone und der Niederzone Zaberfeld wurden im Rohrkeller des HBs Hagen zwei Druckminderventilstationen (Hochzone und Niederzone) installiert.

In einem letzten Schritt wird zeitnah auch der Ortsteil Michelbach aus dem HB Ochsenburg versorgt. Dabei geht dann der HB Michelbach außer Betrieb.

Das Bezugsrecht bei der BWV liegt bei 5 l/s (max. 160.000 m³/a). Die derzeitige Auslastung liegt bei 70 - 90 %. In den Sommermonaten teils bis 120 %! Für eine übliche durchschnittliche Auslastung von ca. 60 % der Beteiligungsquote, um Spitzenmonate und Tagesspitzenverbräuche abdecken zu können, müsste eigentlich die Beteiligungsquote erhöht werden. Dies ist aber auf nicht absehbare Zeit (nächsten 10 - 20 Jahre) nicht möglich, da die BWV an ihre Kapazitätsgrenzen angelangt ist.

Durch eine Aufbereitung des Eigenwassers mit 22°dH mittels Teilenthärtung auf ca. 10°dH kann dieses unbegrenzt im HB Ochsenburg beigemischt werden.

Dadurch könnte theoretisch das gesamte Eigenwasserdargebot (ca. 10 l/s) genutzt werden.

3. Anlagenbeschreibung

3.1 Aufbereitungsschritte

Die Anlage ist in folgende Aufbereitungsschritte gegliedert:

- Förderung der Eigenwässer aus dem PW/SB Leonbronn ($V = 2 \times 200 \text{ m}^3$) in die Rohwasserkammer
- Trübstofffiltration mittels Ultrafiltrationsanlage (Bestand max. ca. 10 l/s).
- Vorlagebehälter ($V = 5 - 10 \text{ m}^3$) für die Teilstromenthärtung
- Teilstromenthärtung über eine Umkehrosmoseanlage mit Bypass für eine Zielhärte von 10 °dH mit anschließendem Flachbettbelüfter zur Einstellung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts und weiterem Zwischenbehälter.
- Abschließende UV-Desinfektion und Wassermischung mit BWV-Wasser
- Reinwasserkammern ($V = 2 \times 500 \text{ m}^3$) mit Verteilung in die Ortsnetze.

3.2 Teilstromenthärtung mit Entsäuerung

Das Mischwasser aus den Eigenwasservorkommen hat, je nach Mischungsverhältnis, eine Gesamthärte von ca. 22°dH.

Die Anlage wird so gewählt, dass künftig die maximale Rohwassermenge (10 l/s) aufbereitet werden können. Dabei kann die Zulaufmenge zur Teilstromenthärtung variiert werden. Somit können bei 20-stündigem Betrieb theoretisch 630 m³/d bzw. 230.000 m³/a Reinwasser mit 10 °dH produziert werden.

Dadurch stellt die Eigenwasserversorgung künftig ein eigenes Standbein dar.

Zur Einstellung der Zielhärte von 10°dH werden lediglich 6,1 l/s l/s des harten Rohwassers über die Membrananlage geleitet. Der restliche Teil (3,9 l/s) wird in einem Bypass um die Anlage geführt und mit dem nahezu vollentsalztem Reinwasser (Permeat mit 0,5 °dH) aus der Membrananlage vermischt.

Aus dem Zwischenbehälter wird das harte Eigenwasser über die Umkehrosmoseanlage gefördert. Bevor das so aufbereitete weiche Wasser in die Reinwasserkammer gelangt wird es zusammen mit dem „Bypasswasser“ über den Flachbettbelüfter geleitet. Dabei wird durch Zuführen von Luft im Gegenstrom das überschüssige Kohlendioxid ausgegast (abgestript) und das Mischwasser ins Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht (KKG) gebracht. Dies garantiert, dass das Wasser weder kalkabscheidend noch aggressiv wirkt.

