



WASSERVERBAND  
NORDERDITHMARSCHEN

## **Risikomanagement für Wasserversorgungsanlagen**

Vulnerabilität und Resilienz  
der öffentlichen Trinkwasserversorgung  
des Wasserverbandes Norderdithmarschen

gemäß Trinkwasserverordnung  
(TrinkwV)



Stand Dezember 2025

© WVND

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>II. Beschreibung des Trinkwasserversorgungssystems .....</b>	<b>3</b>
<b>III. Feststellung möglicher Gefährdungen .....</b>	<b>4</b>
1. Grundlage .....	4
2. Epidemien .....	4
3. Infektionsschutz .....	5
4. Risikoklassifizierung .....	5
5. Risikofaktoren .....	8
1. Grundwasserförderung .....	8
2. Wasseraufbereitung (Wasserwerk) .....	8
3. Wasserspeicherung (Reinwasserbehälter) .....	8
4. Wasserverteilung (Rohrnetz) .....	8
5. Trinkwasserinstallation (Kundenanlage) .....	8
6. Pandemien .....	8
<b>IV. Analyse und Beseitigungsmöglichkeiten festgestellter Gefährdungen .....</b>	<b>9</b>
1. Grundwasserförderung .....	9
1.1. undichte Ringräume der Förderbrunnen .....	11
1.2. Technische Defekte bei Förderanlagen (defekte Brunnen) .....	12
1.3. Verockerung der Filter .....	13
1.4. Stromausfall .....	14
1.5. Schäden an der Rohwasserleitung .....	14
2. Wasseraufbereitung (Wasserwerk) .....	15
2.1. Technische Defekte von Anlagenbauteilen .....	17
2.2. Defekte in elektrischer Anlage .....	18
2.3. Stromausfälle .....	18
2.4. Ausfall der Sauerstoffversorgung .....	19
2.5. Eindringen von Insekten in die Aufbereitungsanlage .....	20
2.6. Kapazitätsengpässe bei der Aufbereitung .....	20
2.7. Personalengpass bei Krankheit .....	21
2.8. Eingriffe von außen (Terror, Naturkatastrophen) .....	21
2.9. Qualitätskontrolle .....	22
a) Standardparameter .....	22
b) Arzneimittel .....	27
c) PFAS .....	27
d) EU Beobachtungsliste .....	28
e) Untersuchungsstelle .....	28

f) Bewertung der risikobasierten Probenahmeplanung gem. § 37 TrinkwV ....	28
3. Wasserspeicherung (Reinwasserbehälter) .....	30
3.1. Eindringen von Oberflächenwasser .....	30
3.2. Eindringen von Insekten .....	31
3.3. Mängel und Defekte am Anlagenbau .....	32
4. Wasserverteilung (Rohrnetz) .....	33
4.1. Reparaturanfälligkeit des Rohrnetzes .....	33
4.2. Leitungspläne und Informationssystem für vorhandenes Rohrnetz .....	34
4.3. Wasserverluste .....	35
4.4. Leitungszerstörung durch Dritte .....	37
4.5. Ausfall Druckerhöhungsstationen .....	37
5. Trinkwasserinstallation (Kundenanlage) .....	38
5.1. Allgemein anerkannte Regeln der Technik .....	38
5.2. Materialwahl .....	39
5.3. Verkeimung durch Legionellen .....	40
6. Pandemien .....	41
<b>V. Zusammenfassung.....</b>	<b>42</b>
<b>VI. Anlagen .....</b>	<b>43</b>
Zusammenfassung der Risikomatrix.....	43
Rohrleitungs- und Instrumentierungsschema (R+I-Schema) Wasserwerk .....	44
Wassertechnik Wasserwerk .....	45
Abbildungs-, Bild-, Grafik-, Schema- und Tabellenverzeichnis.....	46
Quellenverzeichnis .....	47



