



Entwicklungsagentur Region Heide AÖR

Verfasser
Drees & Sommer

Michael Zentner
Tel: 040 / 514944-63942
E-Mail: michael.zentner@dreso.com

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
1 Zusammenfassung	6
2 Ausgangssituation und Aufgabenstellung	8
3 Grundsystem und Maximalszenario	9
4 Speicherbewirtschaftung und Entnahmekonzept	10
4.1 Wasserqualität und -bedarf Elektrolyseur	10
4.2 Speicherbewirtschaftung	11
4.2.1 Wasserbilanz	11
4.2.2 Pegel Miele-Speicherbecken	14
4.2.3 Pegel Meldorf	14
4.3 Wasserqualität	15
4.4 Naturnahe Urbane Wasserbilanz	17
4.5 Art der Entnahme	18
4.6 Entnahmestellen	23
5 Versorgungspipeline	26
5.1 Bemessung der Versorgungspipeline	26
5.2 Variante 1	27
5.3 Variante 2	28
5.4 Variante 3	30
5.5 Gegenüberstellung Leitungsverlaufsoptionen und bauliche Abwicklung	31
6 Wasseraufbereitung	33
6.1 Aufbereitungspfad	33
6.1.1 Variante 1 – Umkehrosmose	33
6.1.2 Variante 2 – Thermische Membrandestillation	47
6.1.3 Variantenvergleich	51
7 Abwasserbeseitigung	54
7.1 Abwasser aus Trinkwasseraufbereitung	54
7.2 Abwasser aus Reinstwasseraufbereitung	55
7.2.1 Einleitung in ein Gewässer	56
7.2.2 Einleitung in eine Kläranlage	56
7.2.3 Verdampfung und Reststoffentsorgung	56
7.2.4 Synergieeffekte mit bestehender Infrastruktur	57
7.2.5 Nutzung als Abfallprodukt	58
7.2.6 Fazit	59
8 Worst-Case	60

8.1	Entnahme.....	60
8.2	Trassierung.....	61
8.3	Aufbereitung.....	62
8.3.1	Variante 1 – Umkehrosmose	62
8.3.2	Variante 2 – Membrandestillation.....	65
8.4	Abwasserbeseitigung	68
8.5	Fazit.....	69
9	Genehmigungskonzept.....	71
9.1	Entnahme.....	71
9.2	Trasse	75
9.3	Abwasserbeseitigung	76
10	Kostenprognose	78
11	Zeitliche Umsetzung.....	81
12	Ausblick.....	82
	Quellenverzeichnis	83
	Anhang	85
	Anlage 1: Wasserbilanzen.....	86
	Anlage 2: Prüfbericht Wasseranalytik 02/2025	87
	Anlage 3: Prüfbericht Wasseranalytik 04/2025	89
	Anlage 4: Prüfbericht Wasseranalytik 04/2025	91
	Anlage 5: Pegel Meldorf-Sperrwerk BP – Speicherbecken Miele – Wasserstand	93
	Anlage 6: Pegel Meldorf - Miele – Abfluss	94
	Anlage 7: Pegel Meldorf - Miele – Wasserstand.....	95
	Anlage 8: Rahmenterminplan	96
	Anlage 9: Stakeholder	97

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundvariante	9
Abbildung 2: Optimierte Grundvariante	9
Abbildung 3: Übersicht Miele-Speicherbecken (earth.google.com)	13
Abbildung 4: Lage Pegel Meldorf-Sperrwerk BP (Quelle: umweltportal.schleswig-holstein.de).....	14
Abbildung 5: Lage Pegel Meldorf-Miele (Quelle: umweltportal.schleswig-holstein.de).....	15
Abbildung 6: Naturnahe Urbane Wasserbilanz	17
Abbildung 7: Entnahmebauwerk mit Vertikalrechen (Beispiel)	19
Abbildung 8: Ansaugsiebe zur Wasserentnahme (Beispiel Fa. Johnson Offshore Intake System - JOIS™).....	19
Abbildung 9: Reinigungseinheit - Hydroburst™	20
Abbildung 10: Passiver Einlauf Half-T-Type - Johnson Screen	21
Abbildung 11: Übersicht potenzielle Entnahmestellen (Quelle: google.earth)	23
Abbildung 12: Favorisierter Standort zur Entnahme - Parkplatz Speicherbecken	25
Abbildung 13: Trassenführung Pipeline - Variante 1.....	28
Abbildung 14: Trassenführung Pipeline - Variante 2.....	29
Abbildung 15: Trassenführung Pipeline - Variante 3.....	30
Abbildung 16: Verfahrensfließbild - Variante 1 (Umkehrosmose).....	34
Abbildung 17: Mehrschichtfilteranlage eines Wasserwerks.....	36
Abbildung 18: Umkehrosmoseanlage vom Hersteller Veolia	38
Abbildung 19: Umkehrosmoseanlage mit eingebauter EDI vom Hersteller Veolia	39
Abbildung 20: Ionentauscher vom Hersteller Veolia	40
Abbildung 21: Potentieller Standort für die Trinkwasseraufbereitung.....	44
Abbildung 22: Flächenbelegung Standort Trinkwasseraufbereitung - Variante 1	45
Abbildung 23: Potenzieller Raum zur Realisierung einer Elektrolyseanlage (gelber Kasten) mit Fläche für die Reinstwasseraufbereitung (roter Kasten)	46
Abbildung 24: Flächenbelegung Anlagen Variante 1	47
Abbildung 25: Verfahrensfließbild - Variante 2 (Membrandestillation)	47
Abbildung 26: Modell einer Membrandestillationsanlage von EvCon.....	48
Abbildung 27: Flächenbelegung Anlagen Variante 2	50
Abbildung 28: Schema des Absetzbeckens zur Abwasserbehandlung nach der Trinkwasseraufbereitung (eigene Darstellung).....	54
Abbildung 29: Schema des Destillationsverfahrens mit optionaler Vakuumpumpe (eigene Darstellung)	57
Abbildung 30: Flächenbelegung Standort Trinkwasseraufbereitung - Variante 1 für Worst-Case	64
Abbildung 31: Flächenbelegung Standort Trinkwasseraufbereitung - Variante 2 für Worst-Case	67
Abbildung 32: Pegelprofil Meldorfer Hafen (Quelle: opendata.sh.de)	70
Abbildung 33: Potenzielle Genehmigungspfade bzgl. Entnahme	72
Abbildung 34: Schutzgebiete (blau: EU-Vogelschutzgebiet 5000, grün zusätzlich: FFH-Gebiet 5000).....	73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anforderungen an Reinstwasser-Qualität gemäß ASTM (Auszug)	10
Tabelle 2: Wasserbilanz der Variante 1 für die Standardfallbetrachtung	12
Tabelle 3: Wasserbilanz für die Variante 2 der Standardbetrachtung.....	12
Tabelle 4: Auszug Wasseranalytik Miele-Speicherbecken	16
Tabelle 5: Auslegung Ansaugsieb zur Entnahme.....	21
Tabelle 6: Grundausslegung Rohwasser-Pumpwerk	22
Tabelle 7: Bewertungsmatrix zur Eruiierung favorisierte Entnahmestelle	24
Tabelle 8: Dimensionierung Trasse für Grundsystem und Maximal-Szenario (Eigene Darstellung)	26
Tabelle 9: Dimensionierung Trasse für Druckleitungen (eigene Darstellung nach DIN 1986-100)	27
Tabelle 10: Zusammenstellung wesentlicher Kennzahlen der Varianten im Freigefälle - Grundsystem	31
Tabelle 11: Kostenprognose Varianten für die Betonbauweise – Grundsystem	32
Tabelle 12: Auflistung Anlagenflächenbedarf Variante 1.....	43
Tabelle 13: Auflistung Anlagenflächenbedarf Variante 2.....	49
Tabelle 14: Vergleich der Vor- und Nachteile für Variante 1 und 2.....	51
Tabelle 15: Abwasserzusammensetzung aus der ersten Umkehrosmose	55
Tabelle 16: Bewertung der potenziellen Pfade zur Abwasserbehandlung der Reinstwasseraufbereitung.....	59
Tabelle 17: Wasserbilanz für die Variante 1 im Wort-Case.....	60
Tabelle 18: Wasserbilanz für die Variante 2 im Wort-Case.....	61
Tabelle 19: Dimensionierung Trasse für „Worst Case“	61
Tabelle 20: Auflistung Flächenbedarf Variante 1 - Worst Case.....	63
Tabelle 21: Auflistung Flächenbedarf Variante 2 - Worst Case.....	66
Tabelle 22: Abwasserkonzentration des 1. Abwasserstroms der Umkehrosmose 1 (Worst-Case).....	68
Tabelle 23: Auswirkungen Worst-Case-Szenario	69
Tabelle 24: Kostenprognose	79
Tabelle 25: Zusammenfassung Zeiträume Planung und Bauausführung je Paket	81

Abkürzungsverzeichnis

AB	Abwasserbehälter
BNatSchG	Bundesnaturschutzgesetz
DHSV	Deich- und Hauptsielverband Dithmarschen
E	Enteisungs- und Entmanganungsstufe
EARH	Entwicklungsagentur der Region Heide
EBW	Entnahmebauwerk
EDI	Elektrodeionisation
FHH	Flora Fauna Habitat
LKN.SH	Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein
LNatSchG	Landesnaturschutzgesetz
LWG	Landeswassergesetz
MD	Membrandestillation
NA	Nebenanlagen
NWKG	Nordwest-Kavernengesellschaft
PW	Pumpwerk
RB	Rohwasserbehälter
SP	Speicherbecken
SPÜ	Spülwasserbecken
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UNB	Untere Naturschutzbehörde
UF	Ultrafiltration
UO	Umkehrosmose
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
UVPG	Gesetz zur Umweltverträglichkeitsprüfung
UWB	Untere Wasserbehörde
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie

1 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie wird die technische Umsetzbarkeit der Wasserversorgung eines potenziellen 1 GW-Elektrolyseurs am Standort der Raffinerie Heide untersucht. Es wird darauf hingewiesen, dass diese Studie einen exemplarischen Fall ohne realen Bezug zu Stakeholdern bzw. zu einem realen Projekt beinhaltet. Es handelt sich um die Betrachtung eines Fallbeispiels in einem realen Umfeld.

Als Wasserquelle dient das Miele-Speicherbecken, um die vorhandenen Grundwasserressourcen für die Trinkwasserversorgung nicht zu beeinträchtigen. Die wesentlichen Erkenntnisse dieser fallbezogenen Studie sind im Folgenden zusammengefasst:

Erkenntnisse

Eine Wasserentnahme von 3,57 Mio. m³/a Oberflächenwasser aus dem Miele-Speicherbecken führt unter den in dieser Studie angesetzten Verfahren der Wasseraufbereitung zu einem Input für die Reinstwassererzeugung des Elektrolyseurs in Höhe von 274 m³/h. Hiervon werden 200 m³/h für die Wasserstofferzeugung angesetzt, der Rest steht dem Elektrolyseur als Kühlwasser in Reinstwasserqualität zur Verfügung. Der Wasserhaushalt des Speicherbeckens wird dadurch nicht entscheidend beeinflusst.

Die wesentlichen verfahrenstechnischen Schritte sind:

- eine Wasserentnahme per Ansaugsieb aus dem Miele-Speicherbecken,
- eine 16,8 km lange Transportleitung (DN 400),
- eine erste Aufbereitungsstufe zu Trinkwasserqualität mittels Enteisung/ Entmanganung, Flockung und Ultrafiltration am Meldorfer Hafen,
- eine zweite Aufbereitungsstufe zu Reinstwasserqualität mittels zweifacher Umkehrosmose, Elektrodeionisation und Ionentauscher am Standort des Elektrolyseurs sowie
- eine Abwasserentsorgung des bei der Umkehrosmose anfallenden Sohleabwassers über die bestehende Pipeline der Raffinerie Heide.

Die mit diesen Maßnahmen verbundenen Kosten werden auf ca. 56 Mio. € netto inkl. Bau- und Nebenkosten geschätzt.

Die geschätzte Gesamtprojektdauer für Planung und Ausführung wird mit ca. 12 Jahren angesetzt.

Herausforderungen

Das größte Risiko bei der Umsetzung wird in der Genehmigung gesehen. Es ist von der Notwendigkeit einer FHH-Prüfung sowie einer Umweltverträglichkeitsprüfung auszugehen, insbesondere da die Entnahme und der erste Abschnitt der Transportleitung in einem NATURA-2000 Gebiet liegt. Hierzu sind u.a. umfangreiche Datenerhebungen im Vorwege der Genehmigungsentscheidung erforderlich. Eine Umsetzung des Projektes setzt unter diesen Umständen voraus, dass

- das überwiegende öffentliche Interesse (einschließlich wirtschaftlicher Art) nachweislich die betroffenen Belange des Natura 2000-Gebiets überwiegen,
- dass zumutbare Alternativen nicht gegeben sind und
- dass geeignete Maßnahmen zur Sicherung der Kohärenz des Natura 2000-Netztes in hinreichendem Umfang umgesetzt werden.

Sofern belastbare Ausgleichsmaßnahmen für das NATURA-2000 Gebiet geschaffen werden können und vor dem Hintergrund der Herausforderungen des Klimawandels, der Sicherung der Trinkwasserversorgung der Bevölkerung und der mit diesem Projekt einhergehenden Schonung der Grundwasserressourcen sowie der wirtschaftlichen Interesse der Region Heide - insbesondere zur Sicherung von Arbeitsplätzen - wird eine Genehmigungsfähigkeit als umsetzbar eingeschätzt.

Die Qualität des Rohwassers war im Zeitraum der Untersuchung nicht konstant, insbesondere bzgl. der elektrischen Leitfähigkeit als Leitparameter für den Salzgehalt. Vor Beginn der Planung ist daher ein einjähriges Monitoring relevanter Parameter notwendig, um die Rohwasserqualitäten belastbar interpretieren zu können. Vor dem Hintergrund der Schwankungen in den Beprobungen wurde ein „Worst-Case“-Szenario betrachtet und dargestellt, wie mit diesem umgegangen werden kann.

2 Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Im Kontext der Wasserversorgung und vor dem Hintergrund des Klimawandels bestehen aktuell diverse gesellschaftliche Herausforderungen, wie bspw.:

- Durch erhöhte Versiegelung wird Hitze gespeichert und kann durch fehlende Zirkulation schwerer entweichen.
- Eine fehlende Versickerung des Regenwassers in die Böden verursacht ein Absinken des Grundwasserspiegels.
- Es besteht ein erhöhtes Risiko für vulnerable Menschengruppen und eine fehlende Klimaanpassung vieler Pflanzen- & Tierarten durch langanhaltende Trockenperioden.
- Aufgrund begrenzt zur Verfügung stehender Wassermengen sind regional Interessenskonflikte zwischen kommunaler Trinkwasserversorgung und den Bedürfnissen aus Landwirtschaft und Industrie zu lösen.
- Eine vermehrte Überlastung der Kanalisation führt zu häufigeren Schäden im umliegenden Ökosystem und steigenden Betriebskosten für Ver- und Entsorger.
- Es entstehen große Schäden durch Hochwasser und Fluten an Wohn-/ Gewerbeimmobilien sowie sozialer und technischer Infrastruktur.

Zur Lösung dieser Herausforderungen gibt es bereits seit vielen Jahren Ansätze wie Schwammstadt, Starkregenvorsorge und die Nutzung von Wasserkreisläufen. Diese Studie, welche von der Entwicklungsagentur der Region Heide (EARH) initiiert wurde, nimmt den Aspekt des Wasserkreislaufes auf. Aufbauend auf einer Vorstudie¹, welche potenzielle Quellen für die Wasserversorgung der Industrie beleuchtet hat, wird im Rahmen dieser Studie die Wasserversorgung eines beispielhaften 1GW Elektrolyseurs mit einem vorgegebenem Wasserbedarf aus dem Miele-Speicherbecken fallbezogen untersucht.

Ziel ist die Darstellung,

- wie die notwendigen Wassermengen für den Anwendungsfall an dem Standort bereitgestellt werden können,
- welche Maßnahmen notwendig sind um Wasserentnahme, -Transport und Reinigung aus dem Miele Speicherbecken sicherzustellen,
- in welchem Zeitraum und zu welchen Kosten eine Umsetzung realistisch ist sowie
- eines Entsorgungskonzepts für das Soleabwasser bei der Reinstwasseraufbereitung.

¹ BGD ECOSAX GmbH
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

3 Grundsystem und Maximalszenario

Analog zur Aufgabenstellung ist das Grundsystem (Entnahme – Transport – Aufbereitung) in Abbildung 1 skizziert. Das Grundsystem bildet die Wasserversorgung des 1 GW Elektrolyseurs mit Reinstwasser ab. Dies umfasst eine Wasserentnahme aus dem Speicherbecken, einen Transport zu einer Aufbereitung sowie einen Weitertransport des aufbereiteten Wassers zum Elektrolyseur.

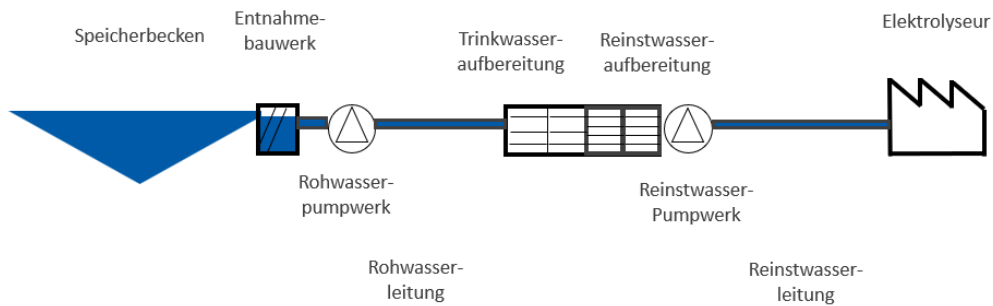


Abbildung 1: Grundvariante

In der weiteren Bearbeitung sind in Rücksprache mit der EARH potenzielle Optimierungen eingeflossen, die in den weiteren Kapiteln beschrieben werden. Insbesondere unter Berücksichtigung einer optimierten Reinstwasseraufbereitung und Abwasserbeseitigung bietet es sich an, die zweite Aufbereitungsstufe (von Trinkwasser zu Reinstwasser) direkt am Ort der Elektrolyse an der Raffinerie Heide anzusetzen.

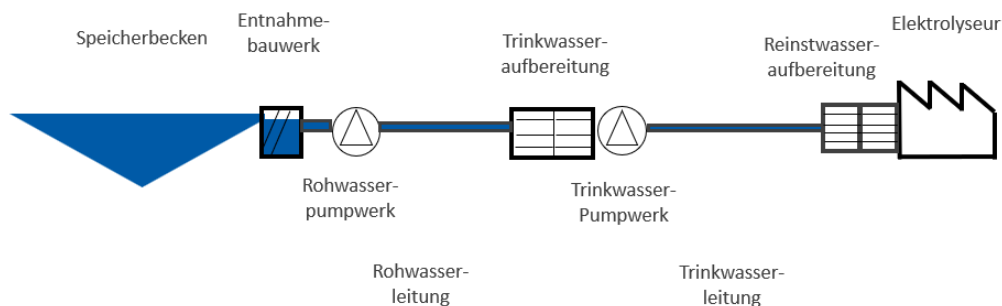


Abbildung 2: Optimierte Grundvariante

In der Studie wird als Grundvariante der in Abbildung 2 gezeigte Ablauf im Fokus behandelt.

Das Maximal-Szenario wurde gemeinsam mit der EARH auf 20 Mio. m³ pro Jahr festgelegt. Beim Maximal-Szenario werden die Mengen, die über die Versorgung des Elektrolyseurs hinausgehen, „nur“ zu Trinkwasserqualität aufbereitet. Etwaige Änderungen ggü. der Grundvariante für die Entnahme, Trasse, Aufbereitung und Abwasserbehandlung werden in den jeweiligen Kapiteln skizziert.

4 Speicherbewirtschaftung und Entnahmekonzept

4.1 Wasserqualität und -bedarf Elektrolyseur

Das sogenannte Reinstwasser, welches für die Elektrolyse benötigt wird, ist hochgradig entmineralisiertes Wasser, das nahezu frei von gelösten Salzen, organischen Verunreinigungen, Partikeln und Mikroorganismen ist. Dies ist Voraussetzung für den sicheren und effizienten Betrieb von Elektrolyseanlagen, da selbst geringe Mengen an Verunreinigungen zu Ablagerungen auf Membranen und Elektroden führen und die Lebensdauer sowie die Effizienz der Anlage beeinträchtigen können. In Abhängigkeit des Elektrolyseurs bestehen gemäß Tabelle 1 unterschiedliche Anforderungen an die Qualität (Typen nach ASTM) des Reinstwassers, welche im Folgenden dargestellt sind²:

Tabelle 1: Anforderungen an Reinstwasser-Qualität gemäß ASTM (Auszug)

Parameter	Einheit	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	0,056	1,0	0,25	5,0
TOC	µg/l	50	50	200	k.A.
Na ⁺	µg/l	1	5	10	50
Cl ⁻	µg/l	1	5	10	50

Der Typ 2 ist derzeit der empfohlene Standard für die meisten Elektrolyseverfahren. Für besonders empfindliche Systeme, wie Protonenaustauschmembranen (PEM), wird eine Leitfähigkeit < 0,1 µS/cm gefordert.

Um die Menge an Wasserstoff zu berechnen, die eine Elektrolyseanlage mit einer Leistung von 1 GW erzeugen kann, ist der Wirkungsgrad der Anlage und der Stromverbrauch für die Erzeugung von 1 kg Wasserstoff zu berücksichtigen. Moderne Elektrolyseanlagen weisen einen Wirkungsgrad von 65% - 75% auf. Ausgehend von einem Wasserstoff-Heizwert von 33,3 kWh/kg und einem mittleren Wirkungsgrad von 70% werden 47,6 kWh / kg H₂ benötigt. Bei einem 1 GW-Elektrolyseur werden so in etwa 21.000 kg Wasserstoff pro Stunde erzeugt.

Gemäß DVGW-Factsheet werden für die Elektrolyse ca. 10 Liter Reinstwasser benötigt, um 1 kg Wasserstoff zu erzeugen.³ Dies bedeutet im Falle des 1 GW-Elektrolyseurs gemäß obiger Berechnung einen Bedarf an Reinstwasser von 210 m³ / h. Dieser Wert korrespondiert mit den Erfahrungen der CruH21 im Rahmen von Wasserstoff-Projekten⁴. Demnach kann für eine 1 GW-Anlage ein Reinstwasserbedarf von 200 m³/h angenommen werden. In dieser Studie wird als Ansatz für die Ermittlung der Entnahmemenge daher ein Reinstwasserbedarf von 200 m³/h angesetzt.

Zusätzlich zum Reinstwasserbedarf für die Elektrolyse ist der Kühlwasserbedarf und -verbrauch eines Elektrolyseurs mit einer Leistung von 1 GW zu berücksichtigen. Der Kühlwasserbedarf variiert erheblich, abhängig von den spezifisch eingesetzten

² ASTM (American Society for Testing and Materials) D1193-06(2018)

³ DVGW, Genügend Wasser für die Elektrolyse, 02/2023

⁴ CruH21: Strategische Projektberatung, u.a. mit Fokus auf grünen Wasserstoff
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

Kühlverfahren (Durchlauf, Ablauf- oder Kreislaufkühlung) und den vorhandenen Betriebsbedingungen (Betriebsweise Elektrolyseur, Qualität Kühlwasser, Klima).⁵

Für diese Studie wird eine jährliche Kühlwasserbereitstellung in Reinstwasserqualität von maximal 650.000 m³ angesetzt, dies entspricht einem Kühlwasserbedarf von ca. 74 m³/h. Darüber hinausgehende Mengen an Kühlwasser sind anderweitig bereit zu stellen. Der Reinstwasser-Bedarf, welcher für die Elektrolyse inkl. Kühlwasseransatz benötigt wird, beträgt in der weiteren Betrachtung daher 274 m³/h.

4.2 Speicherbewirtschaftung

4.2.1 Wasserbilanz

Im Rahmen dieser Studie werden für die Standardfallbetrachtung zwei Varianten analysiert:

- Die Variante 1 ist gekennzeichnet durch die Aufbereitungsstufen Entnahme - Flockung – Ultrafiltration – Umkehrosmose (in zwei Stufen) – Elektrodeionisation – Polisher. Die Aufbereitung wird in Abschnitt 6.1.1 beschrieben. Bei Anwendung der Variante 1 für die Entsalzung liegt der Jahreswasserbedarf an Rohwasser gemäß Wasserbilanz bei 3,57 Mio. m³/Jahr.
- Die Variante 2 unterscheidet sich von Variante dahingehend, dass anstelle der Umkehrosmose eine Membrandestillation zur Anwendung kommt. Bei Anwendung der Variante 2 für die Entsalzung liegt der Jahreswasserbedarf an Rohwasser gemäß Wasserbilanz bei 4,68 Mio. m³/Jahr.

In beiden Varianten resultiert eine Reinstwasser-Menge von 274 m³/h – basierend auf 8.760 Stunden Betriebszeit pro Jahr des Elektrolyseurs.

In Tabelle 2 sind für die einzelnen Verfahrensstufen der Variante 1 die jeweiligen Wasserbedarfe, Ausbeuten und Abwassermengen dargestellt. Auffällig ist, dass der Wasserbedarf in der Stufe „UO 1“ mit 3,95 Mio. m³/a über dem ursprünglich entnommenen Rohwasservolumen liegt. Dies erscheint auf den ersten Blick widersprüchlich, lässt sich jedoch dadurch erklären, dass es sich hierbei nicht um den reinen Rohwasserbedarf handelt, sondern um den Gesamtwasserbedarf dieser Verfahrensstufe. In die UO 1 wird zusätzlich das Abwasser aus den nachgeschalteten Stufen „UO 2 + EDI“ sowie dem „Polisher“ eingespeist. Insgesamt sind 3,95 Mio. m³ erforderlich, um die Zielmenge von 2,4 Mio. m³ Reinstwasser pro Jahr bereitzustellen. Ein vergleichbares Prinzip gilt für die Membrandestillation gemäß Tabelle 3. Auch hier wird das Abwasser aus dem Polisher in den Prozess zurückgeführt.

⁵ DVGW; Gesamtwasserbedarf für die Wasserelektrolyse, 06/2024
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

Tabelle 2: Wasserbilanz der Variante 1 für die Standardfallbetrachtung

Schritt	Verfahrensstufe	Wasserbedarf	Aus- beute	Abwasser	Volu- men- strom
1	Rohwasserent- nahme	3,57 Mio. m ³ /a	–	–	407 m ³ /h
2	Flockung + Ultrafiltration (Trinkwasser- qualität liegt vor)	3,57 Mio. m ³ /a	95 %	0,18 Mio. m ³ /a	407 m ³ /h
3	UO 1	3,95 Mio. m ³ /a	75 %	0,99 Mio. m ³ /a	451 m ³ /h
4	UO 2 + EDI	2,96 Mio. m ³ /a	90 %	0,30 Mio. m ³ /a	338 m ³ /h
5	Polisher	2,67 Mio. m ³ /a	90 %	0,27 Mio. m ³ /a	304 m ³ /h
	Reinstwasser	2,40 Mio. m ³ /a	–	–	274 m ³ /h

Tabelle 3: Wasserbilanz für die Variante 2 der Standardbetrachtung

Schritt	Verfahrensstufe	Wasserbedarf	Aus- beute	Abwasser	Volumen- strom
1	Rohwasserent- nahme	4,68 Mio. m ³ /a	–	0,23 Mio. m ³ /a	534 m ³ /h
2	Ultrafiltration	4,40 Mio. m ³ /a	95 %	–	–
3	Membrandestil- lation	4,44 Mio. m ³ /a	60 %	2,04 Mio. m ³ /a	507 m ³ /h
4	Polisher	2,67 Mio. m ³ /a	90 %	0,27 Mio. m ³ /a	304 m ³ /h
	Reinstwasser	2,40 Mio. m ³ /a	–	–	274 m ³ /h

Die Wasserbilanzen sind ebenfalls als Fließbild der Anlage 1: Wasserbilanzen zu entnehmen.

Das Miele-Speicherbecken hat eine Größe von ca. 150 ha und wird von den beiden Zuflüssen Wöhrdener Hafenstrom und Meldorfer Hafenstrom gespeist (siehe Abbildung 3). Die Verbindung zur Nordsee erfolgt über das Siel am Sperrwerk. Das Siel fungiert als „Rückschlagklappe“ und stellt eine wirtschaftliche und energiesparende tidenabhängige Entwässerung dar. Ein Schöpfwerk (Pumpwerk), über welches das Wasser in die Nordsee gedrückt wird, ist nicht vorhanden. Zum benachbarten Kronenloch besteht ein Durchlass auf Höhe des Parkplatzes am Kronenloch. Weiterhin erfolgt ein Zustrom über den Hafen zum Kronenloch und damit zum Speicherbecken.

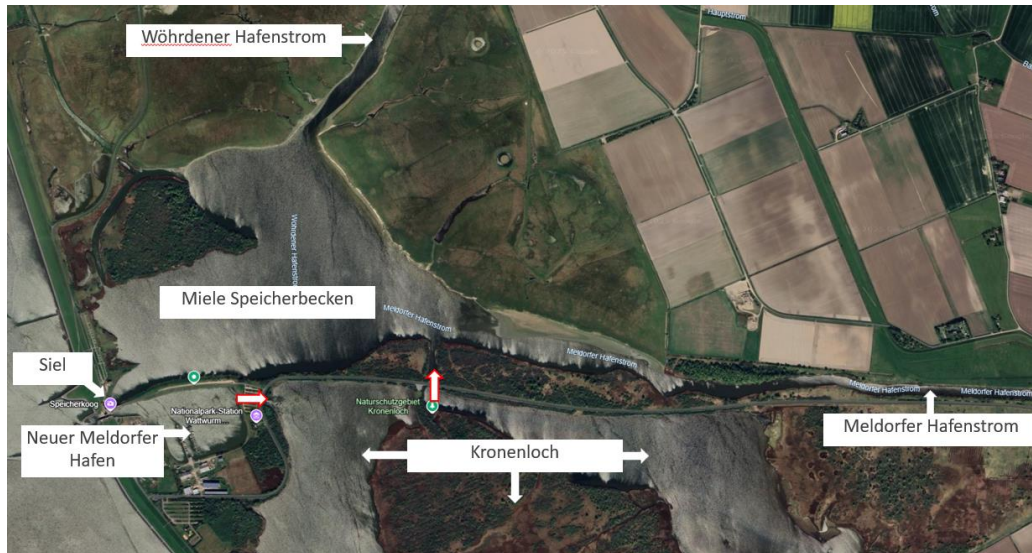


Abbildung 3: Übersicht Miele-Speicherbecken (earth.google.com)

Im Rahmen der Studie wurden Gespräche mit dem Deich- und Hauptsielverband Dithmarschen (DHSV) geführt. Der DHSV hat ein breites Spektrum an Aufgaben übernommen. Zu den zentralen Tätigkeiten zählen:

- die Pflege und Unterhaltung von Gewässern sowie Mitteldeichen,
- der Betrieb und die Wartung von Schöpfwerken,
- vielfältige Maßnahmen im Bereich Naturschutz und Landschaftspflege.

Darüber hinaus trägt der DHSV Verantwortung für weitere wichtige Aufgaben, darunter:

- die Abwasserentsorgung aus privaten Kläranlagen,
- die Umsetzung der Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie,
- sowie die Geschäftsführung der ihm zugeordneten Verbände.

Aus den Gesprächen mit dem DHSV geht hervor, dass das Speicherbecken bis zu einem Mindest-Wasserstand zwischen 350 cm und 370 cm gefahren wird. Die Entnahme in einer Größenordnung des Grundsystems stellt für das Wasserstandsmanagement des Beckens keine großen Auswirkungen dar. Bei größeren Entnahmen ist die sommerliche Trockenperiode zu berücksichtigen, wozu ggf. weitere Speichermöglichkeiten geschaffen werden müssten. Weiterhin ist die Steuerungstechnik bei größeren Entnahmen anzupassen, was mit weiteren baulichen Veränderungen verbunden ist (u.a. Erhöhung Deich, Bau Schöpfwerk).

Der DHSV sensibilisiert dafür, eine ganzheitliche Betrachtung potenzieller Wasserentnahmen verschiedener Akteure vorzunehmen. Seitens der Entwicklungsagentur Region Heide wird dies bereits berücksichtigt und im Rahmen einer Modellierung durch die Fa. BWS GmbH, welche parallel zum Zeitpunkt der Studiererstellung läuft, aufgenommen.