Die Membrananlage wird mit Niederdruckumkehrosmoseelementen (XLE-Membranen) bestückt. Sie erzeugt ein nahezu vollentsalztes Reinwasser (Permeat) mit einer Gesamthärte von ca. 0,5 °dH. Damit die Zielhärte von 10 °dH eingestellt werden kann wird die einstrassige Anlage für eine Aufbereitungsmenge (Rohwasser) von 6,1 l/s ausgelegt. Bei 80 % Anlagenausbeute wird ein Reinwasserstrom von 4,9 l/s erzeugt. Durch Mischung mit 3,9 l/s Rohwasser erreicht man dann die Zielhärte von 10 °dH.

Durch die starke Aufkonzentrierung der Ionen auf der Konzentratseite (ca. 5fach) besteht die Gefahr, dass Sulfate (Gips) und Karbonate (Kalkstein) ausfallen und die Membran mit der Zeit zusetzen können. Dieser Vorgang wird „Scaling“ genannt. Zur Vermeidung dieser Ausfällungen wird dem Rohwasser Natriumtripolyphosphat bzw. ein entsprechend zugelassenes Konditionierungsmittel (Antiscalant) zugegeben. Dieser Zusatz ist dann im Produktionswasser (Konzentrat) von 1,2 l/s, welches in die Kanalisation oder einen nahegelegenen Vorfluter fließt, enthalten.

Bei einem Rückgang der Permeatleistung muss die Anlage gespült werden. Das geschieht durch Ansetzen von Säure, Lauge oder/und Natriumhypochloritlösung und ist erfahrungsgemäß 2mal jährlich erforderlich. Das Spülen erfolgt im sogenannten „Batch-Betrieb“ aus einem fest installierten Spülwasserbehälter (Reinigungseinheit). Die Entsorgung des Spülwassers erfolgt nach eventuell

notwendiger pH-Wert-Neutralisation schadlos durch Abtransport zur Kläranlage.
Die erwartete Menge beträgt ca. 2 m³/a.

Zusätzlich zur Enthärtung kann eine Umkehrosmoseanlage auch künftig mögliche Störstoffe wie Pestizide, Herbizide, etc. weitgehend entfernen (bis zu 70 % im Mischwasser).

3.3 Entwässerung

Das vorhandene Spülwasser der UF-Anlage wird in die Entwässerung des HB Ochsenburg geleitet. Diese mündet in die Kanalisation.

Für die Ableitung des Konzentratwassers (ca. 1,2 l/s; 22.000 m³/a) aus der Umkehrosmoseanlage muss entweder eine Einleiterlaubnis in die Vorflut erwirkt werden oder dieses Produktionswasser wird ebenfalls in die Kanalisation geleitet.

Hier muss eine enge Abstimmung mit dem zuständigen Landratsamt und den weiteren Behörden erfolgen. Inwieweit die Ableitung direkt oder durch Vermischung vorhandener ungenutzter Eigenwasservorkommen erfolgen kann ergibt die weitere Planung.

In der Vorliegenden Untersuchung wird davon ausgegangen, dass die Konzentratwasserableitung keine weiteren Kosten verursacht.

3.4 Unterbringung im HB Ochsenburg

Die Umkehrosmoseanlage mit ihren Komponenten (Rack mit Druckrohren, Flachbettbelüfter und die beiden Zwischenbehälter) kann im Rohrkeller des HB Ochsenburg untergebracht werden. Es bedarf keines weiteren Anbaus.

Die Umkehrosmoseanlage besteht aus 4 - 5 Druckrohren à 6 m Länge. Die Druckrohre werden übereinander angeordnet. Die Verrohrung für die Verbindungsleitungen erfolgt jeweils stirnseitig der Druckrohre.

Zum Ein- und Ausbau der einzelnen Membranelemente (1 m Länge) muss stirnseitig der Druckrohre jeweils ca. 1,5 m Platz vorgehalten werden.

Die Antiscalantdosierung mit Ansatzbehälter, Dosierpumpen und Betriebsmittellagerung erfolgt ebenfalls im Rohrkeller des HB.

4. Kostenannahme

Die genannten Kosten in beiliegender Kostenannahme beruhen auf aktuelleren Ausschreibungsergebnissen.