## I. Einleitung

Gemäß Artikel 7 „*Risikobasierter Ansatz für sicheres Wasser*“ der EU-Trinkwasserrichtlinie 2020/2184<sup>1</sup> haben die EU-Mitgliedstaaten dafür Sorge zu tragen, dass für die Versorgung, Aufbereitung und Verteilung von Wasser für den menschlichen Gebrauch ein risikobasierter Ansatz angewendet wird, der sich auf die gesamte Versorgungskette vom Einzugsgebiet über die Entnahme, Aufbereitung und Speicherung bis zur Verteilung des Wassers an der Stelle der Einhaltung gemäß Artikel 6 erstreckt. Dabei umfasst der risikobasierte Ansatz Folgendes:

- a) Risikobewertung und Risikomanagement der Einzugsgebiete von Entnahmestellen von Wasser für den menschlichen Gebrauch gemäß Artikel 8;
- b) Risikobewertung und Risikomanagement für jedes Versorgungssystem, das die Entnahme, Aufbereitung, Speicherung und Verteilung von Wasser für den menschlichen Gebrauch durch die Wasserversorger bis zur Übergabestelle gemäß Artikel 9 umfasst; und
- c) Risikobewertung der Hausinstallationen gemäß Artikel 10.

Im Zuge der Umsetzung des Artikels 9 „*Risikobewertung und Risikomanagement des Versorgungssystems*“ und des Artikels 10 „*Risikobewertung von Hausinstallationen*“ der EU-Trinkwasserrichtlinie hat mit der Novellierung der Trinkwasserverordnung<sup>2</sup> (TrinkwV) der Betreiber einer Wasserversorgungsanlage gemäß § 34 TrinkwV die Sicherstellung der Anforderungen an die Beschaffenheit des Trinkwassers einem kontinuierlichen Risikomanagement zu unterziehen.

Folgende Anforderungen werden nach § 35 Trinkwasserverordnung an das Risikomanagement gestellt (dabei sind die in **blauen Klammern** gesetzten Kommentare Hinweise auf dieses Dokument):

- (1) hinreichende Fachkenntnisse der durchführenden Person  
(Durchführung durch hydrogeologische Ingenieurbüros sowie beim WVND angestellte Ingenieure und Wassermeister)
- (2) Durchführung entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik, insbesondere der DIN EN 15975-2,
  1. für Wasserversorgungsanlagen, auf die die auf Grund von § 50 Absatz 4a des Wasserhaushaltsgesetzes zu erlassende Rechtsverordnung anzuwenden ist, die Ergebnisse der Bewertung des Einzugsgebiets der Entnahmestellen für die Trinkwassergewinnung und des Risikomanagements für dieses Einzugsgebiet berücksichtigen,  
(siehe Risikomanagement nach Trinkwassereinzugsgebieteverordnung - TrinkwEGV)
  2. Gefährdungen und Gefährdungsereignisse für Wasserversorgungsanlagen identifizieren und eine Abschätzung der daraus resultierenden Risiken für die den Anforderungen nach Abschnitt 2 entsprechende Beschaffenheit des Trinkwassers (Risikoabschätzung) umfassen,  
(IV.1.-3.)
  3. Risiken berücksichtigen, die sich bezüglich der Beschaffenheit des Trinkwassers aus Klimawandel, Wasserverlusten und undichten Trinkwasserleitungen ergeben,  
(IV.4.1 ff.)
  4. Ergebnisse von Besichtigungen der Wasserversorgungsanlage sowie, sofern zutreffend, der Schutzzonen und der Umgebung der Wasserfassungsanlage berücksichtigen,  
(siehe Risikomanagement nach TrinkwEGV)
  5. die Festlegung und Durchführung von Maßnahmen zur Risikobeherrschung umfassen, um die erkannten Risiken, die die den Anforderungen nach Abschnitt 2 entsprechende Beschaffenheit des Trinkwassers gefährden könnten, zu verhindern oder zu mindern,  
(Maßnahmen werden in Kapitel IV. aufgezeigt)

---

<sup>1</sup> Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung)

<sup>2</sup> Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV); Zweite Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 20. Juni 2023, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2023 Teil I Nr. 159, ausgegeben zu Bonn am 23. Juni 2023