4.2.2 Pegel Miele-Speicherbecken

Um den Wasserstand des Miele-Speicherbeckens zu bewerten, wurden Daten des Landesamtes für Umwelt Schleswig-Holstein⁶ bzgl. des Pegels „Meldorf-Sperrwerk BP – Speicherbecken Miele“ der letzten zehn Jahre ausgewertet (siehe Anlage 5: Pegel Meldorf-Sperrwerk BP – Speicherbecken Miele – Wasserstand). Dieser Pegel befindet sich kurz vor dem Siel des Speicherbeckens (siehe roter Punkt in Abbildung 4)

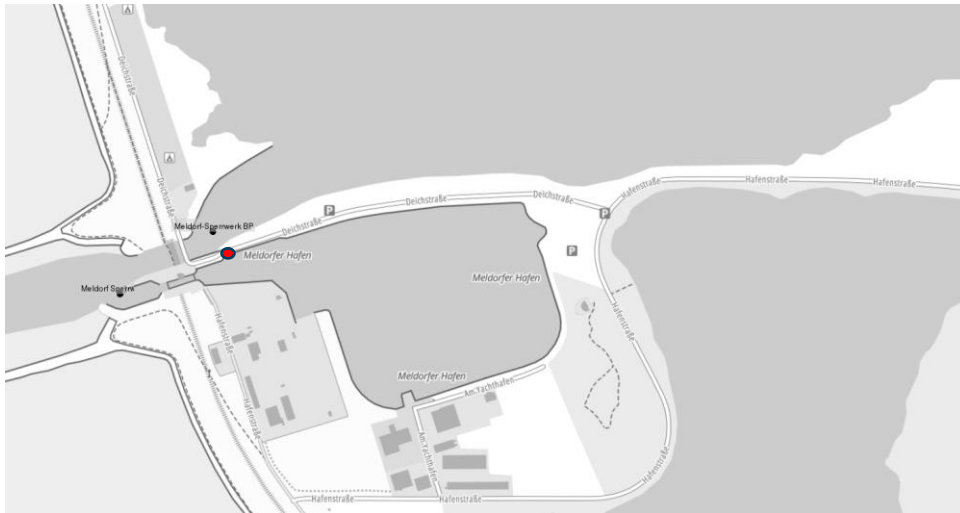


Abbildung 4: Lage Pegel Meldorf-Sperrwerk BP (Quelle: umweltportal.schleswig-holstein.de)

Die Jahresmittelwerte der Wasserstände bewegen sich zwischen 360,3 cm (2018) und 394,7 cm (2016). Im Jahr 2024 hat der Jahresmittelwert 380,3 cm betragen. Die minimalsten Wasserstände liegen – bis auf die Jahre 2015 und 2018 – immer über 320,0 cm. Insgesamt sind in den Jahren 2014 bis 2024 nur 43 Tage angefallen, bei denen der Wasserstand unter 320 cm lag, diese wiederum überwiegend im Februar / März 2018. Ab 2020 wurde an 37 Tagen der Wasserstand von 350 cm unterschritten.

4.2.3 Pegel Meldorf

Um den Zufluss zum Miele-Speicherbeckens zu bewerten wurden die Daten des Landesamtes für Umwelt Schleswig-Holstein⁷ bzgl. des Pegels „Meldorf - Miele“ der letzten zehn Jahre ausgewertet (siehe Anlage 6: Pegel Meldorf - Miele – Abfluss und Anlage 7: Pegel Meldorf - Miele – Wasserstand). Dieser Pegel befindet östlich des Meldorf-Hafens an der Brücke Paul-Kock-Straße (siehe roter Punkt in Abbildung 5).

Die Jahresmittelwerte des Abflusses bewegen sich zwischen 2,33 m³/s (2018) und 3,70 m³/s (2024). Die minimalsten Tages-Abflüsse liegen zwischen 0,01 m³/s (2019) und 0,25 m³/s (2021) und wurden an 54 Tagen seit 2014 gemessen, d.h. im Mittel an 5 Tagen pro Jahr.

Bei einer durchschnittlichen Wasserentnahme von 407 m³/h (0,113 m³/s) für die weitere Aufbereitung bedeutet dies beispielhaft für das Jahr 2024, dass im Mittel pro Sekunde 3,1 % des gesamten Zuflusses zum Speicherbecken über den Meldorf-Hafenstrom entnommen würden. In den Jahren 2014 bis 2024 gab es 19 Tage, an denen der Zufluss über den Meldorf-Hafenstrom geringer als 0,1 m³/s ausgefallen ist.

Die langfristige Auswertung der Pegeldata zeigt, dass sich das Abflussverhalten in etwa in eine ca. 6-monatige höhere Abflusszeit (Oktober bis März) und in eine 6-monatige

⁶ opendata.schleswig-holstein.de

⁷ opendata.schleswig-holstein.de

geringere Abflusszeit (April bis September) einteilen kann. Zu beachten ist, dass hier jedoch nur der Zufluss über den Meldorfer Hafenstrom betrachtet wird. Der Wöhrdener Hafenstrom als zweiter Zufluss zum Speicherbecken ist datentechnisch bisher nicht erfasst werden und stellt bzgl. des Zuflusses einen Sicherheitspuffer dar. Es ist davon auszugehen, dass hier in etwa gleiche Dimensionen wie beim Meldorfer Hafenstrom anzu treffen sind.



Abbildung 5: Lage Pegel Meldorf-Miele (Quelle: umweltportal.schlwesig-holstein.de)

4.3 Wasserqualität

Umfassende Daten über die Wasserqualität im Speicherbecken lagen bisher nach Kenntnis der Autoren dieser Studie nicht vor. Um die Rohwasserqualität beurteilen zu können und darauf aufbauend die verfahrenstechnischen Aufbereitungsschritte zu bestimmen, wurden im Verlauf der Studie insgesamt drei Probenahmen über die Umwelt Control Labor GmbH, Heide durchgeführt. Die detaillierten Analyse-Ergebnisse der drei durchgeführten Proben vom 05.02.2025, 01.04.2025 sowie 24.05.2025 sind dem Anhang (Anlage 2: Prüfbericht Wasseranalytik 02/2025, Anlage 3: Prüfbericht Wasseranalytik 04/2025, Anlage 4: Prüfbericht Wasseranalytik 04/2025) zu entnehmen.

Zusammenfassend lassen sich folgende Grundaussagen zu den Beprobungen tätigen:

- Bei den ersten beiden Probenahmen lag die Leitfähigkeit bei 717 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. 876 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und die Gesamthärte bei dH° 12,59 bzw. 13,2, was zu einer Salinität $< 0,2$ psu führt und für ein relativ hartes Süßgewässer ohne Einstrom von Meerwasser spricht.⁸
- Die dritte Probenahme zeigte eine deutlich erhöhte Leitfähigkeit von 6.030 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und führt zu der Betrachtung eines worst-case (siehe Kapitel 8).
- Es wurden keine relevanten Altlasten oder Schadstoffe wie PFTs oder halogenierte organische Verbindungen gefunden.
- Das Wasser ist gegenüber Stahl und Beton nicht aggressiv (Expositionsklasse XA1).

Die erste Probenahme (05.02.2025) erfolgte bei auflaufendem Wasser und unter trockenen Wetterverhältnissen. Die zweite Probenahme (01.04.2025) erfolgte dem der Frühlings-Tagundnachtgleiche folgenden Springhochwasser, also bei einigen der astronomisch stärksten Gezeiten des Jahreslaufes. Gleichzeitig waren die Niederschläge und

⁸ Einteilung der Gewässer in Abhängigkeit der elektrischen Leitfähigkeit:

0 – 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: Süßwasser; 1.000 – 10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: Brackwasser; > 10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: Meerwasser
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.doc>29.09.2025/zemi

damit auch der Süßwasserabfluss durch das Miele-Becken ungewöhnlich gering. Dennoch konnte kein nennenswerter Einstrom von Meerwasser festgestellt werden. Den sehr niedrigen Niederschlagsmengen ist auch der generell hohe Wert an gelösten Stoffen sowie die relativ hohe Nitrat-Konzentration zuzuschreiben. Letzteres ist - neben des geringeren Abflussvolumens - auf den bei Wassertemperaturen unter 12,5 °C ggf. nicht effektiv arbeitenden Teichkläranlagen und dem Ausbringen von Gülle im Einzugsgebiet zurückzuführen.

Unter diesen Umständen ist bei steigenden Temperaturen von einer starken Mikroalgenblüte auszugehen, die sich zum Zeitpunkt der zweiten Probenahme bereits abzeichnete. Dabei sind Werte von deutlich über 100 mg/l abfiltrierbare Stoffe zu erwarten.

Durch die Funktion des Siels an sich ist nur unter höchst unwahrscheinlichen Umständen, wie bspw. einer längeren technischen Störung des Siels inkl. der Notabsperzung, mit einem größeren Einstrom von Meerwasser durch das Siel zu rechnen. Das unter dem Deich durchsickernde Meerwasser sowie insbesondere das Salzwasser aus dem Kronenloch werden jedoch regelmäßig in das Speicherbecken eingeleitet.

Die Fauna (ausgenommen die Avifauna⁹) und Flora des Mielebeckens entsprechen dem eines typischen Marschgewässers (Typ 22.2 gemäß Wasserrahmenrichtlinie), ist aber durch wasserbauliche Maßnahmen stark überformt.

Die Werte der dritten Beprobung vom 27.05.2025 weisen erhebliche Abweichungen zu den ersten beiden Probenahme bzgl. der Salinität auf. Gemäß Auskunft des Landesbetriebes für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN.SH) wird alle zwei Wochen das Kronenloch mit Wasser aus der Nordsee „geflutet“. Vom Kronenloch besteht eine Verbindung auf Höhe des Parkplatzes in das Speicherbecken, so dass „Schübe“ entstehen. Die erhöhten Werte sind demnach vermutlich auf solch einen Schub zurückzuführen, der parallel zur Probenahme erfolgte. Dem LKN.SH selber liegen keine Daten über die Wasserqualität vor.

Eine Zusammenstellung einiger wesentlicher Parameter inkl. der Gegenüberstellung zu den Grenzwerten gemäß Trinkwasserverordnung (TrinkwV) ist in Tabelle 4 wiedergegeben.

Tabelle 4: Auszug Wasseranalytik Miele-Speicherbecken

Parameter	Einheit	Miele Speicherbecken (Messung: 05.02.2025)	Miele Speicherbecken (Messung: 01.04.2025)	Miele Speicherbecken (Messung: 27.05.2025)	Grenzwerte TrinkwV
Calcitlösekapazität	mg/l	-2,600	-21,31	2,49	5,00
Gesamthärte	°dH	12,59	13,24	39,00	-
Chlorid	mg/l	76,00	130,00	1800,00	250,00
Nitrat	mg/l	11,00	9,90	9,20	50,00
Sulfat	mg/l	58,00	66,00	300,00	250,00
Ammonium (NH ₄)	mg/l	0,75	0,05	0,50	0,50
Nitrit	mg/l	0,04	0,11	0,21	0,50
Mangan	mg/l	0,37	0,30	0,31	0,05
Calcium	mg/l	67,00	70,00	93,00	-
Eisen	mg/l	1,60	1,10	1,00	0,20
Kalium	mg/l	8,30	10,00	38,00	-
Magnesium	mg/l	14,00	15,00	110,00	-
Natrium	mg/l	50,00	72,00	930,00	200,00
pH-Wert	-	7,70	8,47	7,59	6,5-9,5
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	717,00	876,00	6030,00	-
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	21,00	21,00	3900,00	-
Koloniezahl 22°C	KBE/ml	4200,00	-	-	-
E. coli	KBE/100ml	3650,00	-	-	0/100 ml
Summe PFAS-20 (i.A.a.TrinkwV)	µg/l	0,00	-	-	-
AOX	mg/l	< 0,02	-	-	-

⁹ Gesamtheit aller vorkommenden Vogelarten in einem ausgewählten Gebiet
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

4.4 Naturnahe Urbane Wasserbilanz

Um den Einfluss des Grundwassers auf den Wasserhaushalt des Speicherbeckens einzuschätzen, wurde auf die Daten eines hydrologischen Simulationsmodells zurückgegriffen. Dieses ermöglicht die Ableitung von Referenzwerten für die „naturnahe urbane Wasserbilanz“ (NatUrWB)¹⁰ auf lokaler Ebene innerhalb Deutschlands (siehe Abbildung 6). Das Modell basiert auf einem eindimensionalen Wasserbilanzansatz und bildet den natürlichen Wasserhaushalt flächendeckend unter Berücksichtigung standortspezifischer Parameter wie Bodenbeschaffenheit, Landnutzung und klimatischer Bedingungen ab. NatUrWB errechnet für das Speicherbecken eine nur minimale Versickerungsfähigkeit, d.h. der unmittelbare Nachstrom aus Grundwasser in das Speicherbecken ist vermutlich eher gering zu bewerten. Der Einfluss des Grundwassernachstroms wurde daher in der Bewertung der vorhandenen Wasserquantität im Rahmen der Studie nicht angesetzt.

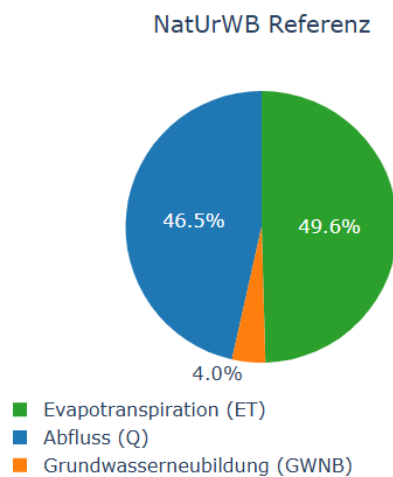


Abbildung 6: Naturnahe Urbane Wasserbilanz

Auch die Bodenübersichtskarte der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe¹¹ zeigt im Bereich des Speicherbeckens und auch im Großteil des Einzugsgebietes einen eher sandigen/ schluffigen Untergrund mit maximal mittleren, eher geringen Durchlässigkeiten, was sowohl den Zustrom aus dem Grundwasser als auch die Versickerung in das Grundwasser vernachlässigbar erscheinen lässt.

¹⁰ www.naturwb.de

¹¹ BGR, Bodenübersichtskarte

<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

4.5 Art der Entnahme

Die Wasserentnahme aus dem Speicherbecken kann auf verschiedenen Wegen erfolgen, bspw. mittels Entnahmeturm, Entnahmebauwerk mit Rechen oder einem Ansaugsieb.

Entnahmeturm

Im Fall von Entnahmetürmen stehen diese auf dem Grund des Gewässers. Am Entnahmekopf wird unter Wasser bspw. eine Lochblechverkleidung installiert, an welcher kleine Eintrittsöffnungen das Eindringen von groben Verunreinigungen verhindern. Eine Entnahmeleitung befördert das Wasser mittels natürlichen Druckausgleichs zu einer Rohwasser-Pumpstation am Ufer. Diese Art der Entnahme wird bspw. von der Bodensee-Fernwasserversorgung im Rahmen der Entnahme aus dem Bodensee praktiziert.

Entnahmebauwerk

Bei einem Entnahmebauwerk handelt es sich um ein Bauwerk mit Einlaufkammer und Rechen, welches am Ufer errichtet wird. Die genaue Auslegung (Länge, Dimensionierung) des Entnahmebauwerkes hat insbesondere unter Beachtung des Fischschutzes sowie des minimalen Wasserstandes im Gewässer zu erfolgen.

Die Fischfauna ist grundsätzlich zu schützen, was insbesondere bzgl. des Stababstandes des Rechens und der Anströmungsgeschwindigkeit zu berücksichtigen ist. Der Verband Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler¹² empfiehlt für Wasserkraftanlagen eine Kombination aus einem schräg angeströmten 10-mm-Horizontalrechen und einem schachtartigen Bypass, der sich am abströmigen Ende des Rechenfeldes befindet und die gesamte Höhe der Oberwassersäule erfasst. Weiterhin sollte die Anströmungsgeschwindigkeit von 0,28 m/s nicht überschritten werden. Damit wird gewährleistet, dass die Fischfauna sich eigenständig vom Rechen entfernen kann.

Unter Berücksichtigung der Baukosten, des Umfangs der Eingriffe und des geringeren Wartungsaufwands wird oft, insbesondere im Rahmen von Flusswasserwerken, eine kompakte Gestaltung des Entnahmebauwerks bevorzugt. Ein Einlaufbereich, bei dem das Wasser über die gesamte Rechenanlage in die Leitungen fließt, gewährleistet in diesen Fällen eine verbesserte hydraulische Sicherheit. Zudem wird die Flexibilität erhöht, da die Instandhaltung der Leitungen und des Rechens unabhängig voneinander ausgeführt werden kann.

Als Rechenart kommen üblicherweise Horizontalrechen, Trommelrechen und Vertikalrechen in Betracht. Unter Berücksichtigung des Unterhaltes der Anlage, des Eingriffs in den Uferbereich sowie der Belange des Fischschutzes wird in fließenden Gewässern oft ein Trommelrechen gegenüber anderen Rechenarten (Horizontal- oder Vertikalrechen) favorisiert. Für den Fall des (nicht fließenden) Speicherbeckens würde sich - bei Wahl eines Entnahmebauwerks - nach Rücksprache mit Anlagenherstellern¹³ jedoch eher eine Einlaufkammer mit Vertikalrechen und Rechenreiniger (siehe Abbildung 7) empfehlen. Die Art des Rechens sollte kein Hakenumlaufrechen darstellen, weil dieser im Wartungsfall komplett ausgebaut werden muss. Das Rechen und die Reinigung sollte getrennt werden, wozu sich eine teleskopierbare Rechenreinigungsmaschine anbietet. Das Rechengut wird abgeworfen und aufgrund der nur gering zu erwartenden Menge manuell in einen Container gebracht.

¹² VDFF-Fachinformation (2018)

¹³ Gesellschaft für Planung, Maschinen- und Mühlenbau Erhard Muhr mbH, Brannenburg
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi



Abbildung 7: Entnahmebauwerk mit Vertikalrechen (Beispiel)

Ansaugsieb

Ansaugsiebe bestehen aus zwei Einheiten, einem Einlaufsieb und einer druckluftbetriebenen Reinigungseinheit (siehe Abbildung 8). Beide Teile können als „Plug-and-Play“-System geliefert werden. Passive Ansaugsiebe sind so konzipiert, dass die maximale Schlitzgeschwindigkeit 0,15 m/s nicht übersteigt. Dies ist die maximale Geschwindigkeit, mit der ein Jungfisch umkehren und wegschwimmen kann, ohne auf das Sieb zu treffen. Die Siebe können an die Geschwindigkeitsanforderungen der jeweiligen Anwendung angepasst werden. Dies, kombiniert mit einer Variabilität an Schlitzgrößen (zwischen 2 und 10 mm), bestimmt die Größe des Siebes. Darüber hinaus führen die große offene Fläche und die niedrigen Geschwindigkeiten zu einem sehr geringen Druckverlust.



Abbildung 8: Ansaugsiebe zur Wasserentnahme (Beispiel Fa. Johnson Offshore Intake System - JOIST™)

Die Ausführung kann auch als Halbsieb ausgeführt werden, was sich in deutlich geringeren Wassertiefen, wie dem Speicherbecken, anbietet. Die passiven Siebe benötigen einen Freiraum von etwa einem halben Durchmesser um das Sieb herum. Das Halbsieb liegt flach auf dem Boden und benötigt nur den oberen Freiraum.

Mit der Zeit sammeln sich auf der äußeren Sieboberfläche Schmutzpartikel an. Mittels Rückspülsystemen (siehe Abbildung 9) werden die Ansaugsiebe von Schmutz gereinigt. Dafür wird innerhalb weniger Sekunden regelmäßig eine entsprechende Menge Druckluft durch die Unterseite des Siebes ausgestoßen. Die Luft verdrängt das Wasser im Sieb, das anschließend in entgegengesetzter Strömungsrichtung durch die Sieböffnungen gepresst wird, gefolgt von der Druckluft. Durch ihren Auftrieb verteilt die Luft die Ablagerungen im Wasser und sorgt so für eine kontinuierliche Funktion des Siebes. Die natürliche Wasserströmung um das Sieb herum verhindert, dass sich die Partikel wieder auf dem Sieb absetzen. Durch den Einsatz eines programmierbaren Zeitschaltsystems und eines automatisierten SPS-Systems, ist es möglich, die Siebe im automatischen und/oder manuellen Modus zu reinigen.

Komponenten:

A : Kompressor(en)

B : Windkessen

C : Schalttafel

D : Grundrahmen

– alle miteinander
verbunden –

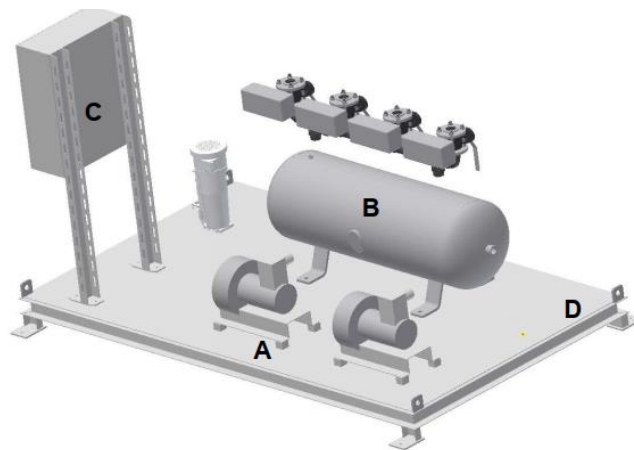


Abbildung 9: Reinigungseinheit - Hydroburst™

Vorzugsvariante

In dieser Studie wird als Vorzugsvariante für die Art der Entnahme ein Ansaugsieb gewählt. Dies ergibt sich aus den vorliegenden Rahmenbedingungen, wobei sich insbesondere folgende Vorteile in der Verwendung eines Ansaugsiebes gegenüber einem Entnahmebauwerk ergeben:

- Kein Anfall von Rechengut, für welches ein zusätzliches Entsorgungskonzept aufzustellen wäre (regelmäßige Entfernen, Lagerung und Entsorgung des anfallenden Rechengutes)
- Durch die Siebung findet die erste mechanische Aufbereitungsstufe (vor allem Reduzierung des Anteils der abfiltrierbaren Stoffe) bereits im Speicherbecken statt.
- Der Schutz der Fischfauna ist sehr ausgeprägt, da aufgrund der geringen Anströmgeschwindigkeit und des engen Siebes keine Fische angesaugt bzw. in das Sieb gezogen werden.

In dieser Studie wird als favorisierte Art der Entnahme für die Menge von 3,57 Mio. m³ Rohwasser pro Jahr aus dem Speicherbecken ein Ansaugsieb als Halbsieb (siehe Abbildung 10) betrachtet. Die Auslegung erfolgt gemäß nachfolgender Tabelle 5:

Tabelle 5: Auslegung Ansaugsieb zur Entnahme

Anzahl Siebe	3
Durchflussmenge pro Sieb	135 m ³ /h
Material	Edelstahl 316/316L
Öffnung des Schlitzes	5 mm
Maximale / durchschnittliche Schlitzgeschwindigkeit	0,15 / 0,135 m/s
Art des Wasserauslasses	Schwerkraft
Höchste Wassertiefe	2 m
Geringste Wassertiefe	1 m

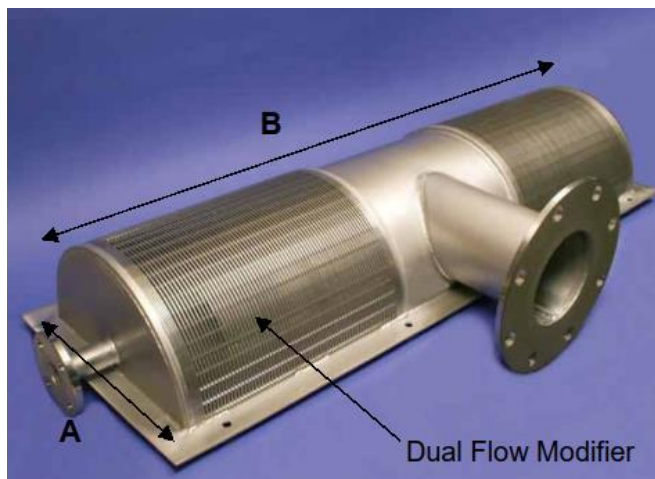


Abbildung 10: Passiver Einlauf Half-T-Type - Johnson Screen

Für die Montage des Ansaugsiebes wird eine wasserdichte Baugrubenumschließung mittels Spundwänden erforderlich. Teile des Spundwandverbau verbleiben ggf. im Boden und bilden eine Art Einfassung eines Geschieberaums. Dazu würde die Spundwand nach Errichtung des Siebes auf Höhe der Sohle abgebrannt werden. Das Baugrubenkonzept ist mit einem Tragwerksplaner entsprechend abzustimmen.

Von den Ausgassieben erfolgt mittels Schwerkraft eine Zuleitung in eine Pumpenkammer, welche sich in unmittelbarer Nähe des Ufers befindet. Die Pumpenkammer ist so auszulegen, dass diese bei minimalen Wasserstand des Speicherbeckens immer gefüllt ist. Eine Saugleitung beinhaltet zwei Saugstutzen, eine Ringleitung zu den Saugflanschen der Rohwasserpumpen sowie Klappen, um unterschiedliche Betriebszustände abbilden zu können. Unter der Gewährleistung einer Redundanz wird von mindestens drei Pumpen ausgegangen, von denen zwei regelmäßig im Betrieb sind.

Bei den Rohwasserpumpen werden trocken aufgestellte, horizontale Kreiselpumpen in Grundplattenausführung favorisiert. Antriebsmotor und Pumpeneinheit sollten als separate Maschinenaggregate konzipiert und gemeinsam auf einem verwindungssteifen Grundrahmen montiert werden. Die angenommen grundsätzlichen Auslegungsdaten sind in Tabelle 6 zusammengefasst:

Tabelle 6: Grundausslegung Rohwasser-Pumpwerk

Anzahl Pumpen	3, davon 2 in Betrieb, 1 Redundanz
Pumpentyp	Kreiselpumpe, Trockenaufstellung
Förderstrom	205 m ³ /h je Pumpe
Förderhöhe	Mindestens 15 mWS

Die Druckleitungen werden über Rückschlag- und Absperrklappen in eine Ringleitung und anschließend in die Rohwasser-Leitung geführt.

Betrachtung Maximal-Szenario

Im Maximal-Szenario ist die Entnahme auf eine andere Weise zu gestalten. Die Lösung der Ansaugsiebe wäre bei der Menge von 20 Mio. m³ im Jahr alleine aus Platzgründen nicht umzusetzen und auch technisch nicht sinnvoll. Hierfür wäre ein Einlaufbauwerk mit Rechenanlage (wie unter „Entnahmebauwerk“ beschrieben) vorzusehen, was aufgrund der notwendigen bautechnischen Maßnahmen sowie der Rechenanlage mit deutlich höheren Kosten als im Falle der Ansaugsiebe verbunden ist.

4.6 Entnahmestellen

Im Rahmen einer Orts-Begehung wurden mehrere potenzielle Entnahmestellen begutachtet. Eine Übersicht ist aus Abbildung 11 ersichtlich.

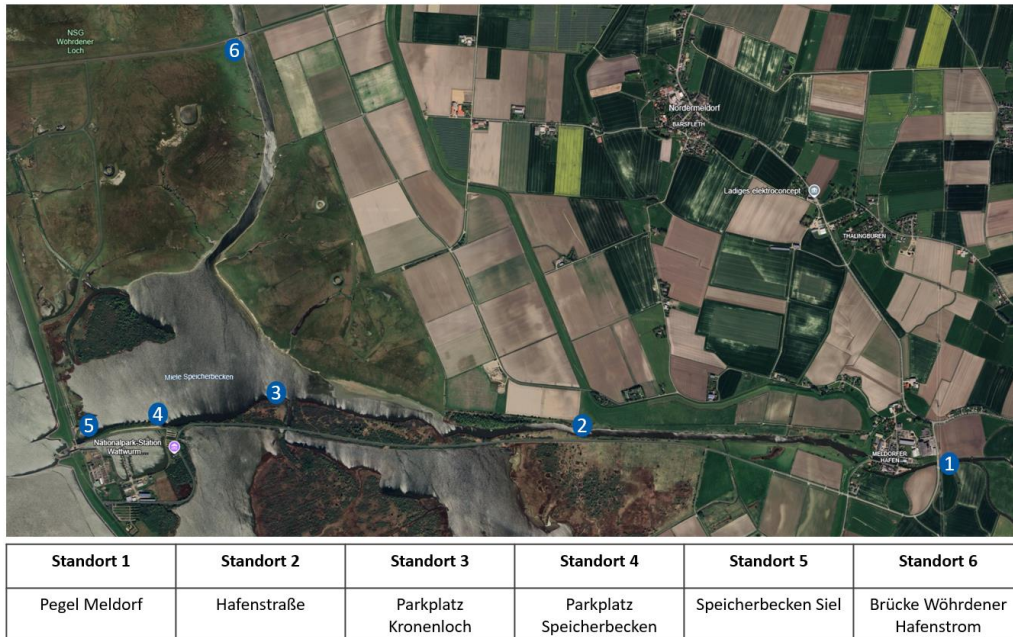


Abbildung 11: Übersicht potenzielle Entnahmestellen (Quelle: google.earth)

Um eine favorisierte Stelle für die Entnahme und die Rohwasser-Pumpstation zu identifizieren, wurden insbesondere folgende Parameter in eine qualitative Bewertung aufgenommen (siehe Tabelle 7):

- Platzverfügbarkeit
- Einschränkungen durch sonstige Nutzungen
- Eingriff in die Natur
- Vorhandene Infrastruktur (verkehrliche Anbindung, Medien, weitere)
- Wasserstand im Uferbereich

Zum Zeitpunkt der Begehung (18.03.2025) betrug der Wasserstand am Pegel Meldorf-Sperrwerk 364 cm. Der Abfluss am Pegel Meldorf lag bei 1,436 m³/s.

Tabelle 7: Bewertungsmatrix zur Eruierung favorisierte Entnahmestelle

Kriterium	Gewichtung	Standort 1		Standort 2		Standort 3	
		Punkte	Pegel Meldorf	Punkte	Hafenstraße	Punkte	Parkplatz Kronenloch
Platzverfügbarkeit	20%	4	Angrenzende Wiese bietet Platz, Höhenunterschied Entnahme zu Pumpstation	4	Vorhanden, Höhenunterschied zur Uferlinie	5	Vorhanden, kein Höhenunterschied zur Uferlinie
Einschränkungen durch sonstige Nutzungen	10%	4	Betrieb Pegelstation, Einschränkung Brückenbereich	5	keine sonstigen Nutzungen	5	keine sonstigen Nutzungen
Eingriff in Natur	25%	5	nicht vorhanden, da an Brücke angrenzend	2	Großer Eingriff, da bisher keine Bebauung vorhanden	1	Großer Eingriff, da bisher keine Bebauung vorhanden
Vorhandene Infrastruktur (verkehrliche Anbindung, Medien, Bauablauf)	20%	5	Straße, Zuwegung, Medien durch Nachbarbebauung gegeben, keine negativen Auswirkungen auf Bauablauf zu erwarten	3	Anbindung an Hafenstraße	2	Hohe Entfernung zur Hafenstraße, großer Eingriff in Natur während Bauausführung
Wasserstand im Uferbereich	25%	4	geringfügige Schwankungen, tendenziell Gefahr des Rückflusses	3	Jahreszeitliche Schwankungen des Zuflusses zu erwarten	5	konstant
Punktzahl		4,5		3,2		3,4	

Kriterium	Gewichtung	Standort 4		Standort 5		Standort 6	
		Punkte	Parkplatz Speicherbecken	Punkte	Speicherbecken Siel	Punkte	Brücke Wöhrdener Hafenstrom
Platzverfügbarkeit	20%	4	Vorhanden, Höhenunterschied zur Uferlinie	3	Eingeschränkt, Höhenunterschied zur Uferlinie	4	Vorhanden, Höhenunterschied zur Uferlinie
Einschränkungen durch sonstige Nutzungen	10%	4	Stellt Übergang von "Surfer-Zone" dar, keine negative Beeinflussung des angrenzenden Parkplatzes	3	Sielbetrieb, Einschränkung durch Parkplatz, Gastronomie	4	Einschränkung Brückenbereich
Eingriff in Natur	25%	5	geringster Eingriff, da Infrastruktur (Parkplatz) bereits vorhanden	5	geringster Eingriff, da Infrastruktur (Parkplatz) bereits vorhanden	3	Hoher Eingriff, da bisher kaum Bebauung vorhanden
Vorhandene Infrastruktur (verkehrliche Anbindung, Medien, Bauablauf)	20%	5	Anbindung über Parkplatz gegeben, Anschluss an vorhandene Medien umsetzbar	5	Anbindung über Parkplatz gegeben, Anschluss an vorhandene Medien umsetzbar	3	Anbindung an Straße
Wasserstand im Uferbereich	25%	5	konstant	5	konstant	3	Jahreszeitliche Schwankungen des Zuflusses zu erwarten
Punktzahl		4,7		4,4		3,3	

- 1 = erfüllt die Anforderungen bedingt
2 = erfüllt die Anforderungen in wenigen Teilen
3 = erfüllt die Anforderungen teilweise
4 = erfüllt die Anforderungen größtenteils
5 = erfüllt die Anforderungen vollständig

Nach Abwägung der Standorte mit den dargestellten Kriterien wird der Standort 4 „Parkplatz Speicherbecken“ als Vorzugsvariante behandelt. Der Standort zeichnet sich insbesondere durch den geringsten Eingriff in die Natur, eine Anbindung an vorhandene Infrastruktur sowie einen konstanten Wasserstand im Uferbereich aus (siehe Abbildung 12).



Abbildung 12: Favorisierter Standort zur Entnahme - Parkplatz Speicherbecken

5 Versorgungspipeline

Das entnommene Rohwasser muss für die Verwendung im Elektrolyseur zunächst von der Entnahmestelle bis zur Wasseraufbereitung und dann zu dem Elektrolyseur transportiert werden. Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden zu diesem Zwecke verschiedene Varianten der Leitungsführung geprüft. Vor Betrachtung der Varianten wurde auch überprüft, ob Eingriffe in ein Naturschutzgebiet erforderlich werden. Die Untersuchung hat jedoch ergeben, dass die Trassen – bis auf den Abschnitt entlang der Hafenstraße nach Meldorf - außerhalb von Schutzgebieten liegen.

5.1 Bemessung der Versorgungspipeline

Um die Versorgungspipeline normgerecht dimensionieren zu können, ist die Entnahmemenge ausschlaggebend. Diese ist mit 3.570.000 m³/Jahr festgelegt. Für diese Menge stellt eine Leitung mit DN 400 und einem Gefälle von 0,5 % eine angemessene Dimensionierung dar. Bei einer maximalen Fördermenge von 20 Mio. m³/Jahr ist jedoch eine Nennweite von DN 800 mit einem Gefälle von 0,5 % zu wählen. In Tabelle 8 sind die Auslegungsdaten zusammengefasst.