Kostenzusammenstellung

Maßnahme	Kosten
Verfahrenstechnische Ausrüstung	310.000,00 EUR
Umkehrosmoseanlage 6,1 l/s Feed	70.000,00 EUR
2 Zwischenbehälter 5 m ³	40.000,00 EUR
Dosiereinrichtung	15.000,00 EUR
Pumpen (Feed und Bypass)	15.000,00 EUR
Reinigungseinheit	15.000,00 EUR
Flachbettbelüfter 9 l/s mit Gebläse	45.000,00 EUR
Armaturen	30.000,00 EUR
Rohrleitungen etc.	70.000,00 EUR
Montage und Leistungsnachweise	10.000,00 EUR
Elektrotechnische Ausrüstung	100.000,00 EUR
Einbindung UO in vorh. Steuerung	25.000,00 Euro
Erweiterung PLS	15.000,00 EUR
Messtechnik (Drücke, LF, pH, MID`s, etc.)	35.000,00 EUR
Sonstiges (Kabeltrassen, Beleuchtung, ...)	25.000,00 EUR
Gitterrostebene f. Flachbettlüfter	30.000,00 EUR
Summe ohne NK netto	440.000,00 EUR
Nebenkosten (Büro IJP und Statik)	90.000,00 EUR
Summe ohne NK netto	530.000,00 EUR

Summe Baukosten netto	530.000,00 EUR
Mehrwertsteuer 19 % (gerundet)	100.000,00 EUR
Summe Baukosten brutto	630.000,00 EUR

5. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens werden neben den Investitionskosten die Jahreskosten, resultierend aus den Kapitalkosten (Abschreibungen und Zinsen) und den Betriebskosten berechnet. Die Kapitalkosten werden mit einem Zinssatz von 2 % nach der Annuität ermittelt. Dabei wird von einer gleichbleibenden jährlichen Abzahlung ausgegangen, die sich aus Zins und Tilgung zusammensetzt.

Folgende Abschreibungszeiträume sind den Berechnungen zugrunde gelegt:

	Zeitraum	Annuität
Bauwerke und Leitungen	50 Jahre	3,20 %
Technische Ausrüstung	20 Jahre	6,11 %

Bei der Betriebskostenberechnung wurde von folgenden Annahmen ausgegangen:

Strompreis	0,30 EUR/kWh
Chemikalien	Materialkosten einschl. Lieferung
Stundensatz für Mitarbeiter zur Anlagenbetreuung	50,00 EUR/h

Weitere Eckdaten zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Derzeitiger BWV-Bezug	150.000 m ³ /a
Derzeitige Eigenwasserförderung	60.000 m ³ /a
Künftige Eigenwassermenge	160.000 m ³ /a
Künftiger BWV-Bezug	62.000 m ³ /a
Rohwasserbezug aus Brunnen/Quelle	181.000 m ³ /a
Feedmenge über UO-Anlage	110.000 m ³ /a
Reinwassermenge aus UO-Anlage	88.000 m ³ /a
Bypassmenge	70.000 m ³ /a

BWV-Überschreitungszahlungen
(Grundlage Verbrauch 2022 + 2023) ca. 25.000,00 €/a

5.1

Investitionskosten

	Investitionskosten inkl. Nebenkosten	Abschreibungsdauer	Annuität	Jährliche Abschreibungskosten
Gitterrost, Stützen, Unterzüge	40.000 EUR	50 Jahre	3,20 %	1.300 EUR/a
Technische Ausrüstung	490.000 EUR	20 Jahre	6,11 %	29.900 EUR/a
Gesamtsumme	530.000 EUR			31.200 EUR/a