6. das gegenwärtig durchgeführte Programm für betriebliche Untersuchungen nach § 30 umfassen,  
(IV.2.9)
  7. die in der jeweils geltenden Fassung der Beobachtungsliste nach Artikel 13 Absatz 8 der Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (ABl. L 435 vom 23.12.2020, S. 1) enthaltenen Stoffe und Verbindungen berücksichtigen,  
(aktuell 17- $\beta$ -Estradiol und Nonylphenol)
  8. Folgendes berücksichtigen:
    - a) die Ergebnisse der Untersuchungen nach § 36 und
    - b) die Ergebnisse weiterer Untersuchungen des Rohwassers auf den Indikatorparameter somatische Coliphagen, soweit solche Untersuchungen durchgeführt worden sind,  
(Untersuchung auf Coliphagen nicht notwendig, da 100% Grundwasser)
  9. basierend auf den in Nummer 8 Buchstabe a und b genannten Ergebnissen die Notwendigkeit zukünftiger weiterer Untersuchungen des Rohwassers auf den Indikatorparameter somatische Coliphagen bewerten und gegebenenfalls die Häufigkeit dieser Untersuchungen festlegen.  
(siehe oben)
- (3) schriftliche oder digitale Dokumentation mit folgendem Umfang:
1. eine Beschreibung aller Prozessschritte in der betreffenden Wasserversorgungsanlage zur Gewinnung, Aufbereitung und Verteilung des Wassers bis zur Übergabestelle in die Trinkwasserinstallation, einschließlich Informationen zu den angewendeten Desinfektionsverfahren sowie zu den eingesetzten Aufbereitungsstoffen, Materialien und Werkstoffen im Kontakt mit Trinkwasser,  
(IV.)
  2. eine Zusammenfassung der Ergebnisse der Risikoabschätzung und der anderen Elemente des Risikomanagements, einschließlich des gegenwärtig durchgeführten Programms für betriebliche Untersuchungen nach § 30,  
(V.)
  3. bei einer zentralen Wasserversorgungsanlage einen begründeten Vorschlag zur Anpassung oder Beibehaltung des Untersuchungsplans, insbesondere,
    - a) ob ein erweiterter Umfang oder eine höhere Häufigkeit von Untersuchungen für bestimmte Parameter nach § 37 Absatz 4 erforderlich ist und
    - b) ob ein Parameter vom Untersuchungsumfang ausgenommen oder die Untersuchungshäufigkeit nach § 37 Absatz 2 verringert werden soll,  
(IV.2.9 f)
  4. (mobile Wasserversorgung hier nicht relevant),
  5. eine Erklärung des Betreibers, dass kein Umstand abzusehen ist, der bei einer dem Vorschlag entsprechenden Anpassung des Untersuchungsplans oder bei einer dem Vorschlag entsprechenden Bestimmung von Untersuchungspflichten eine Verschlechterung der Beschaffenheit des Trinkwassers verursachen würde,  
(IV.2.9 f)
  6. eine Erklärung des Betreibers, dass die Anforderungen des Absatzes 1 erfüllt sind (siehe Hinweis zu Absatz 1), und
  7. einen Anhang, mit dem die Verbraucher nach § 46 Absatz 1 Nummer 6 informiert werden sollen.  
(Informationen unter [www.wvnd.de](http://www.wvnd.de))