Das Mindestgefälle beträgt 1:DN. Für unsere geprüften Rohrleitungsnennweiten DN 400 und DN 800 beträgt das Mindestgefälle jeweils 0,25 und 0,125. Es wurde ein etwas höherer Wert als Mindestwert gewählt, dieser ist für die gesamte Strecke konstant gehalten.

Je nachdem, welche der Entnahmemengen im Umsetzungsfall als bemessungsrelevant angesetzt werden soll, kann für die Planung entsprechend eine DN 400 oder DN 800 Beton Leitung im Freigefälle vorgesehen werden. Beton wurde aus Kosteneffizienzgründen gewählt, da andere Materialien in den großen Nennweiten ein höheres Preisniveau aufweisen.

In den vorliegenden Varianten für die Leitungsverlegung wurde die Betonleitung im Freigefälle vorgesehen. Alle 80 Meter wurden Revisionsschächte vorgesehen, um eine Instandhaltung und Spülung zu ermöglichen. Außerdem wurden entlang der Routen mehrere Hebeanlagen eingeplant, um das Wasser in regelmäßigen Abständen auf ein Niveau zu heben, von dem aus es im Freigefälle weiter fließen kann.

Tabelle 8: Dimensionierung Trasse für Grundsystem und Maximal-Szenario (Eigene Darstellung)

Entnahme-menge	Qt	Qt	ΣQt	DN	Gefälle	Qv	Vv	Qt/Qv
[m ³ /a]	[m ³ /h]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[‰]	[l/s]	[m/s]	[%]
3.570.000	407	110	110	400	5	148	1,18	74
20.000.000 Maximal-Szenario	2283	634	634	800	5	925	1,84	69

Die in den folgenden Abschnitten dargestellten Varianten können entweder in der oben beschriebenen Betonbauweise in Freigefälle realisiert werden oder aber als Druckleitung umgesetzt werden. Eine Druckleitung ist für die Verteilung von Trinkwasser üblich. Durch die hohe Fördermenge und die lange Leitungsführung erscheint das Vorgehen hier jedoch nicht optimal. In der Tabelle 9 können die Berechnungen eingesehen werden, die vorgenommen wurden, um zu prüfen, welche Anforderungen an eine Druckleitung gestellt werden müssten. Je nach Material und Nennweite der gewählten Leitung, variieren die Viskosität und der Druckverlust innerhalb der Leitungen. Betrachtet wurden GRP-Rohre (glasfaserverstärkter Kunststoff), Stahlleitungen und HDPE-Rohre (hochverdichtetes Polyethylen). Die Viskosität sollte bei etwa 1m/s liegen, um eine ideale Fließfähigkeit zu gewährleisten.

Tabelle 9: Dimensionierung Trasse für Druckleitungen (eigene Darstellung nach DIN 1986-100)

Variant 1 Pipe length = 18.7km			Variant 2 Pipe length = 16.8km			Variant 3 Pipe length = 13.0km		
	V (m/s)	ΔPf(m)		V (m/s)	ΔPf(m)		V (m/s)	ΔPf(m)
GRP DN 600 PN16	0.39	4.23	GRP DN 600 PN16	0.39	3.80	GRP DN 600 PN16	0.39	2.94
Steel DN 600 Sch 80	0.47	6.71	Steel DN 600 Sch 80	0.47	6.03	Steel DN 600 Sch 80	0.47	4.67
HDPE DN 630 PN16	0.53	9.01	HDPE DN 630 PN16	0.53	8.09	HDPE DN 630 PN16	0.53	6.26
GRP DN 400 PN16	0.87	29.69	GRP DN 400 PN16	0.87	26.67	GRP DN 400 PN16	0.87	20.64
Steel DN 400 Sch 80	0.97	38.87	Steel DN 400 Sch 80	0.97	34.92	Steel DN 400 Sch 80	0.97	27.02
GRP DN 350 PN16	1.14	56.44	GRP DN 350 PN16	1.14	50.71	GRP DN 350 PN16	1.14	39.24
Steel DN 350 Sch 80	1.27	74.27	Steel DN 350 Sch 80	1.27	66.72	Steel DN 350 Sch 80	1.27	51.63
HDPE DN 400 PN16	1.32	81.05	HDPE DN 400 PN16	1.32	72.81	HDPE DN 400 PN16	1.32	56.34
Steel DN 300 Sch 80	1.54	117.62	Steel DN 300 Sch 80	1.54	105.67	Steel DN 300 Sch 80	1.54	81.77
GRP DN 300 PN16	1.54	118.78	GRP DN 300 PN16	1.54	106.71	GRP DN 300 PN16	1.54	82.57
HDPE DN 355 PN16	1.68	144.65	HDPE DN 355 PN16	1.68	129.95	HDPE DN 355 PN16	1.68	100.56
HDPE DN 315 PN16	2.13	259.18	HDPE DN 315 PN16	2.13	232.85	HDPE DN 315 PN16	2.13	180.18

Die Berechnungen zeigen, dass für eine Ausgestaltung als Druckleitung eine DN 400 Stahlleitung in Frage käme. Um für diese Umsetzung jedoch eine ausreichende Fließgeschwindigkeit („V“) sicher stellen zu können, wird eine Förderhöhe („ΔP“) von ca. 35 m bis 39 m – in Abhängigkeit von der gewählten Variante – erforderlich. Die Stahlleitung an sich ist außerdem teurer als die Betonleitung. Bei dem Materialwechsel sind keine Schächte und Hebeanlagen entlang der Trasse notwendig, es würde jedoch eine insgesamt sehr hohe Förderhöhe Voraussetzung sein.

Im Zuge einer Vorplanung gemäß HOAI ist festzulegen, welche Variante bevorzugt werden soll. Diese Studie liefert einen ersten Überblick über die verschiedenen denkbaren Optionen.

Im Folgenden werden nun drei verschiedene Routenführung dargestellt. Diese wurden aufgrund geographischer Gegebenheiten, Streckenlänge und Herausforderungen im Bauablauf miteinander verglichen. Alle Varianten können entweder als Freigefälle Betonleitung oder Stahl Druckleitung ausgeplant werden.

5.2 Variante 1

Die erste Routenführung, die im Zuge der Studie geprüft wurde, ist 18,7 km lang. Als Entnahmestelle ist der „Parkplatz Speicherbecken“ festgelegt. Die genaue Verortung kann der Abbildung 13 entnommen werden (grüner Punkt). Als Ort der Aufbereitung kommt der „Standort Pegel Meldorf“ (türkiser Punkt) in Betracht.

Diese Route verläuft entlang öffentliche Straßen. Sie kreuzt u.a. die Gemeinden Nordermeldorf (Thalingburen und Barsfleth), Wöhrden (Kettelsbüttel) und Lieth. Die Leitung verläuft dabei 9 km parallel zur Landesstraße L153. In dieser Variante wird das Vorbehandlungsgebiet in Meldorf angenommen. Landwirtschaftliche Flächen und Bäume werden auf dieser Strecke nicht beeinträchtigt.

In der Variante 1 kreuzt die Versorgungspipeline diverse Gemeinden. Hier kann die Option einer Wassernutzung im Bedarfsfall geprüft werden, um mögliche Symbiosen mit der Planung zu nutzen. Hochwasserrisiken sind in diesem Gebiet nicht zu erwarten.

Nachteilig an der Variante ist die Tatsache, dass die Strecke länger ist, als die anderen Varianten und dadurch mehr Bauzeit erfordert. Bauarbeiten werden außerdem direkt neben bzw. unterhalb der Hauptverkehrsstraßen stattfinden, so dass der Verkehr behindert werden könnte. Umleitungen wären eine denkbare Option, um während der Bauzeit einen geordneten Verkehrsfluss sicherzustellen.



Abbildung 13: Trassenführung Pipeline - Variante 1

5.3 Variante 2

Die zweite Routenführung, die im Zuge der Studie geprüft wurde, ist 16,8 km lang. Als Entnahmestelle ist auch hier der „Parkplatz Speicherbecken“ vorgesehen. Die genaue Verortung kann der Abbildung 14 entnommen werden (grüner Punkt). Als Ort der Aufbereitung kommt der „Standort Pegel Meldorf“ in Betracht (türkiser Punkt).

Auf dieser Strecke kreuzt die Leitung die Gemeinden Thalingburen, Epenwörden und Hemmingstedt.

Die Leitung führt hierbei genau durch das Ortszentrum von Hemmingstedt. Auch hier sollte die Option einer Wassernutzung durch die betroffenen Gemeinden geprüft werden, um vorteilhafte Lösungen für alle Stakeholder voll ausschöpfen zu können. Generell muss bei einer Kreuzung des Ortskern von Hemmingstedt jedoch auch auf die Beeinträchtigung der lokalen Geschäfte und Anwohner geachtet werden. Wenn eine

Kreuzung keinerlei Vorteile für die betroffene Gemeinde bietet, sind die Kosten größer als der Nutzen.

Die zweite Leitungsführung verläuft auf einer Länge von fast 9 km neben bzw. unterhalb der Bundesstraße B5 und teilweise unterhalb der Landesstraße L153.

Graben, Naturschutzgebiete oder landwirtschaftliche Flächen werden nicht beeinträchtigt. Hochwasserrisiken sind in diesem Gebiet ebenfalls nicht zu erwarten.

Variante 2 folgt größtenteils der B5 und ist im Verlauf dadurch geradlinig, so dass der Bau in der Umsetzung technisch unkritisch ist. Auch hier werden Umleitungen während der Bauphase erforderlich werden, da die Route sich an den Hauptverkehrsstraßen orientiert.

Diese Route wird den Straßen folgen, aber zwischen Thalingburen und Epenwörden auf einer Strecke von 1,3 km durch eine Grünfläche verlaufen. Eine Klärung der Interessen des Eigentümers muss hier somit zwingend erfolgen.



Abbildung 14: Trassenführung Pipeline - Variante 2

5.4 Variante 3

Die dritte Routenführung, die im Zuge der Studie geprüft wurde, ist 13 km lang. Als Entnahmestelle ist hier ebenfalls der „Parkplatz Speicherbecken“ angelegt. Die genaue Verortung kann der Abbildung 15 entnommen werden (grüner Punkt). Als Ort der Aufbereitung wäre hier jedoch das Gebiet um Lieth anvisiert (türkiser Punkt), da bei dieser Routenführung der möglichst direkte Weg genommen wird und damit der potenzielle Aufbereitungsort am Melderder Hafen nicht passiert wird.

Bei der dritten Routenführung wird die Pipeline auf einem sehr kurzen Stück entlang der Straßen K28 und der L153 verlaufen. Größtenteils verläuft die Routenführung hier nicht entlang von Straßen, so dass die Bauphase den Verkehr nur wenig beeinträchtigen wird. Die Planung enthält lediglich eine Querung der Leitung Straßen L238 und L153. Neben der geringeren verkehrlichen Beeinflussung stellt die Variante 3 auch die kürzeste Route dar. Hochwasserrisiken sind in diesem Gebiet ebenfalls nicht zu erwarten.

Ein Nachteil im Vergleich zu den anderen beiden Varianten ist, dass die Versorgungspipeline hier diverse Grünflächen und Baumbestände kreuzt oder beeinträchtigt. Diese Route wird hinter Barsfleth in Richtung Hemmingstedt verlaufen und eine dortige Grünfläche auf einer Strecke von etwa 4 km durchkreuzen. Eine Klärung der Interessen aller Eigentümer muss hier somit zwingend erfolgen.

Diese Route führt darüber durch ein Gebiet mit Windkraftanlagen. Die baulichen Anforderungen in dem Bereich sind mit den Behörden zu klären, da hier ggf. Sonderregelungen greifen.

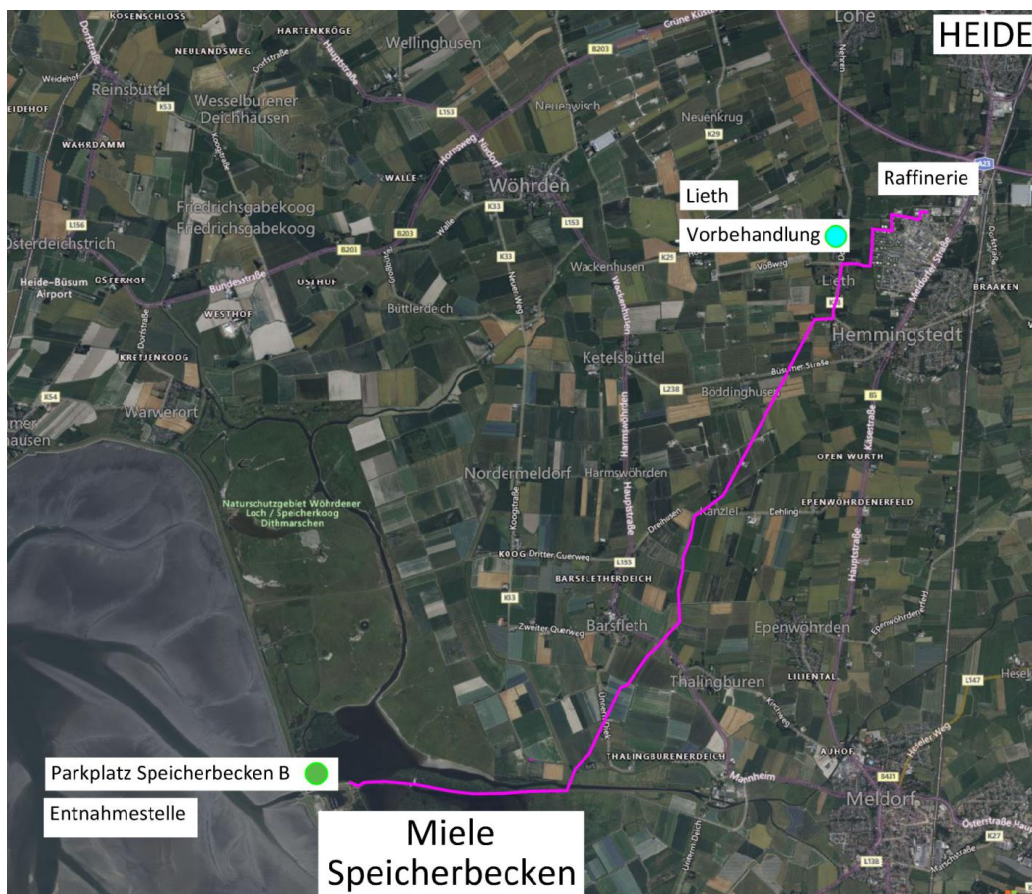


Abbildung 15: Trassenführung Pipeline - Variante 3

5.5 Gegenüberstellung Leitungsverlaufsoptionen und bauliche Abwicklung

Die verschiedenen Trassenverläufe bieten jeweils sowohl Vor- als und Nachteile: Länge der Leitung, Bauzeit und -kosten, betroffene Stakeholder und ihre Interessen variieren zwischen den verschiedenen Varianten. Um eine finale Entscheidung treffen zu können, sollten in einer weiteren Ausplanung zunächst die Stakeholder befragt werden, um zu eruieren, welche der Varianten sich in Bezug auf die Genehmigungsfähigkeit und die Eigentümeransprüche umsetzen lässt. Nachdem die generelle Umsetzbarkeit geklärt ist, müssen die Kosten und Nutzen der einzelnen Varianten noch einmal bewertet werden, um die bestmögliche Routenführung zu wählen. Hierbei sollte dann auch noch einmal ein Augenmerk auf die Materialwahl und die Entscheidung zwischen Freigefälle und Druckleitung gelegt werden.

Die wesentlichen Kennzahlen der einzelnen Varianten können zusammenfassend der nachstehenden Tabelle 10 entnommen werden.

Tabelle 10: Zusammenstellung wesentlicher Kennzahlen der Varianten im Freigefälle - Grundsystem

Variante 1								
Länge (km)	Länge (m)	Leitung Nennweite (mm) Normale- Menge	Leitung Nennweite (mm) Max-Menge	Anzahl Haltungen	Straßenübergänge	Baumbereich/ Baumschnitt		
18,7	18711	400	800	234	8	3		

Variante 2								
Länge (km)	Länge (m)	Leitung Nennweite (mm) Normale- Menge	Leitung Nennweite (mm) Max-Menge	Anzahl Haltungen	Straßenübergänge	Baumbereich/ Baumschnitt		
16,8	16873	400/600	800	211	11	3		

Variante 3								
Länge (km)	Länge (m)	Leitung Nennweite (mm) Normale- Menge	Leitung Nennweite (mm) Max-Menge	Anzahl Haltungen	Straßenübergänge	Baumbereich/ Baumschnitt	Windkraftanlagen (kann mit mehr Länge vermieden werden)	Grünflächen überqueren (kann mit mehr Länge vermieden werden)
13	13327	400	800	167	8	3	1	5

Aus diesen Kennzahlen kann eine überschlägige Kostenprognose (Tabelle 11) für die erwartete Entnahmemenge abgeleitet werden. Die maximale Fördermenge und die daraus resultierende DN800 Leitung sind nicht Teil der überschlägigen Kostenschätzung der vorliegenden Studie. Die tatsächlichen Kosten im Sinne einer Kostenberechnung nach Leistungsphase 3 HOAI können erst im Zuge der weiteren Ausplanung aktualisiert und konkretisiert werden. Diese ersten Zahlen sollen zunächst eine Orientierung für die zu erwartenden Baukosten darstellen und beziehen sich auf die Variante der Freigefälleleitung in Betonbauweise.

Tabelle 11: Kostenprognose Varianten für die Betonbauweise – Grundsystem

	Kosten Leitungen DN 400 inkl. Erdbau (Annahme 3m Tiefe)	Kosten Schächte DN 1000 inkl. Erdbau bei 3m Tiefe	Kosten Hebeanlagen	Gesamtkosten
Variante 1	11.002.070 €	1.535.725 €	900.000 €	13.437.795 €
Variante 2	9.921.325 €	1.385.420 €	1.200.000 €	12.506.745 €
Variante 3	7.836.276 €	1.097.880 €	900.000 €	9.834.156 €

Die Variante 3 ist die kostengünstigste Variante, da sie auch die kürzeste Routenführung darstellt. Hier werden die Materialkosten somit geringer ausfallen als bei den anderen beiden Varianten. Die Ausführung an sich kann aber durch die Grünflächen und deren Besitzverhältnisse durchaus herausfordernder oder auch zeitintensiver sein als bei den anderen Varianten der Versorgungspipeline. Eine direkte Schlussfolgerung von den Grobkosten auf die Vorzugsvariante sollte daher nicht getroffen werden. Für die Studie wird als Vorzugsvariante die Variante 2 weiter betrachtet, da diese den favorisierten Aufbereitungsort kreuzt (siehe 6.1.1.2) und kürzer ist als Variante 1.

6 Wasseraufbereitung

Für den Betrieb von Elektrolyseuren ist Reinstwasser mit hoher Qualität erforderlich. Dieses muss weitgehend frei von gelösten und suspendierten Stoffen sein, um Korrosion, Membranbelastungen und Effizienzverluste im Elektrolyseprozess zu vermeiden. Detaillierte Angaben zu den Anforderungen an die Wasserqualität sowie zu den entsprechenden Grenzwerten sind bereits in Abschnitt 4.1 dargestellt.

Industriell bewährt und weit verbreitet ist die Umkehrosmose als zentrale Technologie zur Reinstwasserherstellung. Darüber hinaus steht mit der thermischen Membrandestillation ein weiteres Verfahren als Alternative zur Verfügung. Beide Pfade basieren auf membrantechnologischen Verfahren, unterscheiden sich jedoch grundlegend in ihrer physikalisch-chemischen Wirkweise. Während die Umkehrosmose auf einem druckgetriebenen Membrantrennverfahren basiert, nutzt die Membrandestillation thermische Energie zur Verdampfung und die anschließende Kondensation des Wassers über eine Membran. Beide Varianten werden in dieser Studie dargestellt, wobei insbesondere die Vor- und Nachteile, die Wasserbilanz und die Ausbeutungsraten sowie der Platzbedarf detailliert betrachtet werden.

6.1 Aufbereitungspfad

6.1.1 Variante 1 – Umkehrosmose

Die Umkehrosmose (UO) ist ein druckgetriebenes Membranverfahren zur Reinstwasserherstellung. Gelöste Salze, Mikroorganismen und organische Verunreinigungen werden durch eine halbdurchlässige Membran zurückgehalten. Diese Anwendung ist in der Industrie weit verbreitet und gilt als technologisch ausgereift, insbesondere im Kontext der Wasseraufbereitung für Elektrolyseprozesse. Ein wesentlicher Vorteil der UO liegt in ihrer hohen Rückhalterate bei relativ geringem Energiebedarf. Nachteilig ist jedoch ihre Empfindlichkeit gegenüber Membranverblockung durch Eisen-, Mangan- oder organische Stoffe, weshalb eine aufwändige Vorbehandlung des Rohwassers erforderlich ist. Diese umfasst mechanische, chemische und physikochemische Schritte wie Rechenanlagen, Flockung und Tiefenfiltration. Die UO bietet somit eine zuverlässige, aber voraussetzungsreiche Lösung für die Reinstwasserproduktion.

6.1.1.1 Verfahrenstechnische Beschreibung

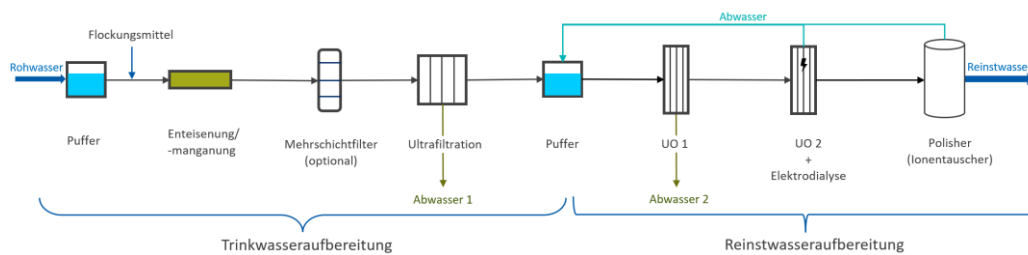


Abbildung 16: Verfahrensfliessbild - Variante 1 (Umkehrosmose)

Abbildung 16 zeigt die zentralen Prozessschritte von der Rohwasserentnahme bis zur Reinstwasserherstellung für die erste Variante. Das Rohwasser durchläuft dabei mehrere aufeinander abgestimmte Vorbehandlungsstufen. Ziel dieser Prozesse ist die Entfernung von Feststoffen unterschiedlicher Korngrößen sowie die Reduktion störender Inhaltsstoffe (bspw. Mikroorganismen, Bakterien), um nachfolgende Aufbereitungsverfahren zu entlasten und deren Betriebssicherheit zu gewährleisten.

Rechen (optional als zusätzliche Schutzmaßnahme)

Ein erster Schritt der mechanischen Vorbehandlung besteht in der Entfernung grober Feststoffe mittels Rechenanlagen. Je nach Anforderung und Rohwasserbeschaffenheit können unterschiedliche Rechenkonfigurationen eingesetzt werden:

- Option 1: Einsatz eines Grobrechens als alleinige Maßnahme zur Rückhaltung grober Verunreinigungen.
- Option 2: Kombination aus Grobrechen und nachgeschaltetem Mittelrechen zur gestuften Abtrennung unterschiedlich großer Partikel.
- Option 3: Alleiniger Einsatz eines Mittelrechens, sofern die Belastung mit Grobstoffen gering ist.

Grobrechen verfügen über eine Durchgangsweite von 3 bis 10 cm und dienen der Abscheidung größerer Feststoffe wie Laub, Ästen und groben Partikeln. Mittelrechen mit einer feineren Durchgangsweite von 1 bis 3 cm sind in der Regel mit automatischen Reinigungsmechanismen ausgestattet, die in festgelegten Intervallen aktiviert werden, um Ablagerungen zu entfernen und die hydraulische Leistungsfähigkeit aufrechtzuerhalten.

Zusätzlich kann im Bereich der Wasserentnahme ein Mikrosieb integriert sein. Dieses dient der Abtrennung feinerer Partikel, insbesondere von Plankton, bei der Nutzung von Oberflächenwasser aus Seen oder Talsperren. Die Maschenweite beträgt in der Regel maximal 100 µm. Gemäß dem Gespräch mit EnviroChemie sind auch Systeme mit einer Maschenweite bis zu 10 µm möglich. Das zurückgehaltene Material wird durch Spülwasser entfernt, wobei der Wasserverbrauch für die Reinigung typischerweise zwischen 1 und 5 % des Durchflusses liegt.¹⁴

Da ein wesentlicher Teil der Grobstoffe bereits durch das Ansaugsieb (vgl. Abschnitt 4.5) zurückgehalten werden, sind Rechen- und Siebanlagen in dem Fall als zusätzliche Schutzmaßnahme zu verstehen und können optional im Aufbereitungspfad integriert werden.

¹⁴ Mutschmann/Stimmelmayer, Taschenbuch der Wasserversorgung, 2019, S. 286
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

Enteisenung und Entmanganung

Vor der weiteren Aufbereitung des Rohwassers ist die Entfernung von Eisen- und Manganverbindungen erforderlich. Diese Maßnahme ist aufgrund der Überschreitung der in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) festgelegten Grenzwerte sowie auf Grundlage fachlicher Empfehlungen zur Sicherstellung einer einwandfreien Wasserqualität geboten. Die Trinkwasserverordnung legt für Eisen einen Grenzwert von 0,2 mg/l fest. Darüber hinaus empfehlen Mutschmann und Stimmelmayer in der Fachliteratur zur technischen Wasser- und Abwasserbehandlung, den Eisengehalt auf unter 0,1 mg/l zu begrenzen, um Ablagerungen und Verfärbungen im Leitungsnetz zu vermeiden.¹⁵ Die im Rahmen der Rohwasseranalytik durchgeführten Messungen ergaben Eisenkonzentrationen von 1,6 mg/l in der ersten sowie 1,1 mg/l in der zweiten Messung. Beide Werte überschreiten sowohl den gesetzlichen Grenzwert als auch die empfohlenen Richtwerte deutlich. Für Mangan beträgt der zulässige Höchstwert gemäß TrinkwV 0,050 mg/l. Die gemessenen Konzentrationen lagen bei 0,370 mg/l in der ersten und 0,303 mg/l in der zweiten Messung. Auch hier wurden die Grenzwerte signifikant überschritten.

Die Entfernung von Eisen- und Manganverbindungen, auch als Enteisenung und Entmanganung bezeichnet, dient zwei wesentlichen Zwecken: Zum einen dem Schutz nachgeschalteter Membranverfahren, insbesondere der Umkehrosmose, vor Ablagerungen und Membranverblockung. Zum anderen der Vermeidung von Verockerung, also der Ausfällung von Eisenoxiden und Mangansalzen, die zu Betriebsstörungen und Materialschäden in Rohrleitungen und Anlagenteilen führen kann. Die Enteisenung und Entmanganung erfolgt in der Regel durch Oxidation der gelösten zweiwertigen Eisen- und Manganionen mittels Sauerstoffeintrag. Dabei entstehen schwerlösliche Oxide, die anschließend durch Filtration aus dem Wasser entfernt werden.

Im Anschluss an die Entfernung gelöster Störstoffe erfolgt die Flockung, ein physikochemisches Verfahren zur Entfernung kolloidaler und feinsuspendierter Partikel sowie zur Reduktion des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC). Diese Partikel sind aufgrund gleichsinniger elektrischer Ladungen stabilisiert und können durch rein mechanische Filtration nur unzureichend entfernt werden. Die elektrostatischen Abstoßungskräfte verhindern eine Aggregation, wodurch die Teilchen in Schwebe bleiben.¹⁶

Durch Zugabe von Flockungsmitteln, in der Regel hydrolysierende Aluminium- oder Eisensalze, wird eine Destabilisierung der Partikel bewirkt. Die Salze reagieren mit Wasser und bilden Hydroxidverbindungen, an deren Oberfläche sich die Partikel anlagern. Es entstehen makroskopisch sichtbare Flocken, die sich durch verschiedene Verfahren aus dem Wasser entfernen lassen:

- Sedimentation (Absetzen unter Schwerkrafteinfluss),
- Filtration (z. B. über Tiefenfilter),
- Flotation (Auftrieb durch feine Gasblasen, meist Luft).

Die Flockung ist insbesondere dann erforderlich, wenn die nachgeschaltete Filtration eine hohe Rückhalterate erzielen soll oder wenn Membranverfahren vor übermäßiger Belastung geschützt werden müssen.

¹⁵ Mutschmann/Stimmelmayer, Taschenbuch der Wasserversorgung, 2019, S. 255

¹⁶ Mutschmann/Stimmelmayer, Taschenbuch der Wasserversorgung, 2019, S. 298

Mehrschichtfiltration

Im Anschluss an die mechanische Vorabscheidung erfolgt die Tiefenfiltration, ein zentrales Verfahren zur Abtrennung feiner suspendierter Partikel. Sie wird häufig in Kombination mit einer Flockung betrieben, wobei die Flockenbildung vor dem Filter erfolgt. Ziel ist die Entfernung von Stoffen, die durch Sedimentation oder Siebung nicht ausreichend erfasst werden können.

Je nach Anlagentyp kommen geschlossene oder offene Filtersysteme zum Einsatz:

- Geschlossene Filter (Druckfilter): Diese bestehen aus zylindrischen Stahlblechkesseln mit kreisförmiger Grundfläche und einem Durchmesser von bis zu 5 m. Sie arbeiten unter Druck und sind vollständig gekapselt.
- Offene Filter: Diese weisen eine rechteckige Grundfläche auf, mit Breiten bis zu 3 m und Längen bis zu 20 m. Sie arbeiten im Schwerkraftbetrieb und sind offen zugänglich.

Als Filtermaterialien kommen sowohl Einschicht- als auch Mehrschichtsysteme zum Einsatz:

- Einschichtfilter: Bestehen typischerweise aus einer homogenen Schicht Quarzsand. Beispiel hierfür sind klassische Sandfilter.
- Mehrschichtfilter: Diese bestehen aus einer unteren Feinkornschicht aus Quarzsand, überlagert von mehreren grobkörnigen Schichten aus leichterem Material wie Anthrazit oder Bims. Die Schichtung ermöglicht eine verbesserte Rückhaltekapazität und längere Filterstandzeiten.

Feinfilter, die ebenfalls zur Tiefenfiltration zählen, werden häufig als Vorstufe für nachgeschaltete Membranfiltrationsverfahren eingesetzt, um die Belastung der Membranen zu reduzieren und deren Lebensdauer zu verlängern.

Mehrschichtfilter erfordern eine regelmäßige Rückspülung zur Entfernung der abfiltrierten Stoffe. Dabei ist insbesondere auf die Wiederherstellung der ursprünglichen Schichtentrennung zu achten, um die Filtrationsleistung dauerhaft sicherzustellen. In Abbildung 17 sind zur Anschauung Mehrschichtfilteranlagen eines Wasserwerks dargestellt.



Abbildung 17: Mehrschichtfilteranlage eines Wasserwerks

Ultrafiltration

Als Alternative zur konventionellen Mehrschichtfiltration kann eine Ultrafiltration (UF) eingesetzt werden. Insbesondere in der Reinstwasseraufbereitung ist der Einsatz von UF-Anlagen weit verbreitet.

Bei der Ultrafiltration erfolgt der Rückhalt von Wasserinhaltsstoffen durch den Durchtritt des Wassers durch die Poren einer semipermeablen Membran. Die Porengröße liegt typischerweise im Bereich von etwa 0,01 µm. Dadurch werden Partikel, Bakterien und Viren zuverlässig zurückgehalten, während gelöste Stoffe wie Natrium-, Chlorid- oder Sulfationen die Membran ungehindert passieren.

Ein wesentlicher Aspekt der UF ist die Bildung von Belägen auf der Membranoberfläche durch zurückgehaltene Partikel. Um eine nachhaltige Filtrationsleistung sicherzustellen, sind regelmäßige Spülvorgänge (mehrmals täglich) erforderlich.

Bei der Aufbereitung von Oberflächenwasser ist der Einsatz von Flockungsmitteln vor der UF zwingend erforderlich. Organische Substanzen, Huminstoffe oder Algen können die Membran sonst zusetzen. Durch die Zugabe von Flockungsmitteln werden diese Stoffe zu größeren Flocken gebunden, die sich leichter zurückhalten und durch Spülung entfernen lassen. Eine separate Entfernung des Flockungsmittels vor der Abwassereinleitung ist daher nicht erforderlich, da es bereits im Prozess gebunden und ausgeschleust wird. Das im Zuge der Aufbereitung entstehende Abwasser, das bis zur Stufe der Trinkwasseraufbereitung als unkritisch einzustufen ist, wird einer weiteren Behandlung zugeführt. Eine detaillierte Betrachtung der Abwasserbehandlung erfolgt in Abschnitt 7.

Aufgrund des geringen Platzbedarfs im Vergleich zu konventionellen Mehrschichtfiltern, der hohen Rückhalterate für Partikel, Bakterien und Viren sowie der breiten Etablierung in der Reinstwasseraufbereitung wird der Einsatz einer Ultrafiltration als bevorzugte Variante empfohlen. Sie bietet eine kompakte, leistungsfähige und betriebssichere Lösung insbesondere für Anwendungen mit hohen Anforderungen an die mikrobiologische Wasserqualität und eignet sich hervorragend als Vorstufe für nachgeschaltete Membranverfahren wie Umkehrosmose oder Membrandestillation.