Betriebskosten

Membranersatz	Membranwechsel alle 7 Jahre UO-Anlage: 1200 m ² x 1/7 à 15 EUR/m ²	2.600 EUR/a
Chemikalien	Phosphatzugabe für 110.000 m ³ /a ca. 700 kg/a à 15,- EUR/kg	11.500 EUR/a
Stromverbrauch	Feedpumpen: ca. 110 m, 110.000 m ³ /a inkl. Gebläse, Beleuchtung usw. 62.000 kWh/a Energiepreis: 0,30 EUR/kWh	18.600 EUR/a
Anlagenbetreuung im Dauerbetrieb	ca. 0,5 h pro Tag (260 Arbeitstage) Stundensatz: 50 EUR/h	6.500 EUR/a
Energiekosten für Mehrförderung in HB Ochsenburg	Förderpumpen: ca. 80 m, 120.000 m ³ /a 42.000 kWh/a Energiepreis: 0,30 EUR/kWh	12.600 EUR/a
Wasserpfeffennig	120.000 m ³ /a Mehrbezug Eigenwasser à 10 ct/m ³	12.000 EUR/a
Mehrförderung über UF-Anlage	Förderpumpen: ca. 20 m, 120.000 m ³ /a 10.000 kWh/a Energiepreis: 0,30 EUR/kWh	3.000 EUR/a
Minderbezug BWV-Wasser	88.000 m ³ /a à 59,4 ct/m ³	-52.300 EUR/a
Überschreitung BWV	Keine Überschreitung des BWV- Kontingentes zu erwarten.	-25.000 EUR/a
Gesamtsumme		-10.500 EUR/a

Rechnerische Wasserpreiserhöhung (ohne bestehende Betriebskosten)

$$20.700 \text{ EUR/a} / 220.000 \text{ m}^3/\text{a} = \mathbf{9,4 \text{ ct}/\text{m}^3}$$

6. Terminplan

Für die Umsetzung der Maßnahme wird von folgender Zeitschiene ausgegangen:

- Entwurfsplanung 2024/2025
- Zuschussantrag bis September 2025
- Zuwendungsbescheid bis Februar 2026
- Einleiterlaubnis in 2025
- Ausführungsplanung 2025/2026
- Ausschreibung und Vergabe Frühjahr 2026
- Baubeginn Herbst 2026
- Inbetriebnahme / Bauende Ende 2026

7. Zusammenfassung

Die ermittelten Kosten für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind reine Mehrkosten zu den derzeitigen Kosten für die Eigenwasseraufbereitung über die bestehende UF-Anlage und der Eigenwasserförderung!

Mit lediglich 9,4 ct/m³ Mehrkosten ist die Umsetzung der Maßnahme wirtschaftlich darstellbar.

Die genannten Ziele bezüglich Mischbarkeit, Qualitätssicherung und Optimierung der Eigenwassernutzung werden hinsichtlich der Eigenwassernutzung deutlich besser:

- Das Eigenwasser kann optimal genutzt werden. Eine mittelfristige Erhöhung des Bezugsrechtes ist nicht erforderlich. Selbst bei künftigen höheren Verbräuchen (Versorgung Pfaffenhofen) reicht das Wasserdargebot aus.
- Eine Komplettversorgung mit Eigenwasser ist künftig genauso möglich wie die alleinige Versorgung mit BWV-Wasser (nur durch Überziehung des Bezugsrechtes) möglich. (autarkes 2. Standbein)

- Durch die Teilstromenthärtung können künftige Störstoffe wie Pestizide, Herbizide, etc. weitgehend entfernt werden (bis zu 70 % im Mischwasser).

Vor dem Hintergrund der hohen BWV-Bezugskosten bei Überschreitung der Beteiligungsquote und der Tatsache, dass eine Erhöhung der Bezugsquote in den nächsten 10 - 15 Jahren nicht möglich sein wird, ist die Umsetzung der geplanten Maßnahme in jedem Fall zu empfehlen.

Voraussetzung für die Umsetzung der Maßnahmen ist der Erhalt der notwendigen Einleiterlaubnis für das Konzentratwasser der Umkehrosmoseanlage in den Kanal bzw. die Vorflut ohne weitere Kosten. Dies muss in Abstimmung mit dem Landratsamt erfolgen. Alternativ ist eine Versickerung in Entwässerungsgräben denkbar.

Aufgestellt:

Kornwestheim, 24.09.2024

Joachim Plack