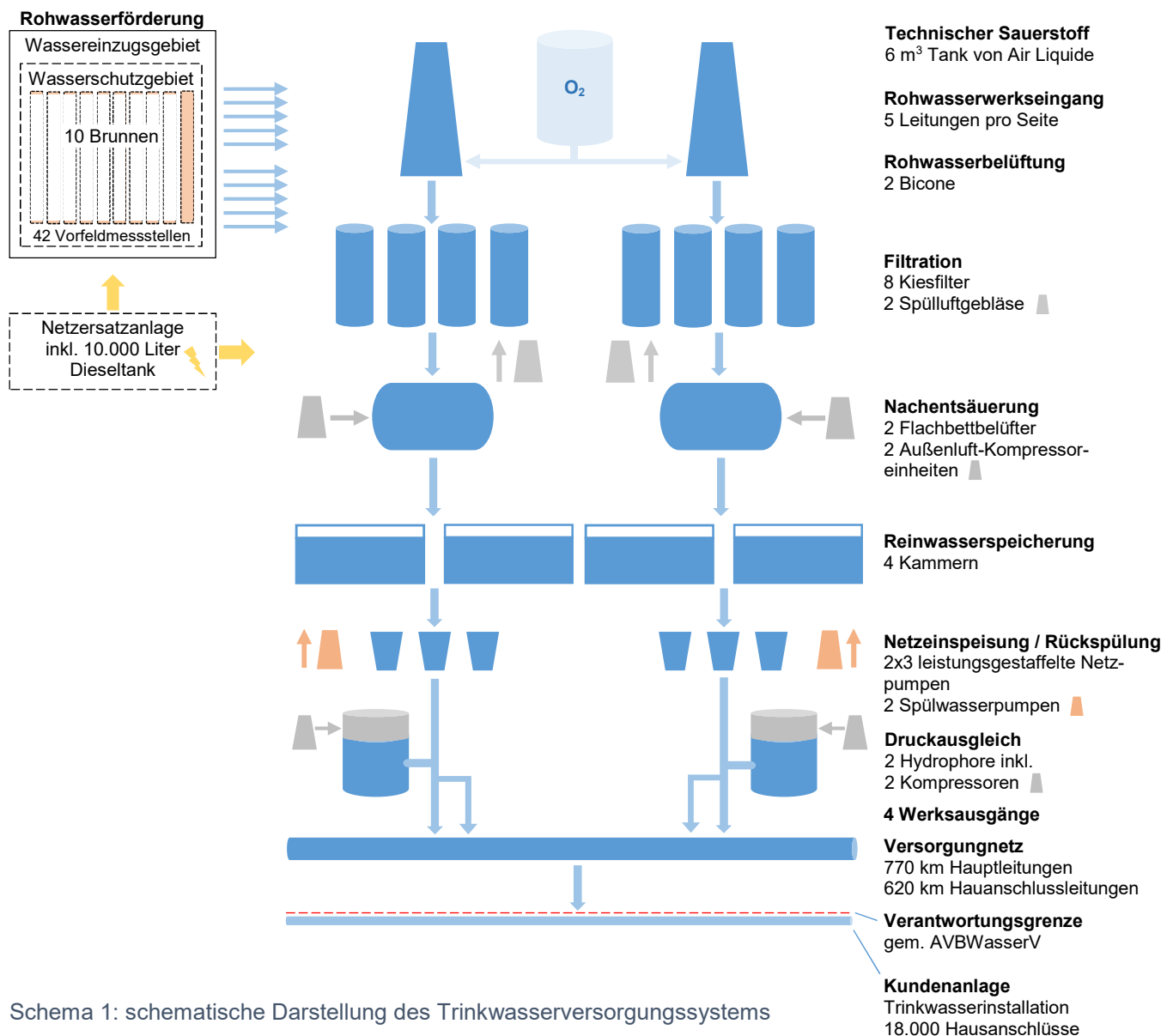
Bei einer Überprüfung des Risikomanagements nach § 34 Absatz 2 Satz 2 kann die dem Gesundheitsamt nach § 38 Absatz 1 Nummer 2 oder Nummer 3 zu übermittelnde Dokumentation auf unveränderte Inhalte dem Gesundheitsamt bereits nach § 38 Absatz 1 in der Vergangenheit übermittelter Dokumentationen Bezug nehmen. Aktualisierungen des Risikomanagements sind zusammengefasst darzustellen.

## II. Beschreibung des Trinkwasserversorgungssystems

Gemäß DIN EN 15975-2<sup>3</sup>, Kap. 4.3 ist das Trinkwasserversorgungssystem vom Einzugsgebiet bis zur Übergabestelle an die Nutzer schematisch zu beschreiben.

Die Trinkwasserversorgung des WVND ist wie folgt aufgebaut:

1. Das Rohwasser wird über 8 (bzw. ab 2026 10) Brunnen zu Tage gefördert.
2. Am Wasserwerk wird das Rohwasser als erster Aufbereitungsschritt mittels technischem Sauerstoff belüftet.
3. Nach der Belüftung erfolgt die Filtration in 8 Kiesfiltern.
4. Als letzter Aufbereitungsschritt wird aus dem Wasser in Flachbettbelüftern CO<sub>2</sub> ausgetrieben und der pH-Wert angehoben (Nachentsäuerung).
5. Im Anschluss strömt das Wasser in 4 Reinwasserkammern.
6. Von den Reinwasserkammern strömt das Wasser zu den 6 Reinwasserpumpen, die es in das Versorgungsnetz drücken.
7. Das Versorgungsnetz verteilt das Wasser bis zu den Übergabestellen der Haushalte.