Nach der Vorbehandlung durch mechanische, chemische und physikalische Verfahren erfolgt die eigentliche Entsalzung und Feinreinigung des Wassers mittels Umkehrosmose (UO). Die Umkehrosmose ist ein druckgetriebenes Membranverfahren, das auf dem physikalischen Prinzip der Osmose basiert.

Umkehrosmose 1

Bei der natürlichen Osmose diffundiert Wasser durch eine semipermeable Membran von einer Lösung niedriger Konzentration in eine höher konzentrierte Lösung, bis ein Konzentrationsausgleich erreicht ist. Die Umkehrosmose kehrt diesen Prozess um: Durch Anlegen eines äußeren Drucks – höher als der osmotische Druck – wird das Wasser von der höher konzentrierten Seite durch die Membran auf die Reinwasserseite gedrückt. Die Membran lässt dabei nur Wassermoleküle passieren, während gelöste Stoffe wie Salze, organische Verbindungen und Mikroverunreinigungen zurückgehalten werden.

Das durch die vorgeschalteten Stufen bereits auf Trinkwasserqualität aufbereitete Rohwasser wird mittels einer Hochdruckpumpe in die Membranmodule eingespeist. Ein Teil des Wassers durchdringt die Membran und wird als Permeat (Reinwasser) gewonnen. Der verbleibende Teil, der die zurückgehaltenen Stoffe enthält, wird

als Konzentrat abgeleitet. Die Anlagen können modular aufgebaut sein, von einzelnen Membranmodulen bis hin zu mehrstufigen Systemen mit mehreren parallel oder seriell geschalteten Modulen. In Abbildung 18 ist beispielhaft eine Umkehrosmoseanlage vom Hersteller Veolia dargestellt.



Abbildung 18: Umkehrosmoseanlage vom Hersteller Veolia

Die Umkehrosmose ist in der Lage, eine Vielzahl gelöster Stoffe zurückzuhalten, darunter:

- Ionen wie Natrium, Calcium, Magnesium, Chlorid und Sulfat,
- organische Wasserinhaltsstoffe wie Huminstoffe,
- anthropogene Spurenstoffe wie Pestizide.

Aufgrund der hohen Rückhalteraten ist die UO besonders geeignet für die Herstellung von Reinstwasser aus salzhaltigem oder stark belastetem Rohwasser. Gleichzeitig erfordert sie jedoch eine sorgfältige Vorbehandlung wie oben erwähnt, um irreversible Ablagerungen („Scaling“, „Fouling“) auf der Membranoberfläche zu vermeiden. Dazu zählen insbesondere die Entfernung von Eisen, Mangan und anderen ausfällbaren Stoffen und die Flockung und Filtration zur Reduktion kolloidaler Belastungen. Zusätzlich werden sogenannte Antiscalants in den Zulauf der Membranalagen dosiert. Bei diesen handelt es sich meist um Produkte auf der Basis von organischen Phosphonsäuren, die mehrwertige Metallkationen komplexieren und somit die Ausfällung schwerlöslicher Salze auf der Membran verhindern.¹⁷

Das im Zuge der Aufbereitung entstehende Abwasser ist differenziert zu betrachten. Während das Abwasser aus Vorbehandlungsstufen (z. B. Rückspülwasser, Spülwasser aus Mikrosieben) in der Regel als unkritisch einzustufen ist, gilt dies nicht für das Konzentrat aus der Umkehrosmose. Dieses weist eine deutlich erhöhte Salzfracht auf – typischerweise eine vierfache Konzentration gelöster Ionen wie Chlorid, Sulfat und Natrium im Vergleich zum Rohwasser. Aufgrund dieser Belastung ist eine gezielte Behandlung des UO-Konzentrats erforderlich, bevor es einer weiteren Nutzung oder Einleitung zugeführt werden kann.

Umkehrosmose 2 mit Elektrodeionisation

Gelöste Gase wie Kohlenstoffdioxid (CO₂) können die Umkehrosmosemembran ungehindert passieren, da sie in molekularer Form vorliegen und nicht durch die

¹⁷ Happel, Armruster, Müller, Energie Wasser Praxis, Ausgabe 04/2018, S. 25
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

Porenstruktur zurückgehalten werden. Infolge dessen kann es zu einer Erhöhung der Leitfähigkeit im Permeat kommen, was insbesondere bei der Reinstwasserherstellung unerwünscht ist. Um diese Gase zu entfernen, ist der Einsatz einer Elektrodeionisation (EDI) in der Regel zu empfehlen. Hier kommt eine Kombination aus einer zweiten Umkehrosmoseanlage und die EDI zum Einsatz.

In Abbildung 19 ist beispielhaft eine Umkehrosmoseanlage inkl. einer EDI abgebildet.



Abbildung 19: Umkehrosmoseanlage mit eingebauter EDI vom Hersteller Veolia

Die EDI ist ein kontinuierlich arbeitendes Verfahren zur Herstellung von Reinstwasser. Im Gegensatz zur Umkehrosmose handelt es sich dabei nicht um ein eigenständiges Trennverfahren, sondern um eine nachgeschaltete Stufe zur Feinentsalzung. Das Verfahren kombiniert Ionenaustausch mit einem elektrischen Feld, wodurch eine chemikalienfreie Regeneration der Ionenaustauscher-Harze ermöglicht wird.

Der zentrale Aufbau besteht aus einem Mischbettaustauscher, der von kationischen und anionischen Ionenaustauscher-Membranen eingefasst ist. Die im Wasser verbliebenen Rest-Ionen werden vom Harz aufgenommen und durch den angelegten Stromfluss kontinuierlich aus dem Harz entfernt. Dadurch entfällt die Notwendigkeit einer chemischen Regeneration.

Das Ergebnis ist das sogenannte Diluate, also Reinstwasser mit extrem niedriger Leitfähigkeit. Typische Werte liegen bei bis zu $0,056 \mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. $18,18 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$. Zum Vergleich: Die elektrische Leitfähigkeit von Trinkwasser liegt üblicherweise im Bereich von 200 bis $800 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Da die Elektrodeionisation nur unter stabilen Betriebsbedingungen zuverlässig funktioniert, ist sie nicht als Einzelkomponente einsetzbar. Sie erfordert eine präzise Regelung von Durchfluss und Zulaufdruck, und wird daher stets in ein übergeordnetes Anlagensystem integriert.

Polisher

Optional kann im Anschluss an die membranbasierten Verfahren eine weitere Aufbereitungsstufe in Form eines Ionenaustauschers, auch als Polisher bezeichnet, vorgesehen werden (Zur Veranschaulichung siehe Abbildung 20). Der Einsatz dieser Stufe hängt von der Rohwasserqualität und den Anforderungen an die Reinheit des Endwassers ab. In

Gesprächen mit Anlagenherstellern wie EnviroChemie, Veolia und Herco Water wurde deutlich, dass das vorliegende Rohwasser eine vergleichsweise gute Qualität aufweist. Daher ist der Einsatz eines Polishers nicht zwingend erforderlich, kann jedoch planerisch berücksichtigt werden, um maximale Flexibilität und Betriebssicherheit zu gewährleisten. Das Verfahren basiert auf dem Austausch gelöster Ionen im Wasser gegen Ionen gleicher Ladung aus einem festen Austauschermaterial. In der Regel handelt es sich um ein Kunstharz mit einer Korngröße von etwa 0,5 bis 2 mm. Kationen wie Natrium oder Magnesium werden dabei an Kationenaustauschern, Anionen wie Chlorid oder Sulfat an Anionenaustauschern gebunden. Ist die Austauschkapazität erschöpft, erfolgt die Regeneration des Harzes durch eine geeignete Lösung, die die gebundenen Ionen verdrängt und das Harz in seinen ursprünglichen Zustand zurückführt.



Abbildung 20: Ionentauscher vom Hersteller Veolia

Eine Verfahrensart des Ionentauschers stellt das CARIX®-Verfahren dar. Ziel ist die gleichzeitige Entfernung von Härtebildnern (Calcium, Magnesium) sowie Anionen wie Chlorid, Sulfat und Nitrat. Die Regeneration erfolgt nicht mit chemischen Lösungen, sondern mit Kohlendioxid, wodurch ein mit Kohlensäure angereichertes, klares Abwasser entsteht. Auf Grundlage der vorliegenden Randbedingungen kann davon ausgegangen werden, dass im betrachteten Anwendungsfall die Genehmigung zur Direkteinleitung in einen Vorfluter keine wesentliche Hürde darstellt. Die Umweltverträglichkeit des Verfahrens wurde bereits durch die behördliche Zulassung von über 20 vergleichbaren Anlagen mit Direkteinleitung bestätigt. Es ist anzumerken, dass es sich bei diesen Referenzanlagen um Einrichtungen handelt, die im Bereich der Trinkwasserversorgung eingesetzt wurden.¹⁸ Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ergibt sich gemäß Wasserbilanz ein jährliches Abwasservolumen von rund 270.000 m³, das im vorgesehenen Betrieb in ein Gewässer eingeleitet werden würde.

Als ergänzende Überlegung bietet sich die Möglichkeit, dass bei der Regeneration anfallende, nur gering belastete Abwasser teilweise in den Kreislauf zurückzuführen, etwa durch Rückführung in die erste Umkehrosmoseanlage. Liegt die Konzentration an Inhaltsstoffen unterhalb derjenigen des Zulaufwassers zur ersten Umkehrosmose-Stufe, kann es bei Rückführung zu einer Verdünnung des Rohwassers kommen. Dies wirkt sich positiv auf den Gesamtprozess aus, da es die Belastung der Membranen reduziert und potenziell die Standzeiten verlängert. Dies würde nicht nur den Wasserverbrauch reduzieren, sondern auch zur Steigerung der Prozesseffizienz beitragen.

¹⁸ Sauer, Gruber, Das Wasserwerk Moos, wwt, Ausgabe 06/2019, S. 38
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

6.1.1.2 Standortwahl / Platzbedarf

Die Wasseraufbereitung kann an unterschiedlichen Standorten erfolgen, wobei grundsätzlich zwischen zwei Aufbereitungsstufen unterschieden wird: Stufe 1 umfasst die Aufbereitung auf Trinkwasserniveau, während Stufe 2 die Herstellung von Reinstwasserqualität beinhaltet. Nach derzeitigem Stand erscheint es sinnvoll, zunächst die Trinkwasseraufbereitung an einem Ort nahe der Entnahme durchzuführen. Damit Verunreinigungen auf dem weiteren Leitungsweg vermieden werden und um die Distanz zwischen Reinstwasseraufbereitung und Elektrolyseur so kurz wie möglich zu halten, wird die Reinstwasseraufbereitung direkt am Standort des Elektrolyseurs vorgesehen.

Stufe 1 – Trinkwasseraufbereitung

Der Rohwasserbehälter dient als Eingangsspeicher für das aus dem Entnahmestandort zugeleitete Rohwasser. Der durchschnittliche Zufluss beträgt etwa 407 m³/h. Um bei einem temporären Ausfall der Wasserversorgung einen unterbrechungsfreien Betrieb der Aufbereitungsanlage für mindestens zwei Stunden sicherzustellen, ist der **Behälter mit einem Speichervolumen** von 800 m³ auszulegen. Die geplanten Abmessungen des Behälters betragen 15 m in der Länge, 10 m in der Breite und 5,5 m in der Höhe. Daraus ergibt sich ein Flächenbedarf von 150 m² zzgl. weiterer Abstandsflächen.

Die Dimensionierung der Anlage zur **Enteisenung und Entmanganung** gestaltet sich aufgrund der Vielzahl möglicher Ausführungsvarianten als anspruchsvoll. Die Auswahl der geeigneten verfahrenstechnischen Lösung erfolgt in der Regel auf Basis von Versuchsreihen und Pilotierungen. Aus diesem Grund wurde für die vorliegende Studie eine Annahme getroffen, wonach für die Enteisenungs- und Entmanganungsstufe ein Flächenbedarf von etwa 80 m² vorgesehen wird.

Die **Ultrafiltrationsanlage** weist hinsichtlich Aufbau und Platzbedarf ähnliche Eigenschaften wie die UO 1 auf. Auch hier wird mit einem Flächenbedarf von 64 m² kalkuliert (Herleitung: siehe unten).

Das **Spülwasserbecken** dient als Pufferspeicher für das Rückspülwasser der Ultrafiltration. Die Dimensionierung erfolgt auf Basis des Volumenstroms der Ultrafiltration, der bei etwa 407 m³/h liegt. Um eine einstündige Rückspülung zu ermöglichen, wird das Becken mit einem Speichervolumen von rund 400 m³ ausgelegt. Die geplanten Abmessungen betragen 10 m in der Länge, 8 m in der Breite und 5 m in der Höhe. Daraus ergibt sich ein Flächenbedarf von 80 m².

Das **Speicher- bzw. Pufferbecken** dient zur Zwischenspeicherung des aufbereiteten Wassers aus der Ultrafiltration, bevor dieses über ein Pumpwerk an den Standort der Reinstwasseraufbereitung weitergeleitet wird. Die Auslegung des Beckens erfolgt auf Basis des rund zweifachen Volumenstroms der Ultrafiltration, was einem Speichervolumen von etwa 750 m³ entspricht. Die geplanten Abmessungen betragen 15 m in der Länge, 10 m in der Breite und 5 m in der Höhe, woraus sich ein Flächenbedarf von 150 m² ergibt. Für das zugehörige Pumpwerk wird ein zusätzlicher Flächenbedarf von 100 m² angenommen.

Für die Trinkwasseraufbereitungsstufe wurden bislang insgesamt rund 624 m² Flächenbedarf ermittelt. Als zusätzlicher Ansatz für **Nebenanlagen** – beispielsweise für Steuerungstechnik, Chemikalienlagerung oder Wartungsflächen – wird pauschal ein Zuschlag von 10 % auf die bisher berechnete Fläche angesetzt. Dies entspricht einem zusätzlichen Flächenbedarf von etwa 62 m². Daraus ergibt sich ein Gesamtflächenbedarf von rund 686 m² für die gesamte Trinkwasseraufbereitungsstufe.

Im nächsten Schritt erfolgt die Aufbereitung des zuvor behandelten Trinkwassers zu Reinstwasser am potenziellen Industriestandort nahe der Raffinerie Heide. Dieser Standort wurde bereits hinsichtlich Flächenverfügbarkeit und technischer Integration geprüft und bietet geeignete Voraussetzungen für die Installation der erforderlichen Anlagentechnik zur Reinstwassererzeugung.

Zur Sicherstellung eines kontinuierlichen Betriebs der Reinstwasseraufbereitung ist ein **Pufferbecken** erforderlich, das Versorgungsschwankungen ausgleichen kann. Bei einer angenommenen Überbrückungszeit von etwa zwei Stunden wird ein Speichervolumen von 900 m^3 benötigt. Der Behälter ist mit einer Grundfläche von 150 m^2 und einer Höhe von 6 m ausgelegt, wodurch das erforderliche Volumen bereitgestellt werden kann.

Für die **erste Umkehrosmoseanlage** (UO 1), basierend auf dem System von Veolia gemäß Abbildung 18 ist eine maximale Aufbereitungsleistung von $130 \text{ m}^3/\text{h}$ angegeben. Laut Wasserbilanz beträgt der Zulaufstrom $451 \text{ m}^3/\text{h}$, sodass mindestens vier parallel geschaltete Anlagen notwendig sind. Eine einzelne Anlage hat einen Platzbedarf von 8 m Länge \times 2 m Breite, entsprechend 16 m^2 . Daraus ergibt sich ein Gesamtflächenbedarf von 64 m^2 für die UO 1.

Für die Zwischenlagerung des bei der Umkehrosmose anfallenden Abwassers wird ein **Abwasserbehälter** mit einem Speichervolumen von 100 m^3 vorgesehen. Dieser dient dazu, das Abwasser aus einer einstündigen Aufbereitungsphase temporär zurückzuhalten. Bei einer geplanten Behälterhöhe von 3 m ergibt sich daraus eine erforderliche Grundfläche von etwa 34 m^2 .

Für die **zweite Umkehrosmoseanlage** (UO 2) mit nachgeschalteter **Elektrodeionisation**, hier exemplarisch ebenfalls vom Hersteller Veolia, ist eine maximale Aufbereitungsleistung von $70 \text{ m}^3/\text{h}$ angegeben. Bei einem Zulaufstrom von $338 \text{ m}^3/\text{h}$ sind mindestens fünf parallel geschaltete Anlagen erforderlich. Der Platzbedarf pro Anlage beträgt 16 m^2 , was zu einem Gesamtflächenbedarf von 80 m^2 führt.

Die **Ionenaustauscheranlage** nach dem CARIX-Verfahren besteht aus zylindrischen Behältern mit einem Durchmesser von 4,8 m und einer Höhe von 4 m. Umgerechnet auf eine rechteckige Grundfläche entspricht dies etwa 23 m^2 . Unter Berücksichtigung eines notwendigen Sicherheitsabstands von 2 m zur nächsten Anlage ergibt sich ein zusätzlicher Flächenbedarf von $9,6 \text{ m}^2$ pro Einheit. Der Gesamtflächenbedarf pro Anlage beträgt somit $32,6 \text{ m}^2$. Für einen Zulauf von $300 \text{ m}^3/\text{h}$ sind vier Anlagen erforderlich, was zu einem Gesamtflächenbedarf von $130,4 \text{ m}^2$ führt.

Das **Speicherbecken** für Reinstwasser dient der Zwischenlagerung des aufbereiteten Wassers, bevor dieses dem Elektrolyseur zugeführt wird. Die Auslegung erfolgt auf Basis des Volumenstroms aus dem nachgeschalteten Polisher, der bei etwa $274 \text{ m}^3/\text{h}$ liegt. Um eine ausreichende Versorgungssicherheit zu gewährleisten, wird das Becken auf das Zweifache des stündlichen Outputs dimensioniert, was einem Speichervolumen von rund 550 m^3 entspricht. Die geplanten Abmessungen betragen 10 m in der Länge, 10 m in der Breite und 5,5 m in der Höhe. Daraus ergibt sich ein Flächenbedarf von 100 m^2 .

Für die **Nebenanlagen**, wie beispielsweise Einrichtungen zur Steuerungstechnik, Chemikalienlagerung, Wartung oder Infrastrukturanschlüsse, wird ein pauschaler Flächenzuschlag von 10 % auf den bisher ermittelten Gesamtflächenbedarf der Reinstwasseraufbereitungsanlagen angesetzt.

Die Dimensionierung und Herleitung des Absetzbeckens sind im Kapitel 7.1 dokumentiert. Die zugehörige Fläche wurde in der Gesamtflächenbetrachtung nicht berücksichtigt, da das Absetzbecken nicht Teil der vorgesehenen Gebäudefläche ist. Es wird

außerhalb des Gebäudes auf dem Gelände angeordnet, um eine funktionale und räumliche Trennung von den verfahrenstechnischen Hauptanlagen zu gewährleisten.

In der bisherigen Flächenbetrachtung wurde ausschließlich die unmittelbar für die Aufstellung der verfahrenstechnischen Anlagen benötigte Fläche berücksichtigt. Für eine realistische Planung ist jedoch zusätzlich ein Mindestabstand zwischen den einzelnen Komponenten erforderlich, um die Zugänglichkeit zu gewährleisten. Wir schätzen diesen zusätzlichen Flächenbedarf auf etwa 10 % der Gesamtanlagenfläche. Dieser Zuschlag wurde in der aktuellen Kalkulation nicht berücksichtigt. Diese Annahme gilt gleichermaßen für Variante 1 (Umkehrosmose) wie auch für Variante 2 (Membrandestillation).

In Tabelle 12 sind die notwendigen Flächen je Aufbereitungsschritt zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 12: Auflistung Anlagenflächenbedarf Variante 1

Anlage	Fläche	Anteil an Gesamtfläche
Rohwasserbehälter	150 m ²	22 %
Enteisung/ Entmanganung	80 m ²	12 %
Ultrafiltration	64 m ²	9 %
Spülwasserbecken	80 m ²	12 %
Speicherbecken	150 m ²	22 %
Pumpwerk	100 m ²	14 %
Nebenanlagen	62 m ²	9 %
Summe TW-Aufbereitung (Stufe 1)	686 m²	100 %
Pufferbecken	150 m ²	24 %
Umkehrosmose 1	64 m ²	10 %
Umkehrosmose 2	80 m ²	13 %
Ionentauscher	130 m ²	21 %
Abwasserbehälter	34 m ²	6 %
Speicherbecken	100 m ²	16 %
Nebenanlagen	57 m ²	10 %
Summe Reinstwasser-Aufbereitung (Stufe 2)	615 m²	100 %

Standortwahl – Stufe 1

Als Standort für die erste Aufbereitungsstufe bietet sich die unbebaute Wiesenfläche am Meldorfer Hafenstrom an (siehe Abbildung 21). Die verfügbare Fläche beträgt rund 3.300 m². Für die Umsetzung der Trinkwasseraufbereitungsanlage wird ein Flächenbedarf von etwa 686 m² veranschlagt. Damit steht am vorgesehenen Standort ausreichend Platz zur Verfügung, um die erforderlichen Anlagenteile einschließlich Nebenanlagen unterzubringen und gegebenenfalls Erweiterungsflächen vorzuhalten.



Abbildung 21: Potentieller Standort für die Trinkwasseraufbereitung

Wie in Abbildung 22 dargestellt, zeigt sich eine mögliche Flächenbelegung der Anlagenkomponenten für Variante 1. Die Abkürzungen in der Darstellung stehen für die jeweiligen Funktionseinheiten:

- RB bezeichnet den Rohwasserbehälter mit einem Flächenbedarf von 150 m²,
- E steht für die Enteisungs- und Entmanganungsstufe mit 80 m²,
- UF für die Ultrafiltration mit 64 m²,
- SPÜ für das Spülwasserbecken mit 80 m²,
- SB für das Speicherbecken mit 150 m²,
- PW für das zugehörige Pumpwerk mit 100 m²,
- AS für das Absetzbecken mit rund 150 m²
- sowie NA für die Nebenanlagen mit einem Flächenbedarf von 62 m².



Abbildung 22: Flächenbelegung Standort Trinkwasseraufbereitung - Variante 1

Für den Standort am Meldorfer Hafen liegt ein Bebauungsplan vor, welcher jedoch nach Angaben des Amt Mitteldithmarschen für die Nutzung geändert werden muss. Hierzu wäre eine Vorlage im Bauausschuss notwendig. Für die Änderung sind ca. 1 bis 1,5 Jahre einzuplanen, so dass der finale Standort im Rahmen der Planung frühzeitig fixiert werden sollte.

Maximal-Szenario: 20 Mio. m³ Betrachtung

Im Maximalfall mit einem jährlichen Rohwasseraufkommen von 20 Mio. m³ ergibt sich ein durchschnittlicher Volumenstrom von ca. 2.280 m³/h. Daraus resultieren erhebliche Anforderungen an die Dimensionierung der Anlagentechnik. Für den Rohwasserbehälter ist bei einem zweistündigen Pufferbetrieb ein Volumen von ca. 4.400 m³ erforderlich, was bei einer Bauhöhe von 5,5 m einer Grundfläche von rund 800 m² entspricht. Die Ultrafiltration erfordert bei einer Einzelanlagendurchsatzleistung von 130 m³/h insgesamt 18 parallel betriebene Module mit einem Gesamtflächenbedarf von ca. 288 m². Zusätzlich wird für das Spülwasserbecken zur Rückspülung ein Volumen von 2.200 m³ benötigt, was bei gleicher Bauhöhe einer Fläche von 400 m² entspricht. Der Gesamtflächenbedarf dieser Komponenten beträgt somit mindestens 1.488 m², ohne die Flächen für Enteisung und Entmanganung. Ob eine derartige Auslegung der Ultrafiltration verfahrenstechnisch sinnvoll und wirtschaftlich realisierbar ist, sollte im Rahmen einer weiterführenden Planung im Detail geprüft werden. Gleiches gilt für die Dimensionierung der Enteisungs- und Entmanganungsstufe. Da hierzu nur begrenzt belastbare Referenzwerte vorliegen und die Auslegung in der Regel auf Basis standortspezifischer

Versuche erfolgt, sollte auch diese Bewertung im Rahmen der vertieften Planungsphase erfolgen.

Alternativ zur Ultrafiltrationsanlage bietet sich der Einsatz von Mehrschichtfiltern an, die in der Trinkwasseraufbereitung etabliert sind und für entsprechende Durchsatzmengen bereits dimensioniert vorliegen. Für eine Mehrschichtfilteranlage kann, analog zur Ionenaustauschertechnik, von einem zylindrischen Behälter mit einem Durchmesser von 4,8 m ausgegangen werden. Umgerechnet auf eine rechteckige Grundfläche ergibt sich daraus ein Platzbedarf von etwa 23 m² pro Einheit. Bei ebenfalls 18 benötigten Einheiten ergibt sich ein Flächenbedarf von rund 414 m². Unter Berücksichtigung der Rohwasserbehälter sowie des Spülwasserbeckens ergibt sich ein gesamter Flächenbedarf von insgesamt ca. 1.614 m².

Stufe 2 – Reinstwasseraufbereitung

Im Ausgangsszenario wurde ein jährliches Rohwasseraufkommen von 3,57 Mio. m³ auf Trinkwasserqualität aufbereitet. Dieses Wasser soll nun auf Reinstwasserqualität gebracht werden, um den Anforderungen eines 1-GW-Elektrolyseurs zu entsprechen.

Wie in Abbildung 23 zu erkennen ist, umfasst der exemplarische Standort für den potenziellen 1 GW-Elektrolyseur auf dem Gelände der Raffinerie Heide eine Gesamtfläche von rund 68.800 m². Von dieser Fläche entfallen etwa 1.000 m² auf einen Parkplatz. Für die Reinstwasseraufbereitung in unmittelbarer Nähe zum Elektrolyseur kann ein Teil dieser ungenutzten Fläche vorgesehen werden. Der entscheidende Teil der Wasseraufbereitung soll direkt am Standort des Elektrolyseurs erfolgen. Hierfür ist eine Fläche von etwa 1.000 m² vorzusehen. Die mechanische Vorreinigung einschließlich der Ultrafiltration kann hingegen am separaten Standort Meldorfer Hafen realisiert werden.



Abbildung 23: Potenzieller Raum zur Realisierung einer Elektrolyseanlage (gelber Kasten) mit Fläche für die Reinstwasseraufbereitung (roter Kasten)

Die in der Abbildung 24 blau markierte Fläche umfasst rund 700 m² und wurde nach eingehender Betrachtung als ausreichend für die Errichtung der Reinstwasseraufbereitung am vorgesehenen Standort bewertet. In der Zeichnung ist zudem ersichtlich, welche Anlagentechnik welchen spezifischen Platzbedarf beansprucht. Die Bezeichnung „AB“ steht für den Abwasserbehälter, „S“ für das Speicherbecken und das unbeschriftete grüne Rechteck in der Darstellung stellt die vorgesehenen Nebenanlagen dar.



Abbildung 24: Flächenbelegung Anlagen Variante 1

6.1.2 Variante 2 – Thermische Membrandestillation

Die Membrandestillation (MD) ist ein thermisches Trennverfahren, das insbesondere für stark salzhaltiges oder belastetes Wasser geeignet ist und sich durch eine hohe Rückhalterate für gelöste Stoffe auszeichnet. Im Gegensatz zur Umkehrosmose nutzt die Membrandestillation Temperaturdifferenzen und eine hydrophobe Membran zur Trennung von Wasser und Verunreinigungen. Ein wesentlicher Vorteil liegt in der Möglichkeit, Abwärme zu nutzen und das Verfahren so auszulegen, dass das entstehende Abwasser, laut EvCon, direkt eingeleitet werden kann. Zudem sind weniger Vor- und Nachbehandlungsstufen erforderlich, was die Anlagentechnik potenziell vereinfacht. Nachteile bestehen in der geringeren Ausbeute im Vergleich zur Umkehrosmose, was einen höheren Rohwasserbedarf zur Folge hat, sowie im höheren Energiebedarf und dem niedrigeren Technologiereifegrad (TRL 4–5). Der wirtschaftliche Einsatz ist daher stark von den Standortbedingungen, insbesondere der Verfügbarkeit von Abwärme, abhängig.

6.1.2.1 Verfahrenstechnische Beschreibung

Neben den druckgetriebenen Membranverfahren wie der Umkehrosmose kommt in bestimmten Anwendungen die Membrandestillation (MD) zum Einsatz. Dabei handelt es sich um ein thermisches Trennverfahren, das insbesondere bei der Aufbereitung von salzhaltigem oder stark belastetem Wasser Anwendung findet – etwa in der Industrie, bei der Wasserstoffproduktion oder in Regionen mit Zugang zu Abwärmequellen.

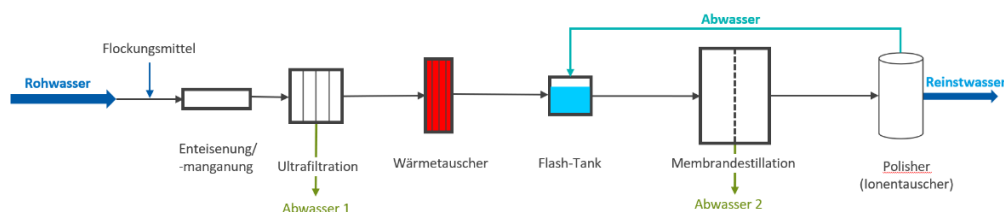


Abbildung 25: Verfahrensfliessbild - Variante 2 (Membrandestillation)

Enteisung und Entmanganung

In der Abbildung 25 ist das Verfahrensfliessbild der Variante 2 schematisch dargestellt. Analog zur Variante 1 – Umkehrosmose (siehe Kapitel 6.1.1) erfolgt zu Beginn des Prozesses die Entfernung von Eisen und Mangan durch Zugabe eines Flockungsmittels.

Ultrafiltration / Polisher

Die Ultrafiltration sowie der Polisher (Ionenaustauscher) wurden bereits in Kapitel 6.1.1 erläutert und können je nach Anforderung als Vor- bzw. Nachbehandlungseinheiten in das Gesamtsystem integriert werden.

Flash-Tank

Die Membrandestillation nutzt die unterschiedliche Flüchtigkeit der Bestandteile einer Flüssigkeitsmischung. Das Speisewasser – beispielsweise salzhaltiges Rohwasser – wird in einem sogenannten Flash-Tank erhitzt. Der dort entstehende Dampf wird in ein Membranmodul eingespeist, in dem die eigentliche Trennung erfolgt. Die eingesetzte hydrophobe Membran ist gasdurchlässig, jedoch flüssigkeitsundurchlässig. Dies wird durch die Kombination aus kleiner Porenstruktur und Oberflächenspannung erreicht. Der sogenannte Wassereintrittsdruck liegt typischerweise bei etwa 3,5 bar. Die Membran bildet somit eine stabile Phasengrenze zwischen Flüssigkeit und Dampf.

Membrandestillation

Innerhalb des Moduls, wie in Abbildung 26 abgebildet, erfolgt die Trennung des Speisewassers in Destillat und Sole. Der Dampf durchdringt die Membran und kondensiert auf der kühleren Gegenseite, während die nichtflüchtigen Bestandteile – insbesondere Salze – in der Sole zurückbleiben. Ein Kühlkreislauf mit Kondensator sorgt für die notwendige Temperaturdifferenz zwischen der warmen und der kalten Seite der Membran. Zur Aufrechterhaltung des Prozesses sind Pumpen erforderlich, die die Produkte vom Niederdruckniveau des Moduls auf Umgebungsdruck fördern. Zusätzlich wird ein Vakuumsystem eingesetzt, um den Prozess zu starten und nicht kondensierbare Gase (NCGs) aus dem System zu entfernen, da diese die Dampfpermeation behindern können.

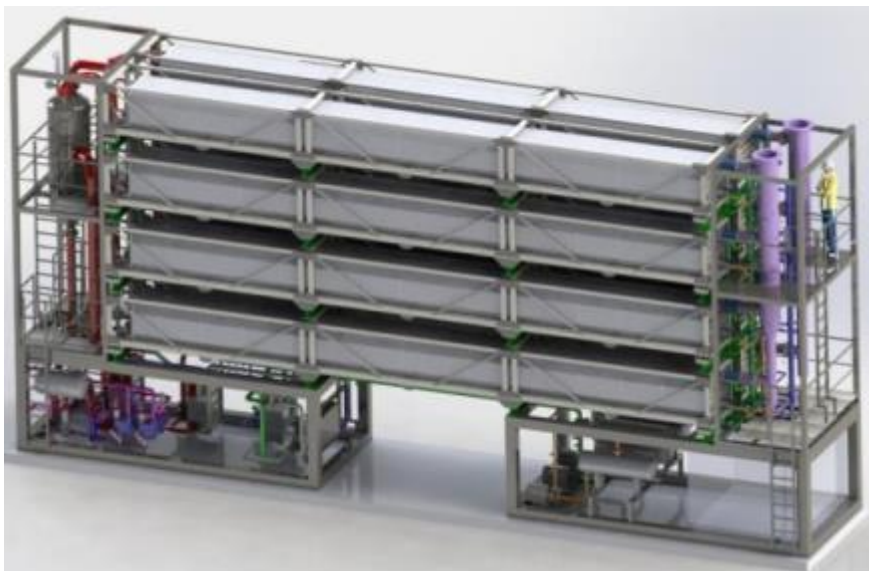


Abbildung 26: Modell einer Membrandestillationsanlage von EvCon

Die Membrandestillation zeichnet sich durch eine hohe Rückhalterate für gelöste Stoffe aus und kann auch bei sehr hohen Salzkonzentrationen betrieben werden. Sie ist jedoch energieintensiver, da Wärme als treibende Kraft benötigt wird. Der Einsatz ist daher insbesondere dann wirtschaftlich, wenn Abwärmequellen zur Verfügung stehen.

Im Betrieb eines Elektrolyseurs fällt typischerweise Abwärme mit Temperaturen zwischen 50 und 60 °C an ¹⁹. Diese kann für den Betrieb der Membrandestillation genutzt werden, da bereits laut EvCon Temperaturen ab etwa 55 °C als Starttemperatur ausreichen. Zur Unterstützung der Verdampfung bei diesen moderaten Temperaturen wird der Flash Tank eingesetzt. Durch gezielte Druckabsenkung (Übergang vom höheren Druckniveau im Flash-Tank zum Vakuum) ermöglicht dieser eine Verdampfung des Wassers auch bei niedrigen Temperaturen, wodurch die thermische Energie genutzt werden kann.

Ein besonderes Merkmal der Membrandestillation ist die flexible Ausgestaltung der Ausbeute, wie im Gespräch mit dem Unternehmen EvCon erläutert wurde. Theoretisch kann das Verfahren so konfiguriert werden, dass die Anforderungen an die Reinstwasserqualität erfüllt werden, gleichzeitig jedoch eine Abwassermenge entsteht, die unter Einhaltung der geltenden Einleitkriterien direkt in das Abwassersystem abgegeben werden kann. Weitere Informationen zur Herausforderung der Abwassereinleitung sind in Kapitel 7 dargestellt. Die konkrete Auslegung hängt maßgeblich davon ab, welche Einleitbedingungen vor Ort zulässig sind. Um diese einzuhalten, kann die Ausbeute der Membrandestillation gezielt reduziert werden. Dies bedeutet jedoch, dass im Vergleich zur Variante 1 mit Umkehrosmose – die eine höhere Ausbeute aufweist – ein größerer Rohwasserbedarf erforderlich ist, um die Zielmenge von ca. 274 m³/h an Reinstwasser bereitzustellen.

6.1.2.2 Platzbedarf

Die Abschätzung des Flächenbedarfs für die Variante mit thermischer Membrandestillation gestaltet sich aufgrund fehlender Referenzanlagen in dieser Größenordnung, insbesondere beim Hersteller EvCon, als herausfordernd. Dennoch lassen sich auf Basis technischer Annahmen erste Auslegungsdaten ableiten.

Wie bei Variante 1 - Umkehrosmose (siehe Kap. 6.1.1.2, Abschnitt: Umkehrosmose 1) ist auch hier in dem Fall die Dimensionierung für die Aufbereitung bis zur Trinkwasserqualität (Stufe 1) identisch. Eine Auflistung der Anlagen ist in Tabelle 13 zu erkennen.

Tabelle 13: Auflistung Anlagenflächenbedarf Variante 2

Anlage	Fläche	Anteil Gesamtfläche
Rohwasserbehälter	150 m ²	22 %
Enteisenung/ Entmanganung	80 m ²	12 %
Ultrafiltration	64 m ²	9 %
Spülwasserbecken	80 m ²	12 %
Speicherbecken	150 m ²	22 %
Pumpwerk	100 m ²	14 %

¹⁹ GETH2, Factsheet Nebenprodukte Elektrolyse
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

Nebenanlagen	62 m ²	9 %
Summe TW-Aufbereitung (Stufe 1)	686 m²	100 %
Pufferbecken	150 m ²	30 %
Membrandestillation	80 m ²	16 %
Iontauscher	130 m ²	26 %
Abwasserbehälter	78 m ²	16 %
Nebenanlagen	57 m ²	12 %
Summe Reinstwasser-Aufbereitung (Stufe 2)	495 m²	100 %

Der Standort am Meldorfer Hafen kann vom Platzbedarf her für die Aufbereitung Stufe 1 genutzt werden. Die Aufbereitung und damit verbundenen Platzbedarfe der Trinkwasseraufbereitung ändern sich nicht im Vergleich zur Variante 1.

Die Aufbereitung zur Reinstwasserqualität könnte an dem exemplarischen Standort nahe der Raffinerie Heide, wie in Abbildung 23 gezeigt, erfolgen. Hierfür wird eine Fläche von ca. 1.000 m² reserviert. In Abbildung 27 ist eine mögliche Flächenbelegung am Industriestandort der Raffinerie Heide dargestellt, wobei nach aktueller Einschätzung max. 550 m² benötigt werden.



Abbildung 27: Flächenbelegung Anlagen Variante 2

Zur Sicherstellung eines kontinuierlichen Betriebs der Reinstwasseraufbereitung ist ein Pufferbecken erforderlich, das Versorgungsschwankungen ausgleichen kann. Bei einer angenommenen Überbrückungszeit von etwa zwei Stunden wird ein Speichervolumen von 900 m³ benötigt. Der Behälter ist mit einer Grundfläche von 150 m² und einer Höhe von 6 m ausgelegt, wodurch das erforderliche Volumen bereitgestellt werden kann.

Die **Membrandestillationseinheit** selbst wird auf Basis technischer Annahmen mit einer Länge von 20 m, einer Breite von 4 m und einer Höhe von 8 m dimensioniert. Daraus ergibt sich ein Flächenbedarf von 80 m².

Zur Nachbehandlung des erzeugten Reinstwassers ist der Einsatz eines **Polishers** (siehe Kap. 6.1.1.2, Abschnitt: Polisher) vorgesehen. Der Flächenbedarf entspricht dem der Variante 1 und beträgt rund 130 m².

Für die **Nebenanlagen**, wie beispielsweise Einrichtungen zur Steuerungstechnik, Chemikalienlagerung, Wartung oder Infrastrukturanschlüsse, wird ein pauschaler Flächenzuschlag von 10 % auf den bisher ermittelten Gesamtflächenbedarf der Reinstwasseraufbereitungsanlagen angesetzt.

Gemäß Wasserbilanz fallen bei diesem Verfahren etwa 40 % Abwasser an, was einem Volumenstrom von 233 m³/h entspricht. Zur Zwischenspeicherung dieses Abwassers wird ein **Behälter** mit einem Volumen von 233 m³ vorgesehen, um den Anfall für eine Stunde puffern zu können. Bei einer Behälterhöhe von 3 m ergibt sich ein Flächenbedarf von 78 m².

Für die Aufbereitung der Stufe der Variante 2 wird eine Fläche von etwa 495 m² benötigt. Der Großteil der hierfür erforderlichen Anlagentechnik ist am Standort des Elektrolyseurs vorgesehen. Die in der Planzeichnung blau markierte Fläche umfasst rund 550 m² und wurde sicherheitshalber großzügig bemessen, um ausreichend Platz für die gesamte Reinstwasseraufbereitung einschließlich der Membrandestillation bereitzustellen. In Abbildung 27 ist die Membrandestillation mit der Abkürzung „MD“ und der Abwasserbehälter mit „AB“ gekennzeichnet. Das unbeschriftete grüne Rechteck stellt den vorgesehenen Raum für die Nebenanlagen dar.

6.1.3 Variantenvergleich

Im Rahmen der Reinstwasseraufbereitung für den Elektrolysebetrieb stehen zwei Verfahren zur Auswahl, die Umkehrosmose und die Membrandestillation. Beide Technologien weisen spezifische Vor- und Nachteile auf, die im Hinblick auf die in Tabelle 14 aufgelisteten Kriterien zu bewerten sind. In Tabelle 14 sind die Vor- und Nachteile der beiden Varianten zur Reinstwasseraufbereitung dargestellt.

Tabelle 14: Vergleich der Vor- und Nachteile für Variante 1 und 2

Kriterium	Umkehrosmose (Variante 1)	Membrandestillation (Variante 2)
Technologie-reife	Industriell etabliert, vielfach erprobt (hoher TRL)	Geringer Technologiereifegrad (TRL 4–5), bislang nur Labormaßstab
Flächenbedarf	Trinkwasserstufe: 686 m ² Reinstwasserstufe: 631 m ²	Trinkwasserstufe: 686 m ² Reinstwasserstufe: 495 m ²
Ausbeute	ca. 75 % (ausschließlich Umkehrosmoseanlage)	ca. 60 % (ausschließlich Membrandestillation)
Rohwasserbedarf	ca. 3,57 Mio. m ³	ca. 4,4 Mio. m ³

Anlagenkomplexität	Höher, mehrere Vor- und Nachbehandlungsstufen erforderlich	Geringer, weniger Aufbereitungsstufen notwendig
Abwasserbehandlung	Soleentsorgung technisch und genehmigungsrechtlich herausfordernd	Potenziell direkte Einleitung des Abwassers möglich
Abwassermenge	ca. 0,99 Mio. m ³	ca. 2 Mio. m ³
Standortabhängigkeit	Gering	Hoch, wirtschaftlich nur bei verfügbarer Abwärme und Standortnähe sinnvoll
Industrielle Umsetzung	Serienreife, breite Anwendung	Pilotanlagen erforderlich, keine Serienanwendung vorhanden

Die Umkehrosmose stellt ein industriell etabliertes und vielfach eingesetztes Verfahren dar. Sie zeichnet sich durch eine vergleichsweise hohe Ausbeute von etwa 75 % aus, was den Rohwasserbedarf reduziert. Allerdings erfordert die UO mehrere aufeinanderfolgende Aufbereitungsstufen, was die Komplexität der Gesamtanlage erhöht. Zudem stellt die Entsorgung des anfallenden Soleabwassers eine technische und genehmigungsrechtliche Herausforderung dar, insbesondere bei großen Volumenströmen. Zur Vermeidung irreversibler Ausfällungen auf der Konzentratseite und zur Verlängerung der Membranstandzeiten ist die kontinuierliche Dosierung von Antiscalants bei der UO erforderlich. In einem konkreten Fall wurde bei routinemäßigen Laboruntersuchungen an einer Anlage in einem niedersächsischen Wasserwerk im Permeat der organische Mikroschadstoff AMPA (Aminomethylphosphonsäure), ein Abbauprodukt von Glyphosat, nachgewiesen. Weitere Untersuchungen ergaben, dass einzelne Membranelemente Undichtigkeiten aufwiesen, wodurch es zu einer geringen Kontamination des Permeats mit Rohwasser kam²⁰. Aufgrund dieser Tatsache kann die Erlangung einer Einleitungsgenehmigung in ein Gewässer erschwert sein und sollte frühzeitig mit der zuständigen Behörde abgestimmt werden.

Nach Einschätzung der Autoren befindet sich die Membrandestillation in einem frühen Entwicklungsstadium und weist einen Technologiereifegrad von 4 bis 5 auf. Diese Einstufung basiert auf der Tatsache, dass das Verfahren bislang lediglich im Labormaßstab erprobt wurde. Derzeit existieren keine industriellen Anlagen, die im kontinuierlichen Betrieb für den hier gedachten Anwendungsfall eingesetzt werden. Eine kommerzielle Serienanwendung liegt somit bislang nicht vor. Ein potenzieller Vorteil der Membrandestillation besteht in der Möglichkeit, Abwärme aus dem Elektrolyseprozess als thermische Energiequelle für die Trennung zu nutzen – vorausgesetzt, die erforderlichen Temperaturniveaus sind verfügbar und die gesamte Aufbereitungsanlage befindet sich am selben Standort. Andernfalls wäre der Bau zusätzlicher Wärmeleitungen erforderlich oder es müsste auf alternative Wärmequellen zurückgegriffen werden. Darüber hinaus sind im Vergleich zur UO weniger Aufbereitungsstufen erforderlich, was die Anlagentechnik vereinfachen kann. Ein weiterer Vorteil der Membrandestillation besteht laut Angaben von EvCon darin, dass das anfallende Abwasser so beschaffen ist, dass eine direkte Einleitung grundsätzlich möglich erscheint. Demgegenüber steht jedoch die im Vergleich zur Umkehrosmose geringere Ausbeute, was einen erhöhten

²⁰ Sauer, Nitratentfernung bei der Trinkwasseraufbereitung, wwt, Ausgabe 06/2018, S. 15
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

Rohwasserbedarf zur Folge hat, konkret etwa 4,4 Mio. m³ gegenüber 3,57 Mio. m³ bei der Umkehrosmose. Dieser höhere Wasserbedarf ist mit einem entsprechend größeren infrastrukturellen Aufwand verbunden, beispielsweise durch zusätzliche Leitungs- und Speicherkomponenten.

Nach der vorliegenden Bewertung kann Variante 2 als technisch interessante Option betrachtet werden. Im Gespräch mit dem Unternehmen EvCon wurde deutlich, dass im Rahmen dieses Projekts zunächst der Bau und Betrieb einer Pilotanlage vorzusehen wäre. Diese soll zur Erprobung des Verfahrens unter realen Bedingungen dienen, bevor eine Umsetzung in der für den Gesamtbedarf erforderlichen Dimension erfolgen kann.

Variante 1 hingegen bietet den entscheidenden Vorteil, dass es sich um ein in der Industrie bewährtes Verfahren handelt. Die Umkehrosmose ist in zahlreichen Anwendungen der Wasseraufbereitung für Elektrolyseprozesse etabliert und gilt als technologisch ausgereift. Der überwiegende Teil industrieller Reinstwasseraufbereitungsanlagen für Elektrolyseure basiert auf diesem Verfahren.

Aus diesem Grund wird die Variante 1 (Umkehrosmose) als bevorzugte Lösung im Rahmen dieser Studie betrachtet.

7 Abwasserbeseitigung

Bei der Entsorgung der Abwasserströme aus der bevorzugten Variante 1 der Aufbereitung („Umkehrosmose“, siehe Abschnitt 6.1.1) ist zu unterscheiden in die Abwässer, welche im Rahmen der ersten Aufbereitungsstufe (Rohwasser zu Trinkwasser) anfallen und die Abwässer, welche in der zweiten Aufbereitungsstufe (Trinkwasser zu Reinstwasser) anfallen.

7.1 Abwasser aus Trinkwasseraufbereitung

Für die Abwasserbehandlung der Trinkwasseraufbereitung ist ein Absetzbecken vorgesehen (siehe Abbildung 28). Durch eine langsame Fließgeschwindigkeit von 0,05-0,15 m/s sinken Fest- und Schwebstoffe mit einer höheren Dichte als Wasser in dem Becken herab. An der Oberfläche befindet sich das gereinigte Wasser, während am Grund die Feststoffe verbleiben. Bei der Trinkwasseraufbereitung von Variante 1 fällt ein Abwasser von etwa 500 m³/d an, was eine Beckengröße von mind. 750 m³ erfordert. Bei Variante 2 fällt eine höhere Abwassermenge von etwa 605 m³/d an, weshalb die Beckengröße mind. 910 m³ betragen sollte. Als Beckentiefe werden dabei jeweils 5 m angesetzt. Die Verweilzeit im Absetzbecken beträgt 1,5 Tage. Das gereinigte Wasser kann nach der Behandlung entweder in den Vorfluter oder in den Rohwasserbehälter zurückgeführt werden. Im letzteren Fall steht es dem Prozess erneut zur Verfügung, wodurch der Gesamtwasserbedarf reduziert wird. Der anfallende Schlamm wird regelmäßig entnommen, getrocknet und bei einer Deponie beseitigt.

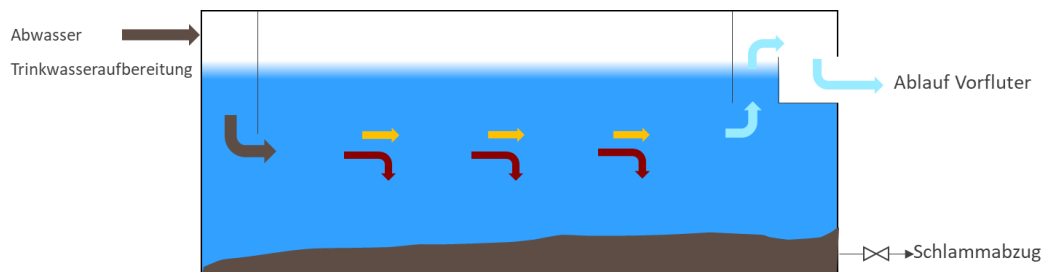


Abbildung 28: Schema des Absetzbeckens zur Abwasserbehandlung nach der Trinkwasseraufbereitung (eigene Darstellung)

7.2 Abwasser aus Reinstwasseraufbereitung

Bei den im Rahmen der Reinstwasseraufbereitung entstehenden Abwässern handelt es sich um das aus der ersten Stufe der Umkehrosmose anfallende Sole-Abwasser. Die Abwassermenge wird gemäß Wasserbilanz (siehe Tabelle 2) mit 0,99 Mio. m³ pro Jahr angesetzt und ist mit den in Tabelle 15 hinterlegten Spezifika zu beschreiben:

Tabelle 15: Abwasserzusammensetzung aus der ersten Umkehrosmose

Parameter	1. Probenahme	Abwasser 1 (Abwasser aus UO)	Abwasser + Zuschlag (100%)
	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Kalium	8,3	33,2	< 66,4
Natrium	50	200	< 400
Chlorid	76	304	< 608
Nitrat	11	44	< 88
Sulfat	58	232	< 464
Nitrit	0,043	0,172	< 0,344

Die Ausgangswerte basieren auf der ersten Probennahme vom 05.02.2025. Da die Umkehrosmose 1 mit einer Ausbeute von 75 % betrieben wird, fallen 25 % des eingespeisten Wassers als Abwasser (Abwasser 1) an. Dies führt zu einer Aufkonzentrierung der im Rohwasser enthaltenen Stoffe um den Faktor 4 im Abwasserstrom. Zusätzlich wird das vergleichsweise gering belastete Abwasser aus der zweiten Umkehrosmose (UO 2) sowie aus dem Ionenaustauscher zurückgeführt und der ersten Umkehrosmose zugeleitet. Ob eine Rückführung von Abwasser aus dem Ionenaustauscher in die erste Umkehrosmose-Stufe (UO1) zu einer weiteren Konzentration der Inhaltsstoffe im Abwasser 1 führt, hängt maßgeblich von der jeweiligen Stoffkonzentration ab. Ist die Konzentration im Rücklauf höher als im Zulauf zur UO1, kommt es zu einer Aufkonzentrierung. Liegt sie hingegen darunter, kann dies zu einer Verdünnung führen, was sich positiv auf den Prozess auswirken kann. Eine pauschale Aussage ist daher nicht möglich. Die Wirkung ist konzentrationsabhängig und muss im Einzelfall bewertet werden.

Da die drei durchgeführten Probennahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfolgten, zeigen die Messergebnisse eine gewisse Schwankungsbreite. Aus den genannten Gründen, der verfahrenstechnisch potenzieller Aufkonzentrierung sowie der natürlichen Variabilität der Rohwasserzusammensetzung, wurde ein pauschaler Zuschlag von 100 % auf die in der ersten und zweiten Probe gemessenen Werte kalkuliert. Die so ermittelten Werte stellen für die Grundvariante Maximalwerte dar. Der Einfluss der dritten Probenahme wird im Abschnitt 8 „Worst-Case“ aufgenommen.

Für die Entsorgung des Abwassers aus der Umkehrosmose bestehen folgende potenzielle Pfade, welche nachfolgend beschrieben und in Abschnitt 7.2.6 zusammenfassend bewertet werden:

- Einleitung in ein Gewässer
- Einleitung in eine Kläranlage
- Verdampfung und Reststoffentsorgung
- Synergieeffekte mit Raffinerie Heide
- Nutzung als Abfallprodukt

7.2.1 Einleitung in ein Gewässer

Wird stärker belastetes Wasser dem Speicherbecken bzw. deren Zuflüssen zurückgeführt, könnte das eine Verletzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zur Folge haben. Diese besagt gemäß §27 Abs. 1 Nr. 2 Wasserhaushaltsgesetz (WHG), dass für oberirdische Gewässer nicht nur ein Verschlechterungsverbot besteht, sondern auch eine Art der Bewirtschaftung herangezogen werden muss, mit der ein guter ökologischer Zustand erhalten bzw. erreicht werden kann. Die Zufuhr des hochkonzentrierten Sohle-Abwassers würde demnach wahrscheinlich die WRRL verletzen (siehe hierfür Abschnitt 9.3.), daher kommt diese Option in der weiteren Betrachtung nicht zum Einsatz.

7.2.2 Einleitung in eine Kläranlage

Ein naheliegender Ansatz wäre der Anschluss an die nächstgelegene Kläranlage zur Behandlung des anfallenden Abwassers. Aufgrund des erhöhten Salzgehalts ist dieser jedoch technisch nicht umsetzbar. Der Eintrag salzhaltiger Abwässer würde den pH-Wert im Belebungsbecken erhöhen, was zum Absterben der Mikroorganismen führen kann und somit die biologische Reinigungsleistung erheblich beeinträchtigt. Darüber hinaus kann der Belebtschlamm durch den erhöhten Natriumionengehalt eine scherempfindliche Struktur annehmen, was den Zusammenhalt der Flocken verschlechtert. In der Folge sinkt die Absetzgeschwindigkeit im Nachklärbecken, wodurch sich der gesamte Aufbereitungsprozess verlangsamt.

Aus diesen Gründen wird ein Anschluss an eine kommunale Kläranlage ausgeschlossen und im weiteren Verlauf nicht weiter betrachtet.

7.2.3 Verdampfung und Reststoffentsorgung

Aufgrund dieser Gegebenheiten kann eine eigene Abwasserbehandlung notwendig werden. Das Abwasser aus der zweiten Stufe der Umkehrosmose (Umkehrosmose + EDI) wird im Prozess zurückgeführt. So kann eine erhöhte Ausbeute erzielt werden (siehe Kapitel 6.1.1). Das Abwasser aus der ersten Stufe mit einem Volumen von 0,99 Mio. m³ pro Jahr bedarf eines größeren Aufwandes in der Behandlung. Ziel ist es in diesem Schritt das salzhaltige Abwasser einzuengen, indem dem System Wasser entzogen wird. Als Aufbereitungsmethode ist dafür eine Destillation heranzuziehen. Durch Erhitzen des salzhaltigen Abwassers auf 100-110°C verdampft das Wasser und das Salz bleibt als Reststoff zurück. Das gasförmige Wasser wird abgeführt und anschließend abgekühlt, wodurch es kondensiert. Nun kann es dem Aufbereitungsverfahren zurückgeführt werden, wodurch die Ausbeute noch weiter erhöht werden kann. Der zurückbleibende Reststoff, von etwa 1116 kg/d, weist ein geringeres Volumen für die Entsorgung auf und enthält dafür eine deutlich höhere Salzkonzentration. Der anfallende Reststoff wird bei der Deponie entsorgt und kann von LKWs abtransportiert werden.

Mögliche Destillationsverfahren sind die atmosphärische Destillation und die Vakuumdestillation. Das Verfahrensschema zur Vakuumdestillation ist in Abbildung 29 dargestellt. Die atmosphärische Destillation findet unter atmosphärischen Druck statt, während die Vakuumdestillation bei Unterdruck stattfindet. Bei der Vakuumdestillation wird durch den Unterdruck der Siedepunkt gesenkt und so der Zersetzung hitzeempfindlicher Substanzen vorgebeugt. Das erzeugte Vakuum senkt den Energiebedarf für die Verdampfung, benötigt andererseits Energie, um das Vakuum zu erzeugen. Ob der Energiebedarf insgesamt sinkt im Vergleich zur atmosphärischen Destillation, lässt sich daher nicht eindeutig bewerten. Zudem sorgt der Anschluss einer Vakuumpumpe für einen erhöhten Wartungsaufwand und einen komplexen Aufbau des Verfahrens. Für den vorliegenden Anwendungsfall der Abwasserbehandlung erscheint daher die atmosphärische Destillation als ausreichend und technisch zweckmäßig.

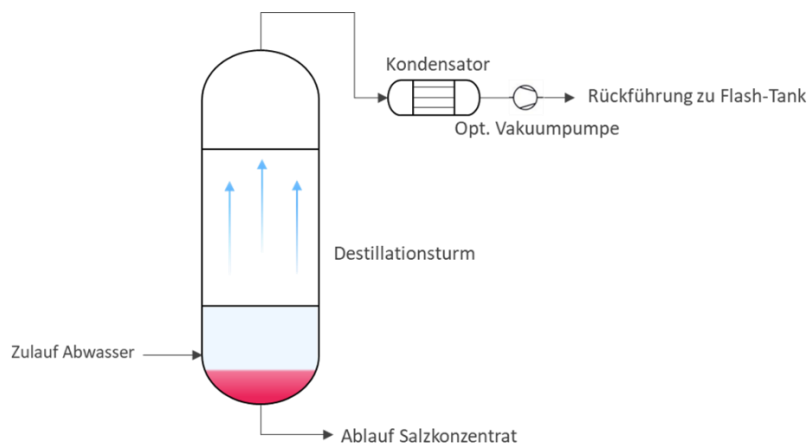


Abbildung 29: Schema des Destillationsverfahrens mit optionaler Vakuumpumpe (eigene Darstellung)

7.2.4 Synergieeffekte mit bestehender Infrastruktur

Im Zusammenhang mit der Abwasserbeseitigung sind die Nutzung von Synergien mit bereits bestehender bzw. in Projektierung befindlicher Infrastruktur eine weitere Option.

Synergieeffekte mit Raffinerie Heide

Um Synergieeffekte mit der Raffinerie Heide zu eruieren, hat im Rahmen der Studie ein Austausch mit der Raffinerie stattgefunden. Die Raffinerie unterhält eine eigene Wasserversorgung mittels Grundwasserförderung. Die notwendigen Aufbereitungsschritte zu Trinkwasser stellen eine Enteisenung sowie eine Filterung (Kiesfilter) dar. Der größte Teil des gewonnenen Wassers wird in aufbereiteter Qualität zur Nachspeisung der Kühlturmkreisläufe eingesetzt, da die durch Verdunstungseffekte abgeführten Wassermengen laufend nachgeführt werden müssen.

Eine Entsalzung für weitere Betriebsprozesse (insbesondere zur Dampferzeugung) findet über einen Ionentauscher statt. Die Abwasserreinigungsanlage der Raffinerie Heide ist konventionell dreistufig aufgebaut mit einer mechanischen Reinigung, biologischen Reinigung sowie einer Nachklärung.

Die aufkonzentrierten Wässer aus den Kühlwasserkreisläufen sowie das von den versiegelten Flächen der Raffinerie aufgefangene Oberflächenwasser werden zusammen mit dem gereinigten Abwasser aus der Abwasserreinigungsanlage unter Einhaltung der

behördlich genehmigten Einleitgrenzwerte periodisch über eine 12 km lange Abwasserrohrfernleitung in die Nordsee eingeleitet.

Unter Voraussetzung eines betriebswirtschaftlichen Nutzens der beteiligten Unternehmensparteien bestünden potenzielle Synergieeffekte darin, dass die Raffinerie an der Reinstwassererzeugung des Elektrolyseurs, gespeist aus Oberflächenwasser des Miele Speicherbeckens, partizipieren könnte und damit die Grundwasser-Ressourcen durch entsprechende Reduzierung der Grundwasserförderung der Raffinerie entlastet würden. Im Gegenzug könnte die Sole aus der Umkehrosmose in dieser Konstellation, über die vorhandene Rohrfernleitung in die Nordsee eingeleitet werden, wodurch sich jedoch die Gesamteinleitmenge über die Rohrfernleitung erhöhen würde. In diesem Zusammenhang besteht eine weitere Option darin, das Oberflächenwasser und das gereinigte Abwasser der Raffinerie ebenfalls in die Reinstwasseraufbereitung der Elektrolyse zu führen, um somit potenziell direkte Einleitmengen in die Nordsee zu reduzieren. Für die beschriebenen Optionen ist eine frühzeitige Information und Abstimmung mit den zuständigen Behörden als Grundlage für genehmigungsplanerische Schritte sowie zur Eruierung möglicher Änderungen der bestehenden Einleitgenehmigungen notwendig.

In Abhängigkeit des tatsächlichen anfallenden Chlorid-Gehaltes der Sole aus der Umkehrosmose besteht ggf. auch die Möglichkeit, dieses für Kühlzwecke des Elektrolyseurs einzusetzen.

Einleitung in Elbe

Aus Gesprächen mit der Unteren Wasserbehörde wurde in Erfahrung gebracht, dass sich eine Einleitung in die Nordsee zukünftig als genehmigungsrechtlich anspruchsvoll erweisen kann. Hintergrund ist ein stärkerer Schutz des Nationalpark Wattenmeer. Aktuell bestehen in der Region Projektansätze, welche einen Pipelinebau in die Elbe vorsehen. Dieser Ansatz sollte in einer Ausplanung der Abwasserbeseitigung aufgenommen werden, wird jedoch im Rahmen dieser Studie kosten- und termintechnisch nicht weiter betrachtet.

7.2.5 Nutzung als Abfallprodukt

Das dänische Unternehmen SaltPower entwickelt Technologien zur Energiegewinnung aus dem osmotischen Druckunterschied zwischen Süßwasser und konzentrierter Salzsole. Dabei strömt Süßwasser durch eine halbdurchlässige Membran in die Salzsole, wodurch auf der Sole-Seite ein Volumen- und Druckanstieg erfolgt. Die unter Druck stehende, verdünnte Sole kann anschließend zur Stromerzeugung in einer Turbine oder direkt als hydraulische Energiequelle genutzt werden.²¹

Im vorliegenden Kontext bietet sich eine potenzielle Synergie: Das Abwasser aus der Umkehrosmose-Stufe 1 (UO1) könnte als konzentrierte Solequelle dienen. Voraussetzung hierfür ist jedoch die Verfügbarkeit von Süßwasser, dessen Menge und Qualität noch zu klären sind. Ebenso ist derzeit nicht abschließend bewertet, welche Energiemengen durch das Verfahren unter den gegebenen Bedingungen erzeugt werden können.

Daher sind frühzeitige Gespräche mit SaltPower sowie eine technische Validierung im Rahmen des Projekts erforderlich, um zu prüfen, ob eine Integration wirtschaftlich und technisch sinnvoll ist.

²¹Nobian, „Pilotprojekt mit SaltPower“, Abgerufen am 22.07.2025, <https://www.nobian.com/de-de/nachhaltigkeit/fallstudien/pilot-projekt-mit-saltpower>
<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

7.2.6 Fazit

Es sind verschiedene Pfade dargestellt worden, die in Tabelle 16 zusammengefasst sind. Aus heutiger Sicht ist die Nutzung der bestehenden Pipeline der Raffinerie Heide ein naheliegender und weiter zu diskutierender Weg, der frühzeitig mit den beteiligten Institutionen (inkl. Untere Wasserbehörde) angegangen werden sollte.

Tabelle 16: Bewertung der potenziellen Pfade zur Abwasserbehandlung der Reinstwasseraufbereitung

Lösung	Beschreibung	Beurteilung
Einleitung ins Gewässer	Vorgaben WHG in Verbindung mit WRRL → Verschlechterungsverbot zu beachten	Eher nicht umsetzbar
Einleitung in die Kläranlage	Negativer Einfluss auf Mikroorganismen in Belebung und Belebtschlamm	Nicht umsetzbar
Verdampfung/ Reststoffentsorgung	Energieintensiv, Kosten Entsorgung	Eher umsetzbar
Nutzung Pipeline Raffinerie Heide	Synergieeffekte sofern betriebswirtschaftlich: Raffinerie partizipiert an (Reinst-)wasser-erzeugung, Nutzung bestehende Pipeline in Nordsee	Eher umsetzbar
Nutzung als Abfallprodukt	Abhängig vom Projektstand und Kooperationspartner, bspw. Salt-Power. Projekt ist noch in einer sehr frühen Phase.	Eher nicht umsetzbar

8 Worst-Case

Aufgrund der Ergebnisse der dritten Probenahme und deren Auswirkung auf die elektrische Leitfähigkeit (siehe Abschnitt 4.3) ist ein Worst-Case Szenario zu betrachten. Insbesondere ist es notwendig, bereits im ersten Aufbereitungsschritt (Rohwasser zu Trinkwasser) eine Entsalzung durchzuführen, um die Grenzwerte der TrinkwV zu erreichen. In den folgenden Abschnitten werden die Auswirkungen des Worst-Case im Hinblick auf die veränderten Entnahmemengen sowie die Aufbereitungskonzepte nach den zwei Verfahrensvarianten Umkehrosmose und Membrandestillation, den jeweiligen Platzbedarfen, Trassierung und der Abwasserentsorgung beschrieben. Abschließend wird ein Fazit gezogen.

8.1 Entnahme

Die Tabelle 17 stellt die Wasserbilanz im Worst-Case bei Variante 1 (Umkehrosmose) in der Reinstwasseraufbereitung dar. Im Worst-Case ist es notwendig, dass bereits in der ersten Stufe der Aufbereitung (Rohwasser zu Trinkwasser) eine Entsalzung durchgeführt wird. Die mit der Entsalzung notwendige Umkehrosmose in diesem frühen Schritt erhöht den Rohwasserbedarf aufgrund der geringeren Ausbeute: Ausgehend von einer jährlichen Rohwasserentnahme von 5,65 Mio. m³ wird das Wasser mehreren Aufbereitungsstufen unterzogen. Die Ausbeute der ersten Umkehrosmose-Stufe liegt bei lediglich 50 %, wodurch ein erheblicher Anteil des Wassers als Abwasser anfällt (2,96 Mio. m³/a). Nachgeschaltet folgen weitere Stufen mit jeweils 90 % Ausbeute. Insgesamt sind 5,93 Mio. m³ Wasser als Input für die erste Umkehrosmose erforderlich, um die Zielmenge von 2,4 Mio. m³ Reinstwasser pro Jahr bereitzustellen.