Schema 1: schematische Darstellung des Trinkwasserversorgungssystems

<sup>3</sup> Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 2: Risikomanagement, Deutsche Fassung EN 15975-2: Dezember 2013

### III. Feststellung möglicher Gefährdungen

#### 1. Grundlage

Die Begriffe Risiko, Gefährdung, Vulnerabilität und Resilienz beschreiben äußere und innere Einflüsse und Auswirkungen auf technische Systeme. Dabei bedeutet<sup>4</sup>

- Risiko** Risiko wird im Allgemeinen als Kombination aus Eintrittswahrscheinlichkeit eines unerwünschten Ereignisses und Schadensschwere bei einem etwaigen Eintritt des Ereignisses angesehen. Eine übliche Vereinfachung ist es, das Produkt aus Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensschwere als Risiko zu bezeichnen.
- Gefährdung** Eine Gefährdung als technischer Begriff bedeutet die Möglichkeit, dass ein Schutzgut (Person, Tier, Sache oder natürliche Lebensgrundlage) räumlich und/oder zeitlich mit einer Gefahrenquelle zusammentreffen kann. Das Wirksamwerden der Gefahr führt zu einem Schaden, etwa zu einer Verletzung, ..., Funktionseinbußen oder Funktionsverlust.
- Vulnerabilität** von lateinisch vulnus „Wunde“ bzw. vulnerare „verwunden“ bedeutet „Verwundbarkeit“ oder „Verletzbarkeit“
- Resilienz** von lateinisch resilire „zurückspringen, abprallen“ steht für die Fähigkeit technischer Systeme, bei einem Teilausfall nicht vollständig zu versagen oder auch Widerstandsfähigkeit gegenüber äußeren Einflüssen

#### 2. Epidemien

Noch bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts kannte man in Europa Epidemien, die durch verunreinigtes Trinkwasser verursacht wurden. Auslöser war in der Regel durch Fäkalien kontaminiertes Wasser, welches in den Städten teilweise noch ungefiltert verteilt wurde.

„Bereits 1892 entdeckte Robert Koch nach der verheerenden Choleraepidemie in Hamburg, dass die Krankheitserreger (hier: Choleravibrionen) über fäkal kontaminierte Abwässer ins Elbwasser gelangt waren, welches auch unmittelbar zur Trinkwassergewinnung genutzt wurde. Er beobachtete aber auch, dass von einem Wasser, das langsam über Sand gefiltert wurde, keine Gesundheitsgefahr mehr ausging. Die Krankheitserreger wurden durch die Filtration entfernt und die Anzahl der verbleibenden, meist harmlosen Mikroorganismen betrug weniger als 100 pro Milliliter Wasserprobe. Koch lieferte damit erstmals eine wissenschaftliche Grundlage zur Aufbereitung oder Reinigung verschmutzter Wässer und zur mikrobiologischen Überwachung der Trinkwasserqualität.“<sup>5</sup>

Die Erkenntnis von Robert Koch war ein Meilenstein auf dem Weg zu unserer heutigen hygienisch sicheren Trinkwasserversorgung. Allerdings können auch heute noch verschiedene Mikroorganismen (Bakterien, Viren und Protozoen) das Trinkwassers verunreinigen und damit die menschliche Gesundheit gefährden<sup>6</sup>:

---

<sup>4</sup> vgl.: Wikipedia unter <https://de.wikipedia.org/wiki/>

<sup>5</sup> siehe: Umwelt Bundesamt, Rund um das Trinkwasser, November 2010, 4. aktualisierte Auflage 2016, [www.umweltbundesamt.de/publikationen/rund-um-trinkwasser](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/rund-um-trinkwasser)

<sup>6</sup> vgl.: WHO Guidelines for Drinking-water Quality, fourth edition incorporating the first addendum, 2017, S 119 f.

### **Bakterien**

Cholera vibrio  
Salmonellen  
Shigellen  
Yersinien  
Campylobacter  
EHEC  
Pseudomonas aeruginosa  
Legionellen  
atypische Mykobakterien  
Aeromonas hydrophila

### **Viren**

Polyomyelitis  
Hepatitis A und E  
Rotaviren  
Adenoviren  
Noroviren

### **Protozoen (Einzeller)**

Entamoeba histolytica  
Giardien  
Cryptosporidien

## **3. Infektionsschutz**

Eine sichere öffentliche Trinkwasserversorgung ist neben der fachgerechten Abwasserbeseitigung der Grundpfeiler für einen gelebten Infektionsschutz in unserer heutigen Gesellschaft. Aus diesem Grund sind die Anforderungen an die Trinkwasserqualität auch im Infektionsschutzgesetz [Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG)]<sup>7</sup> geregelt. Hierin ist in § 37 Absatz 1 festgehalten, dass Wasser für den menschlichen Gebrauch so beschaffen sein muss, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit, insbesondere durch Krankheitserreger, nicht zu besorgen ist. Das IfSG ermächtigt weiterhin in § 38 den Gesetzgeber, weitere Regelungen zur Trinkwasserqualität in einer Verordnung zu bestimmen. Mit dem Erlass der Trinkwasserverordnung macht der Gesetzgeber hiervon Gebrauch und regelt somit eine wichtige Voraussetzung für unser heutiges Leben in Abwesenheit von trinkwasserbedingten Seuchen und Epidemien.

## **4. Risikoklassifizierung**

Die Basis für eine sichere und hygienisch einwandfreie öffentliche Trinkwasserversorgung ist das Multi-Barrieren-System, welches sich aus dem konsequenten Schutz der Trinkwasserressourcen sowie der Anwendung der allgemein anerkannten Regeln der Technik bei der Gewinnung, Aufbereitung, Speicherung, Transport, Verteilung sowie dem Bau und dem Betrieb der Trinkwasserinstallation zusammensetzt. Diese Kette von der Wasserförderung bis hin zum Zapfhahn des Verbrauchers kann an verschiedenen Stellen verletzt werden und unterliegt somit diverser Risikofaktoren.

Im Folgenden geht es darum, für die Trinkwasserversorgung des Wasserverbandes Norderdithmarschen (WVND) die möglichen Gefährdungen, die zu einer Verletzung eines Systems führen und damit das Risiko ein Systemversagen auslösen zu können, zu bewerten und aufzuzeigen, wie Widerstandsfähig die zentrale Trinkwasserversorgung aktuell aufgestellt ist und wo ggf. noch Handlungsbedarf besteht, noch sicherer zu werden.

Um die Vulnerabilität (Verletzbarkeit) und Resilienz (Widerstandsfähigkeit) der Trinkwasserversorgung von der Quelle bis zum Verbraucher zu untersuchen, werden im Folgenden einzelne Kriterien der Bereiche Grundwasserförderung, Wasseraufbereitung (Wasserwerk), Wasserspeicherung (Reinwasserbehälter), Wasserverteilung (Rohrnetz), Trinkwasserinstallation (Kundenanlage) sowie das Thema Pandemien beleuchtet.

<sup>7</sup> Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG), Ausfertigungsdatum: 20.07.2000, (BGBl. I S. 1045), Zuletzt geändert durch Art. 8b G v. 20.12.2022 I 2793



Im Anschluss an jedes Kriterium erfolgt über eine Matrix die Bewertung der Verletzbarkeit mittels der Eintrittswahrscheinlichkeit und des zu erwartenden Schadens. Die Resilienz ist damit umgekehrt proportional zu dem zu erwarteten Schaden.