Tabelle 17: Wasserbilanz für die Variante 1 im Worst-Case

Verfahrensstufe	Wasserbedarf	Ausbeute	Abwasser	Volumenstrom
Rohwasserentnahme	5,65 Mio. m ³ /a	–	–	644 m ³ /h
Flockung + Ultrafiltration	5,65 Mio. m ³ /a	95 %	0,28 Mio. m ³ /a	–
UO 1	5,93 Mio. m ³ /a	50 %	2,96 Mio. m ³ /a	676 m ³ /h
UO 2 + EDI	2,96 Mio. m ³ /a	90 %	0,30 Mio. m ³ /a	338 m ³ /h
Polisher	2,67 Mio. m ³ /a	90 %	0,27 Mio. m ³ /a	304 m ³ /h
Reinstwasser	2,40 Mio. m ³ /a	–	–	274 m ³ /h

Tabelle 18 zeigt die Wasserbilanz im Worst-Case bei Variante 2 der Reinstwasseraufbereitung mittels Membrandestillation entlang der zentralen Verfahrensstufen. Ausgehend von einem jährlichen Rohwasserbedarf von 7,02 Mio. m³ wird das Wasser zunächst einer Ultrafiltration mit einer Ausbeute von 95 % unterzogen. In der nachfolgenden Membrandestillation liegt die Ausbeute bei 40 %, wodurch ein erheblicher Anteil des Wassers als Abwasser anfällt (4,27 Mio. m³/a). Nachgeschaltet erfolgt eine

Feinreinigung im Polisher mit einer Ausbeute von 90 %. Insgesamt sind 7,02 Mio. m³ Wasser erforderlich, um eine Reinstwassermenge von 2,4 Mio. m³ pro Jahr bereitzustellen.

Tabelle 18: Wasserbilanz für die Variante 2 im Worst-Case

Verfahrens- stufe	Wasserbedarf	Ausbeute	Abwasser	Volumen- strom
Rohwasser- entnahme	7,02 Mio. m ³ /a	–	0,35 Mio. m ³ /a	801 m ³ /h
Ultrafiltra- tion	7,02 Mio. m ³ /a	95 %	–	801 m ³ /h
Membran- destillation	6,67 Mio. m ³ /a	40 %	4,27 Mio. m ³ /a	761 m ³ /h
Polisher	2,67 Mio. m ³ /a	90 %	0,27 Mio. m ³ /a	304 m ³ /h
Reinstwasser	2,40 Mio. m ³ /a	–	–	–

Am Beispiel der bevorzugten Variante 1 (siehe Abschnitt 6.1.3) sind für die Entnahme des Rohwassers zwei zusätzliche Ansaugsiebe erforderlich, um die Menge von 644 m³/h (siehe Tabelle 17) zu ermöglichen. Damit verbunden sind Erweiterungen am Rohrleitungssystem und eine größere Baugrube mittels Spundwände. Die damit verbundenen Mehrkosten werden mit 300.000 € angesetzt, verbunden mit einer etwas längeren Bauzeit von 2 Monaten.

8.2 Trassierung

Für die Menge im neu definierten Worst Case von 5,65 Mio. m³ wurden zwei Abschnitte getrennt voneinander betrachtet. Zunächst wird das Wasser bis zum ersten Aufbereitungsort am Meldorfer Hafen transportiert. Für die Gesamtmenge wird hier eine Vergrößerung des Querschnitts auf DN 600 notwendig mit einem Gefälle von 0,5 %. Die Schächte in diesem Teilbereich werden korrespondierend auf DN 1200 vergrößert, um die Revision der Leitung zu ermöglichen. Nach der ersten Aufbereitung wird eine reduzierte Menge von 2,95 Mio. m³ vom Meldorfer Hafen bis zur Raffinerie geleitet. Die erforderliche Leitung kann als DN 400 und einem Gefälle von 0,5 % dimensioniert werden. Die Auslegungsdaten sind in Tabelle 19 zusammengefasst.

Tabelle 19: Dimensionierung Trasse für „Worst Case“

Entnahmemenge	Qt	Qt	ΣQt	DN	Gefälle	Qv	Vv	Qt/Qv
[m ³ /a]	[m ³ /h]	[l/s]	[l/s]	[mm]	[‰]	[l/s]	[m/s]	[%]
5.650.000 „worst case“ Bis zum Meldorfer Ha- fen	644	179	179	600	5	433	1,53	41
2.950.000 „worst case“ vom Meldorfer Hafen bis zur Raffinerie	338	94	94	400	5	148	1,18	63

Die Auswirkungen auf die Kosten wurden abgeleitet. Nach aktuellem Kenntnisstand würden Mehrkosten von knapp 2,7 Mio. € entstehen, wodurch sich der Investitionsbedarf von ca. 12,5 Mio. € (siehe 5.5 auf 14,2 Mio. € erhöhen würde. Weiterhin wäre eine etwas längere Bauzeit von 4 Monaten durch die größeren Nennweiten zu erwarten.

8.3 Aufbereitung

8.3.1 Variante 1 – Umkehrosmose

Für die erste Verfahrensstufe, in der das Rohwasser auf Trinkwasserqualität aufbereitet wird, ergibt sich ein Gesamtflächenbedarf von 1.008 m². Die Anlage ist grundsätzlich für den schlechtesten Fall zu dimensionieren, um die Reinstwasser-Qualitätsanforderungen zu erfüllen. Erfolgt das nicht, dann werden einerseits die Qualitätsanforderungen nicht erfüllt und andererseits kann es zu einem höheren Verschleiß und Wartungsaufwand kommen. Zeiten geringer Belastungen des Rohwassers können dann durch eine andere betriebliche Fahrweise (bspw. höherer Durchsatz) umgesetzt werden. Die einzelnen Komponenten sind konzeptionell wie folgt dimensioniert:

- **Rohwasserbehälter:** Zur Zwischenspeicherung bei einem Zufluss von 644 m³/h wird ein Volumen von 1.200 m³ für eine zweistündige Versorgung vorgehalten. Bei einer Behälterhöhe von 5,5 m ergibt sich eine Grundfläche von 218 m².
- **Enteisenung und Entmanganung:** Die erforderliche Fläche wird auf 160 m² geschätzt.
- **Ultrafiltration:** Bei einem maximalen Durchsatz von 130 m³/h pro Anlage und einem Gesamtzufluss von 644 m³/h sind mindestens fünf Anlagen erforderlich. Daraus ergibt sich ein Flächenbedarf von 80 m².
- **Spülwasserbecken:** Für die Rückspülung der Ultrafiltration wird ein Volumen von 644 m³ vorgehalten. Bei einer Behälterhöhe von 5 m ergibt sich eine Grundfläche von 128 m².
- **Meerwasser-Umkehrosmose (UO):** Am ersten Standort erfolgt die Aufbereitung des Rohwassers auf Trinkwasserqualität mittels Umkehrosmoseverfahren. Zur Aufbereitung kommt eine speziell für salzhaltiges Wasser ausgelegte Meerwasser-Umkehrosmoseanlage (SWRO) zum Einsatz. Diese Anlagenart ist für den Betrieb mit erhöhtem osmotischem Druck konzipiert und weist eine typische Ausbeute von ca. 50 % auf. Für den vorliegenden Anwendungsfall wird ein Durchsatz von 130 m³/h angestrebt. Die Flächenanforderung pro Anlage werden mit ca. 16 m² geschätzt. Um den erforderlichen Gesamtdurchsatz zu erreichen, sind mindestens fünf parallel betriebene Anlagen erforderlich. Dementsprechend wird eine Gesamtfläche von 80 m² für die Aufstellung der Umkehrosmoseanlagen vorgehalten.
- **Speicherbecken (UO-Ausgang):** Für die Speicherung des Permeats aus der Meerwasser-UO (338 m³/h) wird ein Volumen von 650 m³ vorgehalten. Bei 5 m Behälterhöhe ergibt sich eine Fläche von 130 m².
- **Abwasserbehälter:** Das aus der Meerwasser-Umkehrosmoseanlage stammende Konzentrat (Abwasser) mit einer Fördermenge von ca. 338 m³/h wird in einem Zwischenspeicher vorgehalten. Der Speicherbehälter ist mit einer Höhe

von 3 m ausgelegt. Daraus ergibt sich eine erforderliche Grundfläche von ca. 112 m².

- **Pumpwerk:** Der Flächenbedarf wird mit 120 m² angesetzt.
- **Nebenanlagen:** Zusätzlich werden 10 % der bisher berechneten Fläche (1028 m²) für Nebenanlagen berücksichtigt, entsprechend 103 m².

Für die in der ersten Stufe vorgesehenen Anlagen zur Brackwasseraufbereitung mittels Meerwasser-Umkehrosmose ist ein Gesamtflächenbedarf von 1.131 m² vorgesehen. Dieser Wert umfasst die Aufstellflächen für die Umkehrosmoseanlagen selbst sowie die zugehörige Infrastruktur.

Nun folgt eine Auflistung der Komponenten für die Stufe 2 am zweiten Standort:

- **Pufferbecken:** Am zweiten Standort ist zur Reinstwasseraufbereitung ein Pufferspeicher vorgesehen. Bei einem Zulaufvolumenstrom von 338 m³/h beträgt das erforderliche Speichervolumen 670 m³. Unter der Annahme einer Behälterhöhe von 6 m ergibt sich daraus eine Grundfläche von ca. 113 m².
- **UO 2:** Für die Umkehrosmose der zweiten Stufe in Kombination mit einer EDI ist eine Anlagenleistung von 70 m³/h vorgesehen. Zur Abdeckung des Gesamtbedarfs sind mindestens fünf parallel betriebene Anlagen erforderlich. Der Flächenbedarf hierfür beträgt insgesamt ca. 80 m².
- **Ionentauscher, Speicherbecken:** Die Dimensionierung der Ionenaustauscher sowie des nachgeschalteten Speichers zur Versorgung des Elektrolyseurs bleibt unverändert, da die zu behandelnde Wassermenge der Standardauslegung entspricht. Für die Ionenaustauscher werden ca. 130 m² und für das Speichervolumen zur Elektrolyseurspeisung ca. 100 m² benötigt.
- **Nebenanlagen:** Zusätzlich sind Nebenanlagen mit einem Flächenbedarf von ca. 10 % der bisherigen Gesamtfläche (423 m²) zu berücksichtigen, was rund 42 m² entspricht.

Der gesamte Flächenbedarf für die zweite Verfahrensstufe beläuft sich somit auf ca. 465 m². Der Platzbedarf für die zweite Verfahrensstufe fällt geringer aus, weil der Großteil der Entsalzung im ersten Verfahrensschritt erfolgt.

In Tabelle 20 ist die Auflistung der Komponenten für die Stufe 1 und 2 mit dem entsprechenden Anteil an der Gesamtfläche wiederzufinden. Im Vergleich zur Standardbetrachtung liegt der Flächenbedarf für Stufe 1 damit 65% höher und bei Stufe 2 32% niedriger.

Tabelle 20: Auflistung Flächenbedarf Variante 1 - Worst Case

Anlage	Fläche	Anteil Gesamtfläche
Rohwasserbehälter	218 m ²	19 %
Enteisenung/ Entmanganung	160 m ²	14 %
Ultrafiltration	80 m ²	7 %

Spülwasserbecken	128 m ²	11 %
Meerwasser-Umkehrosmose	80 m ²	7 %
Speicherbecken	130 m ²	12 %
Abwasserbehälter	112 m ²	10 %
Pumpwerk	120 m ²	11 %
Nebenanlagen	103 m ²	9 %
Summe TW-Aufbereitung (Stufe 1)	1131 m²	100 %
Pufferbecken	113 m ²	24 %
Umkehrosmose 2	80 m ²	17 %
Ionentauscher	130 m ²	28 %
Speicherbecken	100 m ²	22 %
Nebenanlagen	43 m ²	9 %
Summe Reinstwasser-Aufbereitung (Stufe 2)	465 m²	100 %

Als Standort für die erste Aufbereitungsstufe bietet sich weiterhin die unbebaute Wiesenfläche am Meldorfer Hafenstrom an (siehe Abbildung 30). Die verfügbare Fläche beträgt rund 3.300 m². Für die Umsetzung der Trinkwasseraufbereitungsanlage wird ein Flächenbedarf von etwa 686 m² veranschlagt. Damit steht am vorgesehenen Standort ausreichend Platz zur Verfügung, um die erforderlichen Anlagenteile einschließlich Nebenanlagen unterzubringen und gegebenenfalls Erweiterungsflächen vorzuhalten.

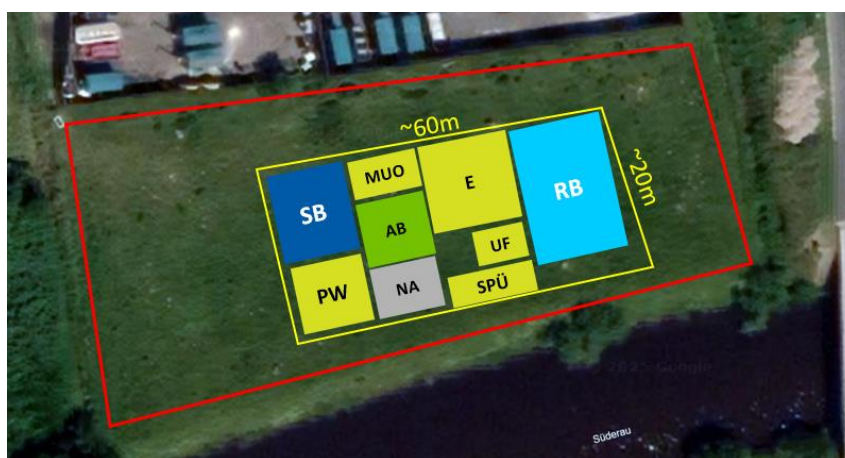


Abbildung 30: Flächenbelegung Standort Trinkwasseraufbereitung - Variante 1 für Worst-Case

Wie in Abbildung 30 dargestellt, zeigt sich die Auswirkung des erhöhten Flächenbedarfs im Vergleich zur Standard-Betrachtung. Aufgrund der geänderten Randbedingungen ist in der ersten Verfahrensstufe eine größere Anzahl an Anlagen erforderlich, was sich

unmittelbar auf die Gesamtfläche auswirkt. Die Abkürzungen in der Darstellung stehen für die jeweiligen Funktionseinheiten:

- RB bezeichnet den Rohwasserbehälter,
- E steht für die Enteisungs- und Entmanganungsstufe,
- UF für die Ultrafiltration,
- SPÜ für das Spülwasserbecken,
- MUO für die Meerwasser-Umkehrosmoseanlage,
- AB für den Abwasserbehälter,
- SB für das Speicherbecken,
- PW für das zugehörige Pumpwerk
- sowie NA für die Nebenanlagen.

8.3.2 Variante 2 – Membrandestillation

Die Ergebnisse der dritten Wasseranalyse führen zu signifikanten Änderungen in der technischen Auslegung der Variante 2 (Membrandestillation). Insbesondere ergibt sich ein deutlich erhöhter Rohwasserbedarf. Während in der Standardbetrachtung ein Jahresbedarf von 4,4 Mio. m³ zugrunde gelegt wurde, ist nun mit einem Bedarf von 7,0 Mio. m³ zu rechnen. Diese Anpassung hat direkte Auswirkungen auf die Dimensionierung der Verfahrensstufen, die Anzahl der benötigten Anlagen sowie den Flächenbedarf.

Für die erste Verfahrensstufe, in der das Rohwasser auf Trinkwasserqualität aufbereitet wird, ergibt sich ein Gesamtflächenbedarf von 1.749 m². Die einzelnen Komponenten sind wie folgt dimensioniert:

- **Rohwasserbehälter:** Zur Zwischenspeicherung bei einem Zufluss von 801 m³/h wird ein Volumen von 1.600 m³ für eine zweistündige Versorgung vorgehalten. Bei einer Behälterhöhe von 5,5 m ergibt sich eine Grundfläche von 290 m².
- **Enteisung und Entmanganung:** Aufgrund fehlender Referenzwerte wird die erforderliche Fläche auf 160 m² geschätzt.
- **Ultrafiltration:** Bei einem maximalen Durchsatz von 130 m³/h pro Anlage und einem Gesamtzufluss von 801 m³/h sind mindestens sechs Anlagen erforderlich. Daraus ergibt sich ein Flächenbedarf von 96 m².
- **Spülwasserbecken:** Für die Rückspülung der Ultrafiltration wird ein Volumen von 800 m³ vorgehalten. Bei einer Behälterhöhe von 5 m ergibt sich eine Grundfläche von 160 m².
- **Membrandestillation:** Die Anlage wurde auf Basis technischer Annahmen mit einer Länge von 35 m, einer Breite von 4 m und einer Höhe von 8 m dimensioniert. Daraus ergibt sich ein Flächenbedarf von 140 m².
- **Speicherbecken:** Für die Speicherung des Permeats aus der Membrandestillation (304 m³/h) wird ein Volumen von 600 m³ vorgehalten. Bei 5 m Behälterhöhe ergibt sich eine Fläche von 130 m².
- **Abwasserbehälter:** Das aus der Membrandestillation stammende Konzentrat (Abwasser) mit einer Fördermenge von ca. 487 m³/h wird in einem Zwischenspeicher für max. zwei Stunden vorgehalten. Der Speicherbehälter ist mit einer

Höhe von 3 m ausgelegt. Daraus ergibt sich eine erforderliche Grundfläche von ca. 324 m².

- **Pumpwerk:** Der Flächenbedarf wird mit 120 m² angesetzt.
- **Nebenanlagen:** Zusätzlich werden 10 % der bisher berechneten Fläche (1410 m²) für Nebenanlagen berücksichtigt, entsprechend 141 m².

Für die in der ersten Stufe vorgesehenen Anlagen zur Brackwasseraufbereitung mittels Membrandestillation ist ein Gesamtflächenbedarf von 1.551 m² vorgesehen.

Nun folgt eine Auflistung der Komponenten für die Stufe 2 am zweiten Standort:

- **Pufferbecken:** Am zweiten Standort ist zur Reinstwasseraufbereitung ein Pufferspeicher vorgesehen. Bei einem Zulaufvolumenstrom von 304 m³/h beträgt das erforderliche Speichervolumen 600 m³. Unter der Annahme einer Behälterhöhe von 6 m ergibt sich daraus eine Grundfläche von ca. 100 m².
- **Ionentauscher, Speicherbecken:** Die Dimensionierung der Ionenaustauscher sowie des nachgeschalteten Speichers zur Versorgung des Elektrolyseurs bleibt unverändert, da die zu behandelnde Wassermenge der Standardauslegung entspricht. Für die Ionenaustauscher werden ca. 130 m² und für das Speichervolumen zur Elektrolyseurspeisung ca. 100 m² benötigt.
- **Nebenanlagen:** Zusätzlich sind Nebenanlagen mit einem Flächenbedarf von ca. 10 % der bisherigen Gesamtfläche (330 m²) zu berücksichtigen, was rund 33 m² entspricht.

Der gesamte Flächenbedarf für die zweite Verfahrensstufe beläuft sich somit auf ca. 363 m². Der Platzbedarf für die zweite Verfahrensstufe fällt geringer aus, weil der Großteil der Entsalzung im ersten Verfahrensschritt erfolgt.

In Tabelle 21 ist die Auflistung der Komponenten für die Stufe 1 und 2 mit dem entsprechenden Anteil an der Gesamtfläche wiederzufinden. Im Vergleich zur Standardbetrachtung ist der Flächenbedarf für Stufe 1 mit 126% mehr als doppelt so hoch und bei Stufe 2 um 27% kleiner.

Tabelle 21: Auflistung Flächenbedarf Variante 2 - Worst Case

Anlage	Fläche	Anteil Gesamtfläche
Rohwasserbehälter	290 m ²	19 %
Enteisenung/ Entmanganung	160 m ²	10 %
Ultrafiltration	96 m ²	6 %
Spülwasserbecken	160 m ²	10 %
Membrandestillation	140 m ²	9 %
Speicherbecken	120 m ²	8 %

Abwasserbehälter	324 m ²	21 %
Pumpwerk	120 m ²	8 %
Nebenanlagen	141 m ²	9 %
Summe TW-Aufbereitung (Stufe 1)	1551 m²	100 %
Pufferbecken	100 m ²	28 %
Ionentauscher	130 m ²	36 %
Speicherbecken	100 m ²	27 %
Nebenanlagen	33 m ²	9 %
Summe Reinstwasser-Aufbereitung (Stufe 2)	363 m²	100 %

Wie in Abbildung 31 dargestellt, zeigt sich die Auswirkung des erhöhten Flächenbedarfs im Vergleich zur Standard-Betrachtung. Aufgrund der geänderten Randbedingungen ist in der ersten Verfahrensstufe eine größere Anzahl an Anlagen erforderlich, was sich unmittelbar auf die Gesamtfläche auswirkt. Ein besonders auffälliger Bestandteil der zweiten Verfahrensstufe ist der Abwasserbehälter, dessen Flächenbedarf mit nahezu 20 % der Gesamtfläche einen erheblichen Anteil ausmacht. Diese Dimensionierung ist technisch nachvollziehbar, da bei Volllastbetrieb rund 487 m³/h an Abwasser anfallen, die zwischengespeichert und kontrolliert abgeführt werden müssen.



Abbildung 31: Flächenbelegung Standort Trinkwasseraufbereitung - Variante 2 für Worst-Case

Die Abkürzungen in der Darstellung stehen für die jeweiligen Funktionseinheiten:

- RB bezeichnet den Rohwasserbehälter,
- E steht für die Enteisungs- und Entmanganungsstufe,
- UF für die Ultrafiltration,
- SPÜ für das Spülwasserbecken,
- MD für die Membrandestillation,
- AB für den Abwasserbehälter,
- SB für das Speicherbecken,
- PW für das zugehörige Pumpwerk
- sowie NA für die Nebenanlagen.

8.4 Abwasserbeseitigung

Im Worst-Case-Szenario ist aufgrund der hohen Konzentrationen eine UO in der Trinkwasseraufbereitung vorgesehen. Daraus resultiert Abwasser mit einem erhöhten Salzgehalt, das in Tabelle 22 dargestellt ist. Die Konzentration der Inhaltsstoffe im Abwasser ergibt sich aus der Aufbereitung des Rohwassers in der Umkehrosmoseanlage 1 (UO1). Bei einer Rückhalterate von 96 % und einer Ausbeute von 50 % wird das zurückgehaltene Konzentrat entsprechend angereichert. Dies führt zu einer signifikanten Erhöhung der gelösten Stoffe im Abwasserstrom.

Tabelle 22: Abwasserkonzentration des 1. Abwasserstroms der Umkehrosmose 1 (Worst-Case)

Parameter	3. Probenahme	Abwasser
Kalium	38 mg/l	74,5 mg/l
Natrium	930 mg/l	1.823 mg/l
Chlorid	1.800 mg/l	3.528 mg/l
Nitrat	9,2 mg/l	18 mg/l
Sulfat	300 mg/l	588 mg/l
Nitrit	0,21 mg/l	0,4 mg/l

Zudem steigt der Wasserbedarf aufgrund der hohen Salzkonzentration, woraus eine höhere Abwassermenge resultiert. In Variante 1 erhöht sich Abwassermenge auf 0,28 Mio. m³/a, was einem Abfluss von ca. 770 m³/d entspricht. Bei einer Verweilzeit von 1,5 Tagen muss das Absetzbecken mind. 1200 m³ fassen. Mit einer Tiefe von 5 m beansprucht das Becken eine Grundfläche von mindestens 240 m². Bei der Variante 2 fällt aus der Trinkwasseraufbereitung eine jährliche Abwassermenge von 0,35 m³/a an, das

entspricht 960 m³/d. Die resultierende Beckengröße beträgt 1440 m³ mit einer Oberfläche von 280 m².

Da die Trinkwasseraufbereitung nicht am gleichen Standort wie die Reinstwasseraufbereitung stattfindet, ist es nicht möglich das Abwasser der Trinkwasseraufbereitung an die Abwasserbehandlung der Reinstwasseraufbereitung anzuschließen.

Aufgrund der in 9.3 genannten Vorgaben des WHG ist eine Direkteinleitung ohne Aufbereitungsmaßnahmen nicht zulässig. Das eingeleitete Soleabwasser würde die Wasserqualität des Miele Speicherbeckens verschlechtern und dementsprechend das Verschlechterungsverbot der WRRL verletzen.

Die Abwasserbehandlung der Reinstwasseraufbereitung wird nicht grundlegend geändert. Das Verfahren ist Kapitel 6 u entnehmen. Durch die veränderten Prozessmengen ist lediglich die Dimensionierung der Destillationsanlage anzupassen.

8.5 Fazit

Die Auswirkungen des Worst-Case-Szenario sind in Tabelle 23 zusammenfassend dargestellt

Tabelle 23: Auswirkungen Worst-Case-Szenario

Paket	Auswirkungen auf		
	Technik	Kosten (netto)	Termine
Entnahme	2 zusätzliche Ansaugsiebe, höhere Rohwasser-Pumpenleistung	Ca. 300.000 €	Verlängerte Bauzeit um ca. 2 Monate
Trassierung	Erhöhung Durchmesser Leitung von DN 400 auf DN 600 von Entnahme bis Meldorfer Hafen	Ca. 2.700.000 €	Verlängerung Bauzeit um ca. 4 Monate
Aufbereitung	Umkehrosmose bereits im Rahmen TW-Aufbereitung notwendig, Erhöhung Flächenbedarf um 65%	Ca. 8.000.000 €	Verlängerung Bauzeit um ca. 8 Monate
Abwasserbeseitigung	Keine Möglichkeit der Nutzung der Pipeline der Raffinerie, da Soleabwasser bereits am Meldorfer Hafen anfällt → Entsorgung Soleabwasser aus TW-Aufbereitung notwendig → genehmigungsrechtlich kritisch		

Sofern sich über ein längeres Monitoring die hohe elektrische Leitfähigkeit (Salzgehalt) bestätigt, besteht ein Lösungsansatz darin, den Ort der Entnahme an den Ort der Aufbereitung zu setzen (Meldorfer Hafen). Dies unter der Annahme, dass durch die Entfernung zum Kronenloch der Salzgehalt nicht beeinflusst wird. Unter diesen Umständen wird keine Umkehrosmose in der Trinkwasseraufbereitung benötigt und es kann weiterhin mit den drei Ansaugsieben gerechnet werden. Die Wassertiefe am Pegel beträgt am Ufer ca. 2 Meter (siehe Abbildung 32), was eine Umsetzung der Entnahme technisch umsetzbar erscheinen lässt. Diesem Lösungsansatz folgend, könnten ca. 5 km Leitungen eingespart werden (Speicherbecken zum Meldorfer Hafen), was monetär ca. 3,9 Mio. € bedeutet.

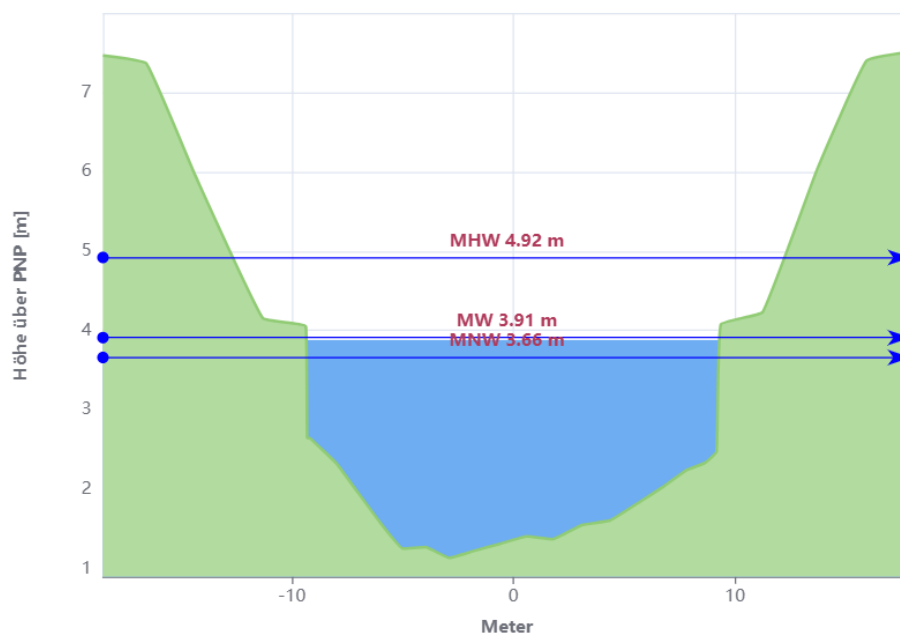


Abbildung 32: Pegelprofil Meldorfer Hafen (Quelle: opendata.sh.de)

9 Genehmigungskonzept

9.1 Entnahme

Die Untere Wasserbehörde (UWB) im Kreis Dithmarschen ist zuständig für alle oberirdischen Gewässer und für das Grundwasser innerhalb Dithmarschens. Zum Aufgabenbereich zählt insbesondere die Erteilung von Genehmigungen sowie wasserrechtlichen Erlaubnissen im Anschluss an förmliche Verfahren, wie etwa Planfeststellungs- und Plangenehmigungsverfahren. Diese betreffen die Entnahme von Wasser aus sowie die Einleitung von Stoffen in oberirdische Gewässer und das Grundwasser.

Genehmigungspfade

Rechtsgrundlage für eine Wasser-Entnahme ist §23 Abs. 1 Landeswassergesetz (LWG) „Die Errichtung oder die wesentliche Änderung von Anlagen in oder an oberirdischen Gewässern bedarf der Genehmigung der Wasserbehörde“ in Verbindung mit §36 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) Abs. 1 „Anlagen in, an, über und unter oberirdischen Gewässern sind so zu errichten, zu betreiben, zu unterhalten und stillzulegen, dass keine schädlichen Gewässerveränderungen zu erwarten sind und die Gewässerunterhaltung nicht mehr erschwert wird, als es den Umständen nach unvermeidbar ist.“

Gemäß § 8 WHG ist die Entnahme von Wasser aus oberirdischen Gewässern eine Gewässerbenutzung und bedarf grundsätzlich einer behördlichen Erlaubnis oder Bewilligung. Diese Nutzung darf nur erfolgen, wenn sie mit dem Wohl der Allgemeinheit vereinbar ist und die Anforderungen des WHG sowie weiterer öffentlich-rechtlicher Vorschriften erfüllt werden.

Wenn die Wasserentnahme mit baulichen Maßnahmen am Gewässer verbunden ist (z. B. Errichtung von Entnahmebauwerken), handelt es sich um einen Gewässerausbau im Sinne des § 67 WHG. In diesem Fall ist gemäß § 68 WHG ein Planfeststellungsverfahren durchzuführen. Alternativ kann unter bestimmten Voraussetzungen eine Plangenehmigung erteilt werden:

- Planfeststellung (§ 68 Abs. 1 WHG): Erforderlich bei erheblichen Eingriffen in das Gewässer oder seine Ufer.
- Plangenehmigung (§ 68 Abs. 2 WHG): Möglich, wenn keine Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung besteht und keine erheblichen nachteiligen Auswirkungen auf das Allgemeinwohl zu erwarten sind.

Die Pflicht zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) richtet sich nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG). Eine UVP ist insbesondere dann erforderlich, wenn:

- die Maßnahme erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt haben kann,
- Schwellenwerte überschritten werden (z. B. bei der Entnahmemenge),
- das Vorhaben in einem besonders geschützten Gebiet (z. B. Natura 2000) liegt.

Liegt eine UVP-Pflicht vor, ist zwingend ein Planfeststellungsverfahren durchzuführen. Eine Plangenehmigung ist in diesem Fall ausgeschlossen.

Zusammenfassend ergibt sich gemäß Abbildung 33 folgender Entscheidungsbaum für die Entnahme:

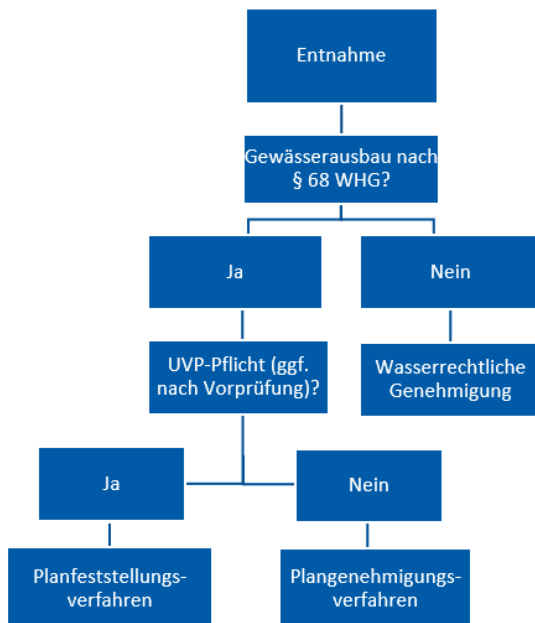


Abbildung 33: Potenzielle Genehmigungspfade bzgl. Entnahme

Für die Entnahme kann, unabhängig von der Ausgestaltung als Ansaugsieb oder Entnahmehauwerk, gemäß Auskunft der Unteren Wasserbehörde im Kreis Dithmarschen für das Grundsystem (siehe Kapitel 3) nicht von einer Umgestaltung des Gewässers ausgegangen werden, daher wäre hierfür auch keine Umweltverträglichkeitsprüfung und kein Planfeststellungsverfahren notwendig. Aus Sicht der Unteren Wasserbehörde ist demnach §8 WHG relevant. Dieser beschreibt, wie bereits ausgeführt, einen Benutzungstatbestand, was eine wasserrechtliche Genehmigung nach sich zieht.

Naturschutzrechtliche Einordnung und FFH-Prüfung

Wird ein Genehmigungsverfahren auf Grundlage anderer gesetzlicher Regelungen durchgeführt, erfolgt die Klärung naturschutzrechtlicher Aspekte in der Regel durch die zuständige Genehmigungsbehörde in Abstimmung mit der jeweils verantwortlichen Naturschutzbehörde. In diesem Zusammenhang wird die Untere Naturschutzbehörde (UNB) als fachlich beteiligte Stelle zur naturschutzfachlichen Bewertung von der Unteren Wasserbehörde eingebunden.

Der Standort der geplanten Wasserentnahme liegt in einem ökologisch sensiblen Bereich, insbesondere sind folgende Schutzgebiete betroffen (siehe Abbildung 34)²²

- FFH-Gebiet DE 0916-391 „Nationalpark Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und angrenzende Küstengebiete“
- EU-Vogelschutzgebiet DE 0916-491 „Ramsar-Gebiet Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer und angrenzende Küstengebiete“
- Naturschutzgebiete „Wöhrdener Loch / Speicherkoog Dithmarschen“ und „Kronenloch / Speicherkoog Dithmarschen“
- Landschaftsschutzgebiet „Speicherkoog Dithmarschen (Nordkoog)“

²² Umweltportal Schleswig-Holstein

<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

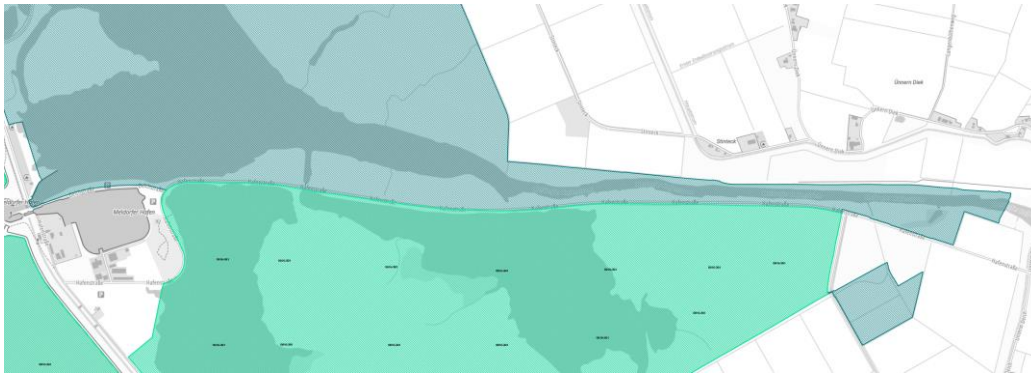


Abbildung 34: Schutzgebiete (blau: EU-Vogelschutzgebiet 5000, grün zusätzlich: FFH-Gebiet 5000)

Die Vogelschutz- und FFH-Richtlinien der Europäischen Union sehen die Ausweisung von Schutzgebieten vor. Diese Gebiete bilden gemeinsam das ökologische Netzwerk NATURA 2000. Ziel dieses europaweiten Verbunds ist der Erhalt natürlicher Lebensräume sowie der Schutz gefährdeter wildlebender Tier- und Pflanzenarten in den Mitgliedstaaten.

Für geplante Maßnahmen oder Projekte innerhalb von Natura 2000-Gebieten ist vor deren Genehmigung eine sogenannte FFH-Verträglichkeitsprüfung erforderlich. Diese Pflicht ergibt sich aus § 34 des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) in Verbindung mit landesrechtlichen Vorschriften wie § 25 des jeweiligen Landesnaturschutzgesetzes (LNatSchG). In diesen Schutzgebieten gilt grundsätzlich ein Verbot der Verschlechterung des Erhaltungszustands.

Die Verträglichkeitsprüfung ist unabhängig von anderen umweltrechtlichen Prüfverfahren, etwa der Umweltverträglichkeitsprüfung nach dem UVPG, durchzuführen. Zunächst erfolgt eine Vorprüfung, um festzustellen, ob das Vorhaben potenziell erhebliche Auswirkungen auf ein Natura 2000-Gebiet haben könnte. Dabei spielt es keine Rolle, ob das Projekt innerhalb des Gebiets oder außerhalb mit indirekten Einflüssen geplant ist. Kann eine erhebliche Beeinträchtigung nicht sicher ausgeschlossen werden, ist eine umfassende FFH-Verträglichkeitsprüfung erforderlich.

Die Prüfung der Vereinbarkeit eines Vorhabens mit den Anforderungen der FFH-Richtlinie erfolgt auf Grundlage der für das jeweilige Schutzgebiet definierten Erhaltungsziele. Zentrales Bewertungskriterium ist dabei, ob durch das geplante Projekt potenziell erhebliche Beeinträchtigungen der für die Erhaltungsziele relevanten Bestandteile eines Natura 2000-Gebiets zu erwarten sind.

Gegenstand der FFH-Verträglichkeitsprüfung (FFH-VP) sind insbesondere:

- die vorhandenen Lebensraumtypen gemäß Anhang I der FFH-Richtlinie einschließlich ihrer charakteristischen Arten,
- die betroffenen Arten des Anhangs II der FFH-Richtlinie sowie Vogelarten nach Anhang I und Artikel 4 Absatz 2 der Vogelschutzrichtlinie, einschließlich ihrer Lebensräume und Vorkommen,
- sowie die anzutreffenden standortbezogenen biotischen und abiotischen Faktoren, funktionale räumliche Zusammenhänge, strukturelle Gegebenheiten sowie gebietsspezifische ökologische Funktionen und Besonderheiten, die für die genannten Lebensräume und Arten von Bedeutung sind.

Der zentrale methodische Schritt innerhalb der FFH-Verträglichkeitsprüfung besteht in der Bewertung der Erheblichkeit potenzieller Beeinträchtigungen. Diese erfolgt stets einzelfallbezogen unter Berücksichtigung von Kriterien wie Ausmaß, Intensität und zeitlicher Dauer der möglichen Auswirkungen. Aus rechtlicher Sicht ist nicht der Nachweis einer tatsächlichen Beeinträchtigung erforderlich, vielmehr genügt bereits eine hinreichende Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens, um die Unzulässigkeit eines Vorhabens auszulösen²³.

Die in Bezug auf das Speicherbecken aufgeführten Gebiete sind ökologisch eng miteinander verknüpft. Eine Veränderung des Wasserhaushalts durch Entnahme bzw. bauliche Maßnahmen könnte gemäß Auskunft der Unteren Naturschutzbehörde des Kreises Dithmarschen erhebliche Auswirkungen auf die Erhaltungsziele haben. Die Anforderungen an eine Genehmigung sind entsprechend hoch. Für die Prüfung sind detaillierte Daten zur Tier- und Pflanzenwelt erforderlich, gegebenenfalls ergänzt durch saisonabhängige Erhebungen vor Ort, was einen zeitlichen Vorlauf von mindestens einem Jahr bedeuten kann. Eine belastbare Bewertung der Auswirkungen setzt zudem präzise Informationen zu den geplanten baulichen und betrieblichen Maßnahmen voraus.

Im Rahmen dieser Prüfung wird auch die kumulative Wirkung mehrerer Vorhaben berücksichtigt. Sollte sich herausstellen, dass das Projekt wesentliche Bestandteile eines Natura 2000-Gebiets beeinträchtigen könnte, die für dessen Erhaltungsziele oder Schutzzweck entscheidend sind, ist eine Genehmigung grundsätzlich ausgeschlossen.

Eine Ausnahme von diesem Verbot ist unter bestimmten Voraussetzungen möglich. Führt ein Vorhaben – sei es isoliert oder im Zusammenwirken mit weiteren Projekten – zu erheblichen Beeinträchtigungen eines Gebiets von gemeinschaftlicher Bedeutung in seinen für die Erhaltungsziele maßgeblichen Bestandteilen, so kann eine abweichende Zulassung im Rahmen einer Ausnahmeprüfung gemäß § 34 Abs. 3 bis 5 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) erteilt werden, sofern folgende Voraussetzungen kumulativ erfüllt sind²⁴:

- Das Vorhaben ist aus zwingenden Gründen des überwiegenden öffentlichen Interesses, einschließlich solcher sozialer oder wirtschaftlicher Art, erforderlich und die mit dem Projekt verfolgten Interessen überwiegen nachweislich die betroffenen Belange des Natura 2000-Gebiets;
- Zumutbare Alternativen, mit denen der mit dem Vorhaben verfolgte Zweck an anderer Stelle oder in anderer Weise ohne oder mit geringeren Beeinträchtigungen erreicht werden könnte, sind nicht gegeben;
- Es wurden geeignete Maßnahmen zur Sicherung der Kohärenz des Natura 2000-Netzes in funktionaler, räumlicher und zeitlicher Hinsicht fachlich fundiert vorgesehen und in hinreichendem Umfang umgesetzt.

Beispiel: Entnahme „Schwarze Elster“

Ein konkretes Beispiel für einen Konflikt zwischen Oberflächenwasserentnahme und Natura 2000-Schutzgebieten ist das Projekt zur Wasserentnahme aus der Schwarzen Elster in Brandenburg²⁵:

Das Natura 2000-Gebiet „Mittellauf der Schwarzen Elster“ liegt in Brandenburg. Es umfasst mehrere FFH-Gebiete entlang des Flusses Schwarze Elster, die wichtige Lebensräume für geschützte Arten bieten. Das Gebiet ist Lebensraum für verschiedene

²³ Bundesamt für Naturschutz, 2019

²⁴ Bundesamt für Naturschutz, 2019

²⁵ MUGV, 2012

<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

geschützte Arten, darunter die Flussperlmuschel und verschiedene Amphibienarten. Es umfasst auch wertvolle Feuchtgebiete und Auenlandschaften, die für den Erhalt der biologischen Vielfalt von großer Bedeutung sind.

In Trockenjahren wurde diskutiert, Wasser aus der Schwarzen Elster zur landwirtschaftlichen Beregnung zu entnehmen. Dies hätte den Wasserstand in sensiblen Abschnitten weiter abgesenkt und die Lebensräume in den FFH-Gebieten beeinträchtigt. Die geplante Wasserentnahme wurde einer FFH-Verträglichkeitsprüfung unterzogen. Die Entnahme wurde nur eingeschränkt genehmigt, unter der Auflage, dass bestimmte Mindestwasserstände nicht unterschritten werden dürfen. Zusätzlich wurden Monitoringmaßnahmen eingeführt, um die Auswirkungen auf die geschützten Arten zu beobachten.

Fazit

Für die Entnahme lässt sich zusammenfassen:

- Es handelt sich nicht um einen Gewässerausbau nach § 68 WHG.
- Es ist eine wasserrechtliche Genehmigung nach § 8 WHG erforderlich.
- Es sind diverse Schutzgebiete betroffen, insbesondere FHH-Gebiet DE 0916-391 bzw. EU-Vogelschutzgebiet DE 0916-491 (Natura 2000-Gebiet)
- Es ist von einer FHH-Verträglichkeits(vor-)prüfung nach § 34 BNatSchG in Verbindung mit § 25 LNatSchG auszugehen.
- Von zentraler Bedeutung ist die Bewertung der Erheblichkeit potenzieller Beeinträchtigungen und die Auswirkung auf die Erhaltungsziele. Dazu ist eine umfangreiche Datenerhebung notwendig. Bei Feststellung einer wesentlichen Beeinträchtigung ist keine Genehmigungsfähigkeit gegeben.
- Eine Ausnahme ist möglich, sofern das öffentliche Interesse die Belange des Natura 2000-Gebietes überwiegt, zumutbare Alternativen nicht gegeben sind und Maßnahmen zur Kohärenz umgesetzt werden.

9.2 Trasse

Die Installation von Versorgungsleitungen, wie Wasserleitungen, kann unter bestimmten Umständen (bspw. sofern naturschutzrechtliche Belange betroffen werden) als genehmigungspflichtiger Eingriff in Natur und Landschaft gelten. Dies richtet sich nach den Vorgaben des Landesnaturschutzgesetzes (LNatSchG) Schleswig-Holstein. Für die Transportleitungen des entnommenen Wassers / einzuleitenden Abwassers ist gemäß Auskunft der Unteren Naturschutzbehörde noch nicht abschließend die Genehmigungsgrundlage geklärt. Es könnte ein Verfahren nach dem Landeswassergesetz (federführend Untere Wasserbehörde) notwendig sein oder ein Genehmigungsverfahren nach dem Naturschutzrecht (federführend Untere Naturschutzbehörde). Hier hängt der Aufwand für die Erstellung der erforderlichen Unterlagen und der zeitliche Aspekt des Genehmigungsverfahrens u.a. vom Trassenverlauf, der Verlegart und der Breite der Trasse ab.

Gemäß §7 UVPG in Verbindung mit Anlage 1 Punkt 19.8.1 ist für die Trasse von einer allgemeinen Vorprüfung zur Feststellung der UVP-Pflicht auszugehen ist.

Während oberirdische Leitungen in der Regel als Eingriff gelten, kann bei unterirdischen Leitungen (was hier der Fall wäre) unter bestimmten Bedingungen auf eine Genehmigung verzichtet werden – vorausgesetzt, es sind keine gesetzlich geschützten Biotope betroffen. Solche Ausnahmen gelten etwa bei:

- Verlegung innerhalb des Straßenraums (inkl. Fahrbahn, Geh- und Radwege, Brücken, Tunnel, Böschungen, Gräben etc.)
- Arbeiten auf befestigten Flächen wie Hof- oder Betriebsplätzen
- Einsatz von grabenlosen Verfahren wie Pflug- oder Horizontalbohrtechnik

Sollten im Zuge der Arbeiten Biotope oder Gewässer – etwa Kleingewässer oder Gräben – berührt werden, sind zusätzliche naturschutz- und wasserrechtliche Vorgaben zu beachten.

Bei der Durchführung der Arbeiten sind Schutzvorgaben wie die DIN 18920 zum Schutz von Gehölzen auf Baustellen zu beachten. Bäume und Knicks sind bei Querungen möglichst zu unterqueren, und bei paralleler Verlegung ist ein Mindestabstand von 0,5 Metern zum Knickfuß einzuhalten.

Offene Bauweisen führen regelmäßig zu Eingriffen in den Boden. Dabei ist auf eine getrennte Lagerung und den schichtgerechten Wiedereinbau von Ober- und Unterboden zu achten. Je nach Standortbedingungen können zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich sein, etwa bei der Nutzung schwerer Maschinen auf empfindlichen Böden. In solchen Fällen kann der Einsatz von Baggermatratzen oder Holzbohlen notwendig sein, insbesondere auf Grünlandflächen mit sensiblen Strukturen.

Auch der Schutz der Tierwelt spielt eine Rolle: Arbeiten sollten außerhalb der Brutzeiten (ca. 1. März bis 1. Juli) erfolgen, insbesondere in Gebieten mit Wiesenvogelvorkommen. Amphibienschutz ist ebenfalls zu berücksichtigen, etwa wenn Baugräben während der Wanderzeit offen bleiben

9.3 Abwasserbeseitigung

Die WRRL ist eine europäische Vorgabe zur Verbesserung der europäischen Wasserqualität, welche in Deutschland im WHG festgelegt ist. Durch die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) ist dieses Gesetz für Oberflächengewässer umzusetzen. Gemäß §57 Abs. 1 WHG darf eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Direkteinleitung) nur erteilt werden, wenn

1. die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist,
2. die Einleitung mit den Anforderungen an die Gewässereigenschaften und sonstigen rechtlichen Anforderungen vereinbar ist und
3. Abwasseranlagen oder sonstige Einrichtungen errichtet und betrieben werden, die erforderlich sind, um die Einhaltung der Anforderungen nach den Nummern 1 und 2 sicherzustellen.

Der Fachbeitrag WRRL prüft, ob das Vorhaben mit den rechtlichen Vorhaben der WRRL vereinbar ist. Laut der Verordnung zählt das Miele Speicherbecken als künstliches Gewässer und ist dementsprechend nach ökologischem Potenzial zu bewerten. Die Bewertung des ökologischen Zustands (für natürliche Gewässer) ist in 5 Kategorien unterteilt, während das ökologische Potential in 4 Kategorien bewertet wird. Gemäß der WRRL gilt auch für künstliche Gewässer das Verschlechterungsverbot des biologischen und chemischen Zustands. Eine Verschlechterung tritt ein, sobald sich eine Qualitätskomponente um eine Stufe verschlechtert. Betrachtet werden, gemäß Anlage 3 Nr. 2-3 OGewV, die biologischen, hydromorphologischen, physikalisch-chemischen und

chemischen Qualitätskomponenten des Gewässers. Ist eine der Qualitätskomponenten schon auf niedrigster Stufe (Schlecht), gilt jede negative Veränderung als Verschlechterung.

Die Prüfung und Bewertung obliegt der Unteren Wasserbehörde. Ist das Vorhaben nicht vereinbar mit der WRRL, ist es nur dann kein Verstoß, wenn die Voraussetzungen für die Ausnahmeregelung nach §31 Abs. 2 und 3 Nr. 2 WHG erfüllt sind. Diese sind erfüllt, wenn

- Ein übergeordnetes öffentliches Interesse vorliegt beziehungsweise der Nutzen des Vorhabens für die Gesundheit oder Sicherheit des Menschen oder für die nachhaltige Entwicklung größer ist als der Nutzen der Erreichung der Bewirtschaftungsziele für die Umwelt und die Allgemeinheit (§ 31 Abs. 2 Nr. 2 WHG),
- wesentlich weniger beeinträchtigende, zumutbare Alternativen fehlen (§ 31 Abs. 2 Nr. 3 WHG) und
- praktisch alle geeigneten Maßnahmen ergriffen werden, um die nachteiligen Auswirkungen auf den Gewässerzustand zu verringern (§ 31 Abs. 2 Nr. 4 WHG).

Sofern eine dieser Bedingungen nicht erfüllt ist, kommt keine Ausnahmeregelung infrage. Voraussetzung für die Ausnahmeprüfung ist die vollständige Erfassung und Bewertung der negativen Einflüsse des betroffenen Gewässers.

10 Kostenprognose

Eine Kostenschätzung ist gemäß HOAI das Ergebnis einer Vorplanung (Leistungsphase 2). In dieser frühen Phase einer Machbarkeitsstudie kann daher keine Kostenschätzung im Sinne der HOAI abgegeben werden. Es erfolgt ansatzweise und unter Zugrundelegung bestimmter Annahmen eine Kostenprognose. Folgende grundsätzliche Annahmen liegen hierbei zugrunde:

- In der Studie werden für die Entnahme, Trassierung, Aufbereitung und Abwasserbeseitigung verschiedene Varianten und Optionen betrachtet. In der Kostenprognose enthalten ist die Grundvariante (Entnahme von 3,56 Mio. m³ Rohwasser pro Jahr) mit folgenden wesentlichen technischen Aspekten:
 - Entnahme per Ansaugsieb
 - Unterirdische Transportleitung (Beton) in Freigefälle
 - Trinkwasser-Aufbereitung am Meldorfer Hafen
 - Reinstwasser-Aufbereitung gemäß am Standort des Elektrolyseurs mittels Umkehrosmose und Ionenaustauscher (Variante 1)
 - Abwasserbeseitigung über Pipeline der Raffinerie Heide
- Es sind keine Tiefgründungen und / oder Maßnahmen zur Baugrundverbesserungen (bspw. mittels Nassmörtelsäulen) notwendig.
- Die Gestaltung der Bauwerke (Pumpwerke, Aufbereitungsgebäude) ist zweckmäßig ausgerichtet ohne Anspruch auf architektonische Belange. Die Verfahrensschritte der Wasseraufbereitung sind bspw. untergebracht in einer Stahlhalle, ohne Repräsentationszwecke.
- Es ist keine Schlammbehandlung im Rahmen der Wasseraufbereitung vorgesehen
- Es ist kein Betriebsgebäude für die Aufbereitung vorgesehen.
- Kosten für Grundstückserwerb sind nicht enthalten.

Im Ergebnis wird für die Umsetzung der Maßnahmen mit Gesamtkosten in Höhe von ca. 56 Mio. € netto ausgegangen (Preisstand 2025). Diese Kosten beinhalten Baunebenkosten (insbesondere Planungskosten), welche pauschal mit 20% angesetzt wurden. Es handelt sich um eine Kostenprognose mit einer Genauigkeit in der Kostenermittlung von +/- 30 %.

Die Aufteilung der Kosten auf die einzelnen Pakete sowie die maßgeblichen Kostenpositionen sind in Tabelle 24 zusammengefasst. Die jeweils einzeln ausgewiesenen Nebenarbeiten je Paket umfassen bspw. Leistungen der Baustelleneinrichtung, Einbauteile, Beschichtungen, Entwässerungen, Geländer, Gerüste, etc.

Die Kostenangaben (Quellen) sind in der Kostenzusammenstellung gemäß Tabelle 24 hinterlegt:

- B: Baupreislexikon der f:data GmbH (insbesondere für Angaben zur Bautechnik)
- H: Herstellerangaben (insbesondere für Angaben der Verfahrenstechnik)
- E: Erfahrungswerte aus umgesetzten Projekten

Es ist zu beachten, dass sich die Kostenangaben auf das Jahr 2025 beziehen und eine Indexierung bis zur Vergabe der Bauleistungen in den Kostenangaben nicht enthalten sind.

Tabelle 24: Kostenprognose

Teilleistung	Kosten [€ - netto]	Quelle	AfA Dauer
Paket 1 - Entnahme	1.820.000		
Baugrube, Spundwandverbau, Wasserhaltung	360.000	E	50
Entnahmesieb, Kompressorstation	220.000	H	25
Leitungsbau	120.000	E	50
Rohwasser-Pumpwerk, Vorlagenkammer	730.000	B	50
Nebenarbeiten	390.000	E	50
Paket 2 - Pipeline	13.780.000		
Leitungen inkl. Erdbau	9.930.000	E	50
Schächte	1.390.000	E	50
Druckerhöhungsanlagen	1.200.000	E	25
Nebenarbeiten	1.260.000	E	50
Paket 3 - Wasseraufbereitung	30.480.000		
Erschließung	290.000	E	50
Gründung, Stahlhalle (55 m x 25 m)	2.940.000	E	50
TGA Stahlhalle	370.000	E	25
Pufferbecken (Anfang TW-Aufbereitung)	650.000	B	50
Enteisenung/Entmanganung	930.000	B	50
Ultrafiltration	1.620.000	A	25
Spülwasserbecken	430.000	B	50
Pufferbecken (Ende TW-Aufbereitung)	620.000	B	50
TW-Pumpwerk	560.000	B	50
Pufferbecken (Anfang Reinstwasser-Aufbereitung)	680.000	B	50
Umkehrosmose 1	4.280.000	A	25
Druckbehälter, Rohre, Armaturen	950.000		
E-MSR-Technik, Pumpen, Racks, Dosierstation	3.330.000		
Umkehrosmose 2	5.180.000	A	25
Elektrodionisation, Druckbehälter, Rohre, Armaturen	1.190.000		
E-MSR-Technik, Pumpen, Racks, Dosierstation	3.990.000		
Ionentauscher	9.340.000	A	15
Druckbehälter, Rohre, Armaturen	8.230.000		
E-MSR-Technik, Pumpen, Racks, Dosierstation	1.110.000		
Speicherbecken Reinstwasser	490.000	B	50
Außenanlagen	290.000	E	50
Nebenarbeiten	1.810.000	E	50
Paket 4 - Abwasserbeseitigung	1.650.000		
Abwasservorlage	200.000	B	50
AW-Pumpwerk	420.000	B	50
Leitungsbau+Außenanlagen	320.000	E	50
Absetzbecken	550.000	B	50
Nebenarbeiten	160.000	E	50
Zwischensumme Pakete 1 - 4	47.730.000		
Baunebenkosten	8.720.000		50
Gesamtsumme	56.450.000		

Modellierter Wasserpreis

In Tabelle 24 sind weiterhin angesetzte Abschreibungszeiträume (AfA = Absetzung für Abnutzung) gemäß DWA²⁶ hinterlegt. Unter den dargestellten Abschreibungsdauern, einem kalkulatorischen Zinssatz von 2,5% und einer Wasserabgabe von 2,4 Mio. m³/a (Reinstwasser) ergibt sich ein modellierter Wasserpreis (nur für Investitionen) in Höhe von 1,35 €/m³ netto (CaPex²⁷).

Weiter zu berücksichtigen sind die laufenden, operativen Kosten. Hierzu zählen insbesondere Personalkosten, Kosten für Betriebsmittel (wie Flockungshilfsmittel), Kosten für Instandhaltung (Inspektion, Wartung, Instandsetzung) und Energiekosten. Folgende wesentlichen Annahmen auf Basis von Erfahrungswerten bzw. Herstellerangaben liegen hierbei zu Grunde (m³ bezieht sich auf Reinstwasser):

- Energieverbrauch: 0,30 kWh / m³
- Energieverbrauch Umkehrosmose (UO1 und UO2): 2,9 kWh / m³
- Strompreis: 0,30 € / kWh
- Betriebskosten: 0,25 € / m³
- Personalkosten: 0,10 € / m³
- Instandhaltung (1% vom Invest pro Jahr): 0,18 € / m³
- Wasserabgabe: 2.400.000 m³/a

Unter Berücksichtigung dieser laufenden Kosten (OPEX²⁸) in Höhe von 1,66 €/m³ netto ergibt sich ein Wasserpreis von 3,01 €/m³ netto. Es ist zu beachten, dass die Stromkosten für die Umkehrosmose in etwa 50% der laufenden Kosten darstellen.

²⁶ DWA-Leitlinien Kostenvergleichsrechnungen, 2012

²⁷ CaPex = Capital Expenditures = Investitionsausgaben

²⁸ OPEX = Operating Expenses = Betriebsausgaben

<EARH_Wasserstudie_Bericht_Final_Rev1.docx>29.09.2025/zemi

11 Zeitliche Umsetzung

Die Gesamtprojektdauer wird auf knapp 12 Jahren geschätzt (siehe Tabelle 25), wobei sich die Aufteilung der Planungs- und Bauphase auf die Pakete wie folgt verteilt (siehe im Detail Anlage 8: Rahmenterminplan):

Tabelle 25: Zusammenfassung Zeiträume Planung und Bauausführung je Paket

Vorgangsname	Dauer	Anfang	Ende	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Wasseranalytik - Monitoring	13 Monate	Don 01.01.26	Mit 30.12.26												
Paket 1 Entnahme	1760 Tage	Don 31.12.26	Mit 28.09.33												
Planung	960 Tage	Don 31.12.26	Mit 04.09.30												
Ausführungsvorbereitung	350 Tage	Don 05.09.30	Mit 07.01.32												
Bauausführung	380 Tage	Don 19.02.32	Mit 03.08.33												
Inbetriebnahme	2 Monate	Don 04.08.33	Mit 28.09.33												
Paket 2 Trasse	1920 Tage	Don 31.12.26	Mit 10.05.34												
Planung	960 Tage	Don 31.12.26	Mit 04.09.30												
Ausführungsvorbereitung	350 Tage	Don 05.09.30	Mit 07.01.32												
Bauausführung	540 Tage	Don 19.02.32	Mit 15.03.34												
Inbetriebnahme	2 Monate	Don 16.03.34	Mit 10.05.34												
Paket 3 Wasseraufbereitung	1940 Tage	Don 05.09.30	Mit 10.02.38												
Planung	560 Tage	Don 05.09.30	Mit 27.10.32												
Ausführungsvorbereitung	350 Tage	Don 28.10.32	Mit 01.03.34												
Bauausführung	880 Tage	Don 13.04.34	Mit 26.08.37												
Inbetriebnahme	6 Monate	Don 27.08.37	Mit 10.02.38												
Paket 4 Abwasserbeseitigung	1020 Tage	Don 05.09.30	Mit 02.08.34												
Planung	440 Tage	Don 05.09.30	Mit 12.05.32												
Ausführungsvorbereitung	270 Tage	Don 13.05.32	Mit 25.05.33												
Bauausführung	12 Monate	Don 07.07.33	Mit 07.06.34												
Inbetriebnahme	2 Monate	Don 08.06.34	Mit 02.08.34												

Das Projekt startet mit der Planung der Entnahme (Paket 1) und der Trassierung der Pipeline (Paket 2), da diese Pakete das genehmigungsrechtlich kritische NATURA-2000 Gebiet berühren. Die angesetzte Zeitspanne bis zum Vorliegen einer entsprechenden Genehmigung wird mit knapp 4 Jahren angesetzt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die datentechnischen Grundlagen für die FHH- und UVP-Prüfung bereits während der Entwurfsplanung gesammelt werden können. Erst wenn eine Genehmigung als wichtiger Meilenstein vorliegt, startet die Planung der Aufbereitung (Paket 3) und Abwasserbeseitigung (Paket 4). Es wird vorausgesetzt, dass eine Einleitgenehmigung über die Pipeline der Raffinerie erzielt werden kann.

Hinsichtlich der zeitlichen Umsetzung der Reinstwasseraufbereitungsanlage (Paket 3) liegen unterschiedliche Einschätzungen der potenziellen Anlagenlieferanten vor, im Mittel werden ca. 2 Jahre angesetzt. In der Terminplanung sind weitere Zeiträume für Erschließung, Stahlbetonarbeiten, E-MSR-Technik und Außenanlagen berücksichtigt.

Der Trassenbau (Paket 2) wird in 4 Abschnitte (Lose) geteilt, die – jeweils zeitlich etwas gestaffelt – möglichst parallel umgesetzt werden. Es wird bei einer mittleren Tiefenlage von 3 Metern und DN 400 von einem Baufortschritt von 80 Meter pro Woche ausgegangen. In der Bauausführung sind weiterhin Zeiträume für Pumpwerke und Schachtanlagen sowie Phasen eines (bspw. witterungsbedingten) verlangsamten Baufortschrittes berücksichtigt.

12 **Ausblick**

Eine Projektinitiierung bedarf in der Regel einer Idee, eines Standortes und eines Investors. Die Projektidee und die Projektstandorte werden im Rahmen dieser Studie näher beleuchtet. Wesentlich ist demnach ein Akteur, der ein wirtschaftliches Interesse an der Umsetzung des Projektes hat und als Investor auftritt. Es sind ein oder mehrere Investoren zu finden, welche die Maßnahmen finanziell umsetzen. Das Investorenmodell kann sowohl rein öffentlich-rechtlich organisiert sein oder als öffentlich-private Partnerschaft ausgebildet sein. Um ein Projekt dieser Größenordnung umzusetzen, bedarf es weiterhin eines professionellen Projektmanagements.

Potenzielle erste Schritte sind im Folgenden zusammengefasst (nicht abschließend):

- Etablierung eines Monitorings bzgl. der Rohwasserqualität. Die elektrische Leitfähigkeit sollte dauerhaft mittels Sonden überwacht werden. Weiterhin sollten wesentliche Abwasserparameter regelmäßig (monatlich) per Probenahme überwacht werden.
- Weitere Gespräche mit der Unteren Wasserbehörde sowie der Unteren Naturschutzbehörde sind zu führen. Hierbei sollten insbesondere Klarheit über die notwendigen Gutachten erzielt werden, die im Vorfeld der FHH- bzw. UVP-Prüfung notwendig sind. Ebenso sollten weitere Stakeholder, je nach Fragestellung, frühzeitig involviert werden. Eine erste Eruierung möglicher Stakeholder wurde zu Beginn der Studie zusammen mit der EARH erstellt (siehe Anlage 9).
- Die Standorte sind bzgl. der Eigentumsverhältnisse zu klären. Dies betrifft insbesondere die potenzielle Entnahmestellen, die Trassierung (sofern über Grünflächen verlaufend) sowie den Ort der Aufbereitung am Meldorfer Hafen. In diesem Zusammenhang ist auch die Bauleitplanung anzustoßen, um die Bebaubarkeit der Wiese am Meldorfer Hafen in die Wege zu leiten.
- Verschiedene Formen der Abwicklungsmodelle (Planung, Vergabe, Bau, Betrieb) sind zu analysieren und auf den Anwendungsfall hinsichtlich Vor- und Nachteile abzuwägen sowie eine Markterkundung durchzuführen.
- Es ist zu untersuchen, inwiefern Möglichkeiten der Fördermittelunterstützung in diesem Projekt genutzt werden können. Hierzu stehen u.a. Plattformen zum Fördermittelscreening, wie bspw. BABLE, zur Verfügung.
- Der Elektrolyseur sollte hinsichtlich der technischen Spezifikationen konkreter beschrieben werden, da dies Auswirkungen auf die Aufbereitungsschritte und den Grad der Reinstwassererzeugung für die Verfügungstellung von Prozess- und Kühlwasser beinhaltet.
- Gespräche mit potenziellen Kunden bzw. Abnehmern des Reinstwassers sollten geführt werden und weitergehende spezifische Potenzialanalysen aufgestellt werden.

Quellenverzeichnis

- ASTM (American Society for Testing and Materials) D1193-06: Standard Specification for reagent water, 2018
- BGD ECOSAX GmbH: Potenzialstudie zur Wasserversorgung für großskalige, technische Prozesse in der Erzeugung von Wasserstoff und Methanol sowie der Produktion von Batteriezellen, 2023
- BGR, Bodenübersichtskarte, CC 2318 Neumünster
- Bundesamt für Naturschutz: Ermittlung und Bewertung kumulativer Beeinträchtigungen im Rahmen naturschutzfachlicher Prüfinstrumente, Bonn 2019
- DVGW: Genügend Wasser für die Elektrolyse, Factsheet, 02/2023
- DVGW: Dr. Florencia Saravia (DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut des KIT) Dr. Stefan Gehrmann, Gesamtwasserbedarf für die Wasserelektrolyse, 06/2024
- DWA-Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 8. überarbeitete Auflage, Hennef, 07/2012
- VDFF-Fachinformation: Fachinformation „Stand des Wissens und der Technik bei Fischschutz- und Fischabstiegssystemen an Wasserkraftanlagen“, Verband Deutscher Fischereiverwaltungsbeamter und Fischereiwissenschaftler e.V., 2018
- Gesellschaft für Planung, Maschinen- und Mühlenbau Erhard Muhr mbH, Brandenburg,
- GETH2: Factsheet Nebenprodukte Elektrolyse, 03.12.2024, <https://www.geth2.de/wp-content/uploads/GET-H2-Factsheet-Nebenprodukte-Elektrolyse-241203.pdf> [22.07.2025]
- Happel, Dr. Oliver: Reinheitsprüfung phosphonathaltiger Antiscalants, in: energiewasser-praxis, 04/2018, S. 25-29
- Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV): Managementplanung Natura 2000 in Brandenburg, Potsdam 2012
- Mutschmann/Stimmlmayr: Taschenbuch der Wasserversorgung, 17. Auflage, Wiesbaden: Springer Verlag, 2019
- Nobian, „Pilotprojekt mit SaltPower“, Dezember 2023, <https://www.nobian.com/de-de/nachhaltigkeit/fallstudien/pilot-projekt-mit-salt-power> [22.07.2025]
- opendata.schleswig-holstein.de
- Saravia, Dr. Florencia: Genügend Wasser für die Elektrolyse, DVGW, 02/2023
- Sauer, Uwe: Das Wasserwerk Moos, in: wwt, 06/2019, S. 35-41
- Sauer, Uwe: Nitratentfernung bei der Trinkwasseraufbereitung, in: wwt, 06/2018, S. 14-17
- Schmit, Max: Naturnahe Urbane Wasserbilanz, Universität Freiburg, Professur für Hydrologie, 2023, <https://www.naturwb.de>

Dieser Bericht umfasst 98 Seiten (inklusive Anlagen).

Hamburg, 29.09.2025

Drees & Sommer



Michael Zentner

Anhang

Anlage 1: Wasserbilanzen

Anlage 2: Prüfbericht Wasseranalytik 02_2025

Anlage 3: Prüfbericht Wasseranalytik 04_2025

Anlage 4: Prüfbericht Wasseranalytik 05_2025

Anlage 5: Pegel Meldorf-Sperrwerk BP – Speicherbecken Miele – Wasserstand

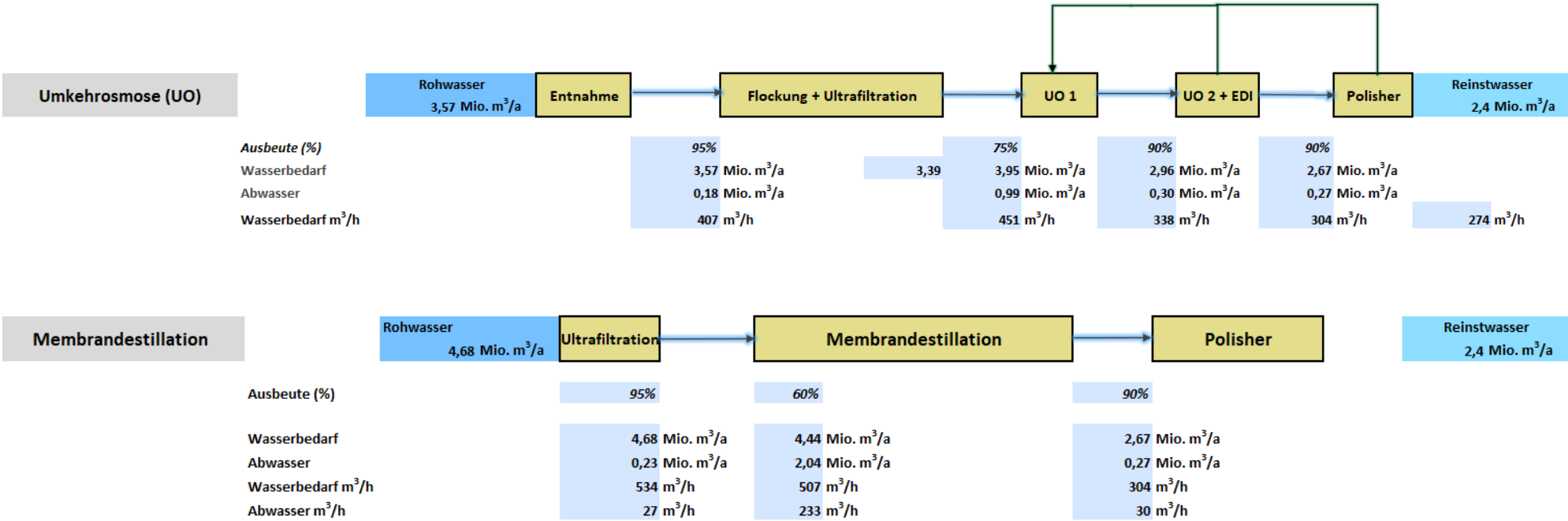
Anlage 6: Pegel Meldorf - Miele – Abfluss

Anlage 7: Pegel Meldorf - Miele – Wasserstand

Anlage 8: Entwurf Rahmenterminplan

Anlage 9: Stakeholder

Anlage 1: Wasserbilanzen



Anlage 2: Prüfbericht Wasseranalytik 02/2025



UCL Umwelt Control Labor GmbH // Schanzenstr. 10 // 25746 Heide // DE

Drees & Sommer SE
Ludwig-Ehrhard-Straße 1
20459 Hamburg

Dr. Paul Christian Wieners
T 01754933533
F 0481857685
paulchristian.wieners@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-05876-001/1

Prüfgegenstand: Fließgewässer
Auftraggeber / KD-Nr.: Drees & Sommer SE, Ludwig-Ehrhard-Straße 1, 20459 Hamburg / 84140
Projektbezeichnung: Miele Becken Meldorf
Probenahme am / durch: 05.02.2025 / Rosnersky, Thomas
Probeneingang am / durch: 05.02.2025 / UCL-Probennehmer
Prüfzeitraum: 05.02.2025 - 27.02.2025

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	Miele Becken Meldorf 25-05876-001	Methode
Gesamthärte	mmol/l	2,3	DIN 38409-6: 1986-01:L
Gesamthärte	°dH	13	DIN 38409-6: 1986-01:L
pHc (Calciumsättigung)		7,50	DIN 38404-10: 2012-12:BS
pHL (Lang. und Stroh.)		7,56	DIN 38404-10: 2012-12:BS
Sättigungsindex (Calcit)		0,08	DIN 38404-10: 2012-12:BS
Delta-pH-Wert		0,06	DIN 38404-10: 2012-12:BS
Calcitlösekapazität	mg/l	-2,60	DIN 38404-10: 2012-12:BS
freie Kohlensäure	mg/l	7,59	DIN 38404-10: 2012-12:BS
zugehörige Kohlensäure	mg/l	7,59	DIN 38404-10: 2012-12:BS
überschüssige Kohlensäure	mg/l	0,00	DIN 38404-10: 2012-12:BS
Carbonathärte	°dH	8,24	DIN 38404-10: 2012-12:BS
Gesamthärte	°dH	12,59	DIN 38404-10: 2012-12:BS
Summe Erdalkalien	mmol/l	2,25	DIN 38404-10: 2012-12:BS
pH Calcitlöseverm. 5mg/l		7,36	DIN 38404-10: 2012-12:BS
Kohlenstoff org. gelöst (DOC)	mg/l	14,9	DIN EN 1484: 2019-04:L
Chlorid	mg/l	76	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07:L
Nitrat	mg/l	11	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07:L
Sulfat	mg/l	58	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07:L
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	3,0	DIN 38409-7: 2005-12:L

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Josef-Reithmann-Str. 5 // 44536 Lünen // Deutschland // T +49 2306 2409-0 // F +49 2306 2409-10 // info@ucl-labor.de
ucl-labor.de // Amtsgericht Dortmund, HRB 17247 // Geschäftsführer: Dana Goldhammer, Dr. Jörg Seigner

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrsstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.



20250227-28322564

UCL

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Seite 3 von 3 zum Prüfbericht Nr. 25-05876-001/1

20250227-28322564

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	Miele Becken Meldorf 25-05876-001	Methode
Perfluordecansäure	µg/l	< 0,01	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluorundecansäure	µg/l	< 0,01	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluordodecansäure	µg/l	< 0,01	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluortridecansäure	µg/l	< 0,01	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluorbutansulfonsäure	µg/l	< 0,01	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluorpentansulfonsäure	µg/l	< 0,01	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluorhexansulfonsäure	µg/l	< 0,01	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluorheptansulfonsäure	µg/l	< 0,01	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluoroctansulfonsäure	µg/l	< 0,01	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluordecansulfonsäure	µg/l	< 0,01	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluorundecansulfonsäure	µg/l	< 0,02	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluordodecansulfonsäure	µg/l	< 0,02	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluortridecansulfonsäure	µg/l	< 0,02	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Perfluorundecansulfonsäure	µg/l	< 0,02	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
Summe PFAS-20 (i.A.a.TrinkwV)	µg/l	0,00	DIN 38407-42: 2011-03;KJ
AOX	mg/l	< 0,02	DIN EN ISO 9562 Anh. A: 2005-02;L
AOX	mg/l	0,022	DIN EN ISO 9562: 2005-02;L
Pseudomonas aeruginosa	KBE/100ml	0	DIN EN ISO 16266: 2008-05;HE
E. coli	MPN/100ml	9210	DIN EN ISO 9308-2: 2014-06;HE
Coliforme Bakterien	MPN/100ml	n.b.	DIN EN ISO 9308-2: 2014-06;HE

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen * = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA = Unterauftragvergabe AG = Auftraggeberdaten
BT = Betreiberdaten + = durchgeführt
Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, K=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

Probenkommentare**DIN EN ISO 9308-1:2017-09**

Hohe Begleitflora

Der Prüfbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift rechtsgültig.

27.02.2025

i.A. Dr. rer. nat. Paul Christian Wieners (Kundenbetreuer)

Anhänge

PNS-25-05876.pdf

Anlage 3: Prüfbericht Wasseranalytik 04/2025

UCL

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Schanzenstr. 10 // 25746 Heide // DE

Drees & Sommer SE
Ludwig-Ehrhard-Straße 1
20459 HamburgDr. Paul Christian Wieners
T 01754933533
F 0481857685
paulchristian.wieners@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-16187-001/1

Prüfgegenstand: Wasser
Auftraggeber / KD-Nr.: Drees & Sommer SE, Ludwig-Ehrhard-Straße 1, 20459 Hamburg / 84140
Projektbezeichnung: Miele-Becken - Wasserbeprobung
Probenahme am / durch: 01.04.2025 / Rosnersky, Thomas
Probeneingang am / durch: 01.04.2025 / UCL-Probenehmer
Prüfzeitraum: 01.04.2025 - 16.04.2025

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	Miele-Becken 25-16187-001	Methode
Probenahmedaten			
Name Probenahmestelle		Miele Becken, bei Meldorf	-L
Wetter		trocken (Wetterschlüssel 1)	-L
Datum		01.04.2025	-L
Uhrzeit		15:35	-L
Sauerstoffgehalt	mgO ₂ /l	10,0	DIN EN ISO 5814: 2015-02L
Wassertemperatur	°C	10,1	DIN 38404-4: 1976-12L
Lufttemperatur	°C	15,0	DIN 38404-4: 1976-12L
Farbe		mittel gelb	-L
Trübung		schwach	-L
Geruch		schwach nach sonstigen Gerüchen	DEV 8102: 1971-01L
Probenehmer		Rosnersky	-L
Analyse der Originalprobe			
Trübung		ohne	SOP CWW_021*L
Färbung (Intensität)		schwach	SOP CWW_021*L
Färbung (Farbton)		gelb	SOP CWW_021*L
Geruch (Intensität)		neutral	SOP CWW_021*L
Geruch (Klassifikation)		ohne	SOP CWW_021*L
pH-Wert		8,47	DIN EN ISO 10523: 2012-04L
Temperatur (pH-Wert)	°C	20	DIN 38404-4: 1976-12L
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	876	DIN EN 27888: 1993-11L
Sauerstoff	mg/l	10	DIN EN ISO 5814: 2015-02L
Absorption 254 nm	m ⁻¹	33,8	DIN 38404-3: 2005-07L

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Josef-Rethmann-Str. 5 // 44536 Lünen // Deutschland // T +49 2306 2409-0 // F +49 2306 2409-10 // info@ucl-labor.de
ucl-labor.de // Amtsgericht Dortmund, HRB 17247 // Geschäftsführer: Dana Goldhammer, Dr. Jörg SeignerDurch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrschmelzstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand.
Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.

20250416-28589107



IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Seite 2 von 3 zum Prüfbericht Nr. 25-16187-001/1

20250416-28589107

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	Miele-Becken 25-16187-001	Methode
Absorption 436 nm	m ⁻¹	1,4	DIN EN ISO 7887: 2012-04/L
Chlorid	mg/l	130	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07/L
Nitrat	mg/l	9,9	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07/L
Nitrit	mg/l	0,11	DIN EN ISO 13395: 1996-12/L
Sulfat	mg/l	66	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07/L
Ammonium (NH ₄)	mg/l	0,054	DIN EN ISO 11732: 2005-05/L
Calcium	mg/l	70,0	DIN EN ISO 11885: 2009-09/L
Eisen	mg/l	1,10	DIN EN ISO 11885: 2009-09/L
Kalium	mg/l	10,0	DIN EN ISO 11885: 2009-09/L
Magnesium	mg/l	15,0	DIN EN ISO 11885: 2009-09/L
Mangan	mg/l	0,303	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01/L
Natrium	mg/l	72,0	DIN EN ISO 11885: 2009-09/L
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	21	DIN 38409-2: 1967-03/L
Gesamthärte	mmol/l	2,4	DIN 38409-6: 1996-01/L
Gesamthärte	°dH	13	DIN 38409-6: 1996-01/L
Kohlenstoff org. gelöst (DOC)	mg/l	11,4	DIN EN 1484: 2019-04/L
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	3,1	DIN 38409-7: 2005-12/L
Berechnete Parameter			
pH _c (Calcitsättigung)		7,61	DIN 38404-10: 2012-12/BS
Sättigungsindex (Calcit)		0,96	DIN 38404-10: 2012-12/BS
Calcitlösekapazität	mg/l	-21,31	DIN 38404-10: 2012-12/BS
Carbonathärte	°dH	8,51	DIN 38404-10: 2012-12/BS
Gesamthärte	°dH	13,24	DIN 38404-10: 2012-12/BS
Summe Erdalkalien	mmol/l	2,36	DIN 38404-10: 2012-12/BS

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen * = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA = Unterauftragvergabe AG = Auftraggeberdaten
 BT = Betreiberdaten + = durchgeführt
 Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lüben, HE=Heide, BS=Braunschweig

Probenkommentare

Die Analyse ist gemäß DIN EN ISO 5814 - G 22 direkt vor Ort durchzuführen. Auf Grund der Transportzeit und anschließender Analyse im Labor können Auswirkungen, auf das Ergebnis nicht ausgeschlossen werden.

Anlage 4: Prüfbericht Wasseranalytik 04/2025



UCL Umwelt Control Labor GmbH // Schanzenstr. 10 // 25746 Heide // DE

Drees & Sommer SE
Ludwig-Ehrhard-Straße 1
20459 Hamburg

Dr. Paul Christian Wieners
T 01754933533
F 0481857685
paulchristian.wieners@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 25-26834-001/1

Prüfgegenstand: Wasser

Auftraggeber / KD-Nr.: Drees & Sommer SE, Ludwig-Ehrhard-Straße 1, 20459 Hamburg / 84140

Projektbezeichnung: Beprobung Miele-Becken

Probenahme am / durch: 27.05.2025 / Rosnersky, Thomas

Probeneingang am / durch: 27.05.2025 / UCL-Probenehmer

Prüfzeitraum: 27.05.2025 - 12.06.2025

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	Gewässerproben 10:55 - 11:10 Uhr 25-26834-001	Methode
Probenahmedaten			
Probenahme Trinkwasser		+	DIN ISO 5667-5: 2011-02:HE
Probenart (TEIS)		ZUFALLSSTICHPROBE	DIN ISO 5667-5: 2011-02:HE
Datum		27.05.2025	DIN ISO 5667-5: 2011-02:HE
Uhrzeit		10:55	DIN ISO 5667-5: 2011-02:HE
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	6030	DIN EN 27888: 1993: 11:HE
pH-Wert		7,75	DIN EN ISO 10523: 2012-04:HE
Wassertemperatur	°C	15,2	DIN 38404-4: 1976-12:HE
max. Ablauftemperatur	°C	15,2	DIN 38404-4: 1976-12:HE
Farbe		mittelgelb	DIN ISO 5667-5: 2011-02:HE
Trübung		schwach	DIN EN ISO 7027: 2000-04:HE
Geruch		schwach nach sonstigen Gerüchen	DEV B102: 1971-01:HE
Analyse der Originalprobe			
Trübung		ohne	SOP CVW_021*L
Färbung (Intensität)		mittel	SOP CVW_021*L
Färbung (Farbton)		gelb	SOP CVW_021*L
Geruch (Intensität)		neutral	SOP CVW_021*L
Geruch (Klassifikation)		ohne	SOP CVW_021*L
pH-Wert		7,59	DIN EN ISO 10523: 2012-04:HE
Temperatur (pH-Wert)	°C	21	DIN 38404-4: 1976-12:HE

UCL Umwelt Control Labor GmbH // Josef-Rethmann-Str. 5 // 44536 Lünen // Deutschland // T +49 2306 2409-0 // F +49 2306 2409-10 // info@ucl-labor.de
ucl-labor.de // Amtsgericht Dortmund, HRB 17247 // Geschäftsführer: Dana Goldhammer, Dr. Jörg Seigner

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Prüflaboratorium und Gefahrstoffmessstelle nach §7 (10) GefStoffV. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren. Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Die Veröffentlichung und Vervielfältigung unserer Prüfberichte sowie deren Verwendung zu Werbezwecken bedürfen- auch auszugsweise - unserer schriftlichen Genehmigung.



20250612-26834-001

UCL

IM AUFTRAG DER ZUKUNFT

Seite 2 von 3 zum Prüfbericht Nr. 25-26834-001/1

20250612-28881603

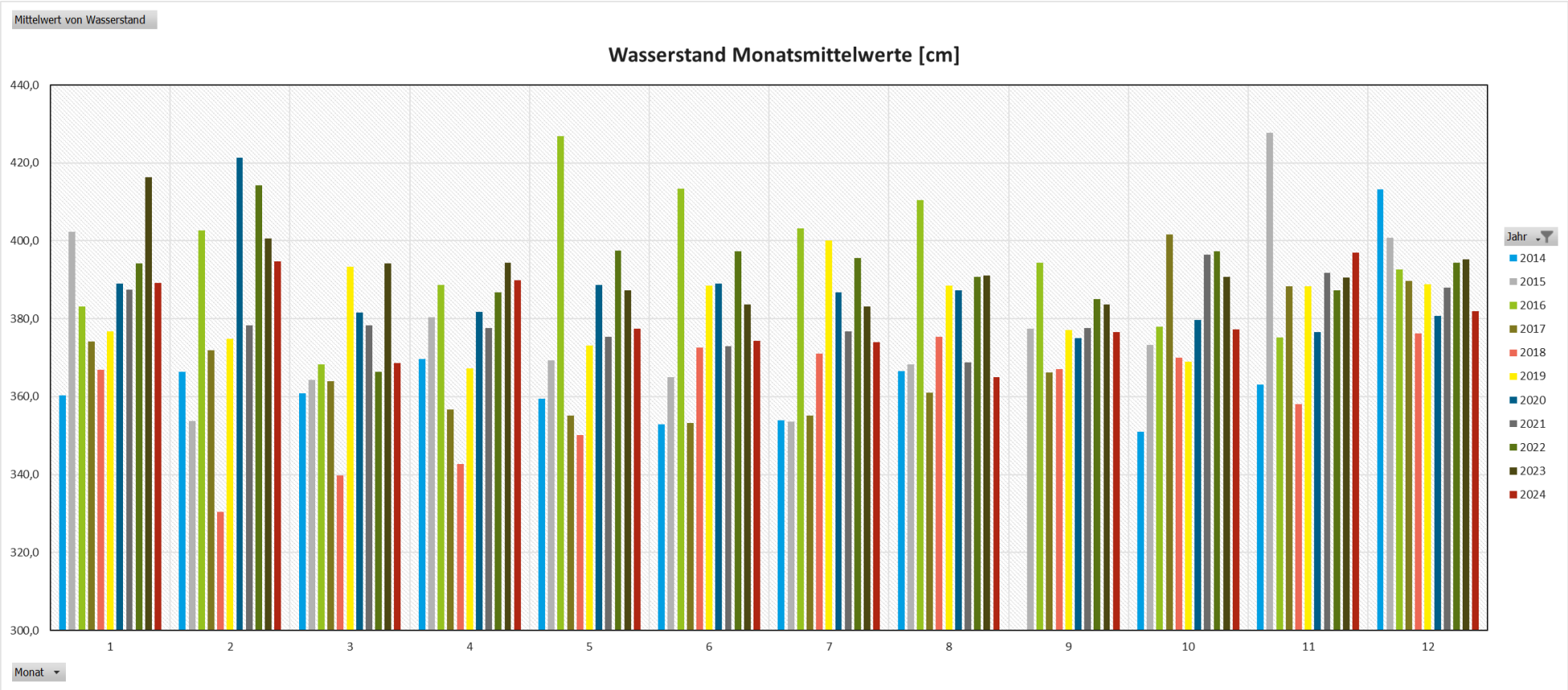
Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	Gewässerproben 10:55 - 11:10 Uhr 25-26834-001	Methode
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	5210	DIN EN 27888: 1993-11,L
Sauerstoff	mg/l	9,2	DIN EN ISO 5814: 2013-02,L
Filtrattrockenrückstand	mg/l	3900	DIN 38409-1: 1987-01,L
Absorption 254 nm	m ⁻¹	30,5	DIN 38404-3: 2005-07,L
Absorption 436 nm	m ⁻¹	1,3	DIN EN ISO 7887: 2012-04,L
Chlorid	mg/l	1800	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07,L
Nitrat	mg/l	9,2	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07,L
Nitrit	mg/l	0,21	DIN EN 26777: 1993-04,L
Sulfat	mg/l	300	DIN EN ISO 10304-1: 2009-07,L
Ammonium (NH ₄)	mg/l	0,50	DIN EN ISO 11732: 2005-05,L
Calcium	mg/l	93,0	DIN EN ISO 11885: 2009-09,L
Eisen	mg/l	1,00	DIN EN ISO 11885: 2009-09,L
Kalium	mg/l	38,0	DIN EN ISO 11885: 2009-09,L
Magnesium	mg/l	110	DIN EN ISO 11885: 2009-09,L
Mangan	mg/l	0,310	DIN EN ISO 17294-2: 2017-01,L
Natrium	mg/l	930	DIN EN ISO 11885: 2009-09,L
Gesamthärte	mmol/l	6,9	DIN 38409-6: 1986-01,L
Gesamthärte	°dH	39	DIN 38409-6: 1986-01,L
Kohlenstoff org. gelöst (DOC)	mg/l	10,1	DIN EN 1484: 2019-04,L
Säurekapazität pH 4,3	mmol/l	3,0	DIN 38409-7: 2005-12,L
Berechnete Parameter			
pH _c (Calcitsättigung)		7,64	DIN 38404-10: 2012-12,BS
Sättigungsindex (Calcit)		-0,09	DIN 38404-10: 2012-12,BS
Calcitlösekapazität	mg/l	2,49	DIN 38404-10: 2012-12,BS
Carbonathärte	°dH	8,21	DIN 38404-10: 2012-12,BS
Gesamthärte	°dH	38,34	DIN 38404-10: 2012-12,BS
Summe Erdalkalien	mmol/l	6,85	DIN 38404-10: 2012-12,BS

n.b. = nicht bestimmbar n.a. = nicht analysiert n.n. = nicht nachgewiesen * = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA = Unterauftragvergabe AG = Auftraggeberdaten
 BT = Betreiberdaten + = durchgeführt
 Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen, HE=Heide, BS=Braunschweig

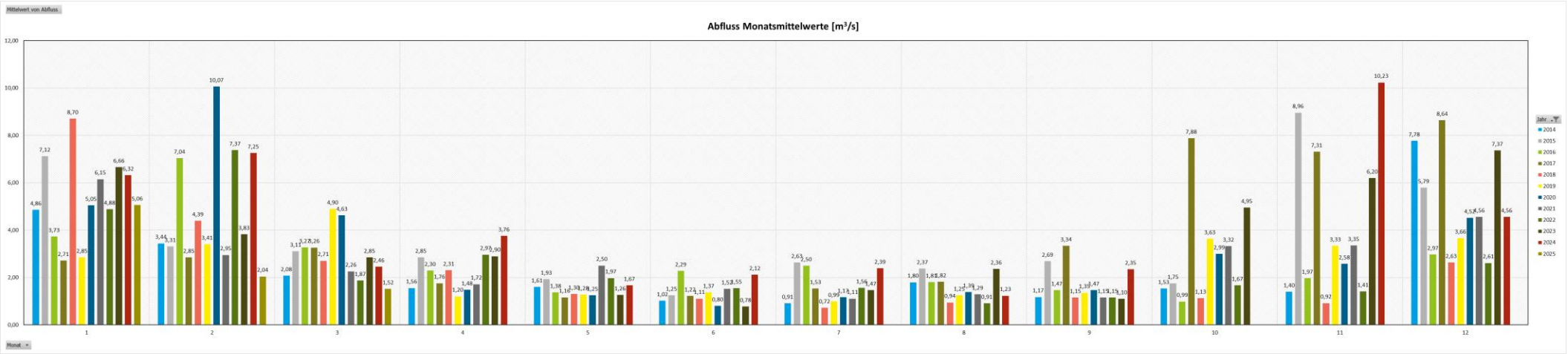
Probenkommentare

Die Analyse ist gemäß DIN EN ISO 5814 - G 22 direkt vor Ort durchzuführen. Auf Grund der Transportzeit und anschließender Analyse im Labor können Auswirkungen, auf das Ergebnis nicht ausgeschlossen werden.

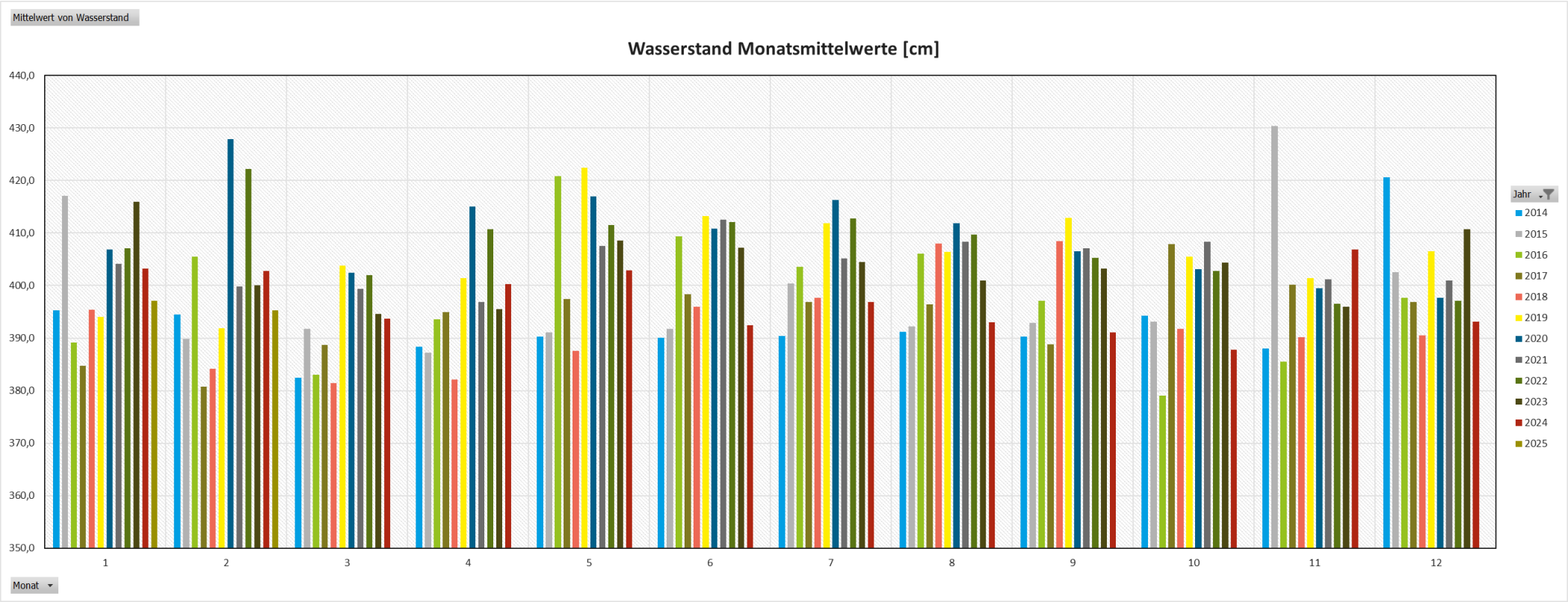
Anlage 5: Pegel Meldorf-Sperrwerk BP – Speicherbecken Miele – Wasserstand



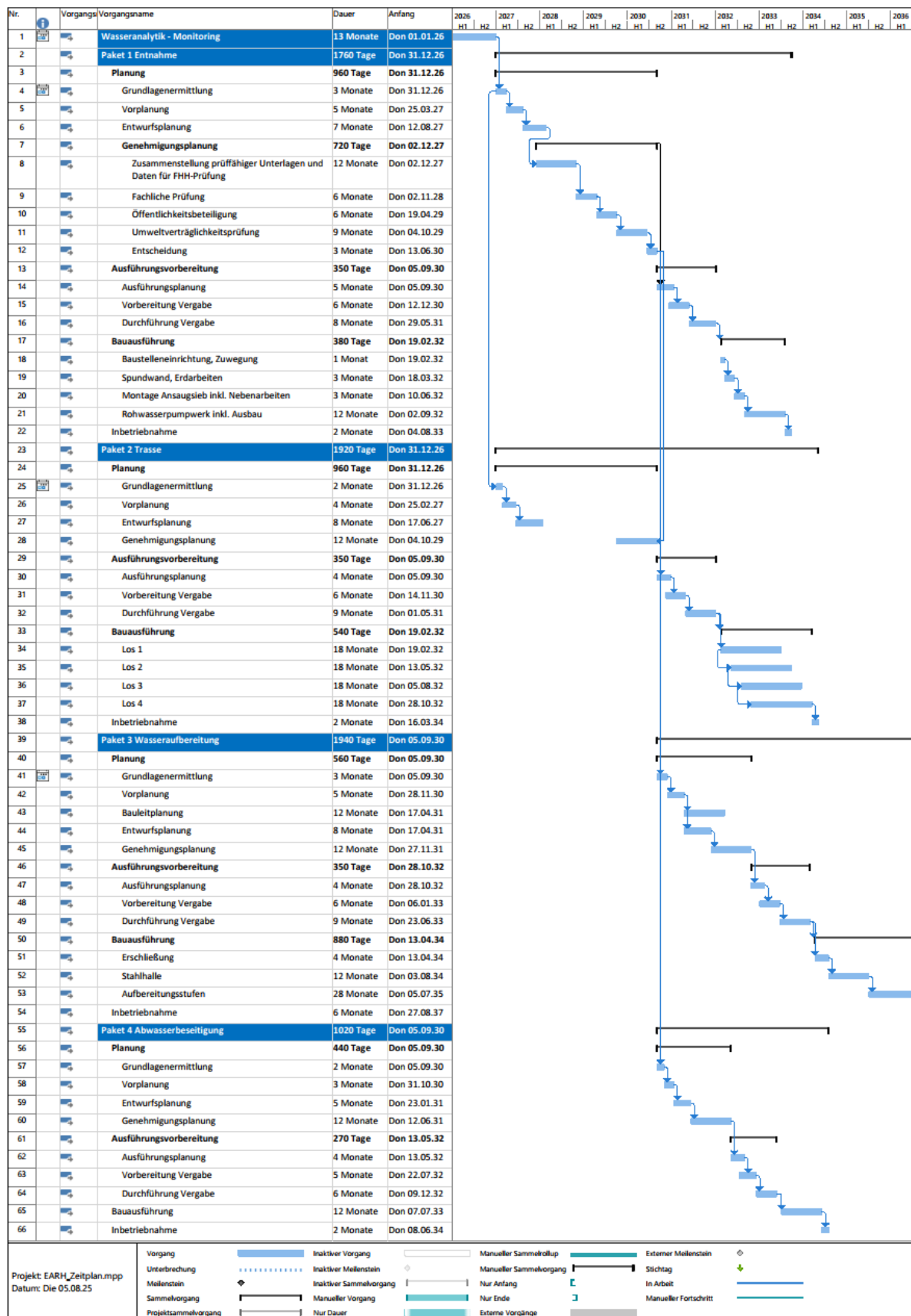
Anlage 6: Pegel Meldorf - Miele – Abfluss



Anlage 7: Pegel Meldorf - Miele – Wasserstand



Anlage 8: Rahmenterminplan



Anlage 9: Stakeholder

Stakeholder
Entwicklungsagentur (EARH)
DHSV (+ Untersielverbände)
Untere Wasserbehörde (Kreis Dithmarschen)
Untere Naturschutzbehörde (Kreis Dithmarschen)
Kreis Dithmarschen
AZV (Abwasserzweckverband)
WBV-Süd (Wasserbeschaffungsverband Süd)
Amt Mitteldithmarschen
Gemeinde Nordermeldorf (Speicherbecken)
Stadt Meldorf (Gewerbegebiet/ Zuwegung)
Wassersportler
Angelverein Wöhrden
LLUR (Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume; inkl. Küstenschutz- und BImSch-Behörde; Husum)
Raffinerie
Ökoverbände (u.a. Jordsand)
Landwirtschaft (Bauernverband, Landwirtschaftskammer)
EGW (Entwicklungsgesellschaft Westholstein)
Planfeststellbehörde (Kiel)