Die hier gewählte Matrix entspricht einer 5 x 5 Matrix in Anlehnung an die DIN EN 15975-2<sup>8</sup>. Dabei erfolgt eine Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeit und des Schadensausmaßes gemäß DVGW Merkblatt W 1004<sup>9</sup> wie folgt:

## Klassifizierung | Wert | Beschreibung

### Eintrittswahrscheinlichkeit

sehr gering	1	nahezu ausgeschlossen / sehr unwahrscheinlich, tritt mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit nicht ein, z. B. bei Havarien/Katastrophen
gering	2	unwahrscheinlich / eher unwahrscheinlich, auf seltene, nicht wiederkehrende Einzelfälle begrenzt, z. B. bei Unfällen oder sonstigen Schadensfällen, die seltener als alle zehn Jahre auftreten
mittel	3	unregelmäßig / gelegentlich, völlig unbestimmt, z. B. bei Leckagen, unregelmäßige Einzelfälle, aber Häufigkeit uneindeutig
hoch	4	wahrscheinlich / ziemlich wahrscheinlich, keine Einzelfälle mehr
sehr hoch	5	nahezu sicher / sehr wahrscheinlich, regelmäßig, wiederkehrend, dauerhaft vorhanden, z. B. jedes Jahr im Winter oder häufiger pro Jahr

### Schadensausmaß

sehr gering	1	kein bis sehr geringes Schadensausmaß (Gefährdungsmenge, Gefährdungsart), keine beobachtbaren negativen Auswirkungen auf die Wasserqualität
gering	2	geringes Schadensausmaß (Gefährdungsmenge, Gefährdungsart), unbedeutende/geringfügige Konzentrationsanstiege oder unbedeutende/geringfügige negative Auswirkungen auf die Wasserqualität
mittel	3	begrenztes Schadensausmaß (Gefährdungsmenge, Gefährdungsart), minder schwere Konzentrationsanstiege (nicht gesundheitsrelevant), ggf. vorübergehende oder zeitlich sehr begrenzte negative Auswirkungen auf die Wasserqualität
hoch	4	hohes Schadensausmaß (Gefährdungsmenge, Gefährdungsart), Überschreitung von Grenz-/Schwellenwerten in der betrachteten Wassermatrix, aber ohne akute Gesundheitsgefährdung
sehr hoch	5	sehr hohes Schadensausmaß (Gefährdungsmenge, Gefährdungsart), deutliche Überschreitung von Grenz-/Schwellenwerten in der betrachteten Wassermatrix, ggf. mit akuter oder langfristiger Beeinträchtigung der Gesundheit

<sup>8</sup> Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 2: Risikomanagement, Deutsche Fassung EN 15975-2: Dezember 2013

<sup>9</sup> Technischer Hinweis – Merkblatt DVGW W 1004 (M), August 2024; Bewertung von Trinkwassereinzugsgebieten gemäß Trinkwassereinzugsgebieteverordnung

Die Klassifizierung zur Priorisierung des Risikos erfolgt entsprechend der Punktzahl des einzelnen Risikomerkmals:

Klassifizierung	Umschreibung/Handlungsoptionen	Punktzahl Risiko
sehr gering	keine besondere Aufmerksamkeit erforderlich; Behandlung im Routinebetrieb, Beschreibung in Dokumentation und erneute Berücksichtigung in künftigen Bewertungen	1 bis 5
gering	gegenwärtig kein Handlungsbedarf, Lösung im Routinebetrieb und Berücksichtigung bei zukünftigen Veränderungen der Trinkwasserversorgung oder bei Revision	8 bis 20
mittel	künftig Aufmerksamkeit erforderlich Handlungsbedarf prüfen: ggf. Wissenslücken schließen, evtl. Neubewertung bzw. mittelfristige Maßnahmen / Monitoring prüfen	25 bis 45
hoch	zeitnah Aufmerksamkeit erforderlich Handlungsbedarf: Wissenslücken schließen, ggf. Neubewertung oder Maßnahmen erforderlich, Überwachung vorhandener Maßnahmen wichtig	48 bis 80
sehr hoch	umgehend Aufmerksamkeit erforderlich sofortiger Handlungsbedarf: Wissenslücken schließen, ggf. Neubewertung oder dringende Maßnahmen erforderlich, Überwachung vorhandener Maßnahmen sehr wichtig	> 80

Daraus ergibt sich Folgende Bewertungsmatrix:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

## 5. Risikofaktoren

Folgende Einflussfaktoren beinhalten Gefährdungspotentiale und können sich damit negativ auf die notwendige Trinkwasseraufbereitung auswirken, bzw. den notwendigen Aufwand zur Aufbereitung des Grundwassers zur Herstellung hygienisch einwandfreien Trinkwassers erhöhen:

### 1. Grundwasserförderung

1. undichte Ringräume der Förderbrunnen
2. technische Defekte der einzelnen Förderanlagen (Brunnen)
3. Verockerung der Filter
4. Stromausfall
5. Schäden an der Rohwasserleitung

### 2. Wasseraufbereitung (Wasserwerk)

1. Technische Defekte von Anlagenbauteilen
2. Defekte in elektrischer Anlage
3. Stromausfall
4. Ausfall der Sauerstoffversorgung
5. Eindringen von Insekten in die Aufbereitungsanlage
6. Kapazitätsengpässe bei der Aufbereitung
7. Personalengpass bei Krankheit
8. Eingriffe von außen (z.B. Terror, Naturkatastrophen)
9. Qualitätskontrolle

### 3. Wasserspeicherung (Reinwasserbehälter)

1. Eindringen von Oberflächenwasser
2. Eindringen von Insekten
3. Mängel am Anlagenbau

### 4. Wasserverteilung (Rohrnetz)

1. Reparaturanfälligkeit des Rohrnetzes
2. Leitungspläne und Informationssystem für vorhandenes Rohrnetz
3. Wasserverluste
4. Leitungszerstörung durch Dritte
5. Ausfall Druckerhöhungsstationen

### 5. Trinkwasserinstallation (Kundenanlage)

1. Allgemein anerkannten Regeln der Technik
2. Materialwahl
3. Verkeimung durch Legionellen

### 6. Pandemien

- Ausfall von Personal wegen Krankheit

Für das **Wassereinzugsgebiet** des Wasserwerks in Linden liegt ein separates Risikomanagement nach Trinkwassereinzugsgebieteverordnung (TrinkwEGV) vor und wird daher im Folgenden nicht betrachtet.

## IV. Analyse und Beseitigungsmöglichkeiten festgestellter Gefährdungen

### 1 Grundwasserförderung

Die Grundwasserförderung erfolgt aus 8 in den Jahren 2015 bis 2017 sowie 2 im Jahr 2026 neu gebohrten Vertikalfilterbrunnen. Im Rahmen des Neubaus wurden ausführliche chemische und bakteriologische Untersuchungen des Grundwassers veranlasst (siehe Tabelle 1). Darüber hinaus wurde für jeden ausgebauten Brunnen ein Leistungspumpversuch gemäß DVGW-Regelwerk durchgeführt. Begleitet wurde das Projekt durch Herrn Dr. Liebau vom Ingenieurbüro GeoSystem aus Kiel (Brunnen 1-8) sowie von der CONSULAQUA Hamburg Beratungsgesellschaft mbH (Brunnen 9-10).

Parameter	Einheit	Brunnen								GW TrinkwV
		1/2016	2/2015	3/2016	4/2016	5/2016	6/2016	7/2017	8/2017	
Koloniezahl 22°C	KbE/ml	3	-	-	0	4	-	3	68	100
Koloniezahl 36°C	KbE/ml	4	-	-	4	0	-	0	60	100
Coliforme Keime	in 100 ml	0	-	-	0	0	-	0	0	0
Escherichia Coli	in 100 ml	0	-	-	0	0	-	0	0	0
Enterokokken	in 100 ml	0	-	-	0	0	-	0	0	0
Temperatur	°C	10	8,1	9,1	11,0	9,0	10,1	9,6	9,1	
pH-Wert	-	7,4	7,1	7,0	7,5	7,6	7,6	7,6	7,6	6,5-9,5
Leitfähigkeit	µS/cm	535	618	537	440	425	384	347	347	2.790
Sauerstoff	mg/l	4,3	3,1	2,9	0,1	0,2	3,3	0,2	0,1	
Färbung/Trübung	NTU	8,8	9,5	<0,1	5,5	3,1	1,8	2,2	1,5	1,0
Absorptionskoeffizient 436 nm	1/m	< 0,05	0,38	0,13	<0,1	<0,1	0,2	-	-	0,5
UV-Absorption 254 nm	1/m	4,5	10,5	2,1	3,8	2,8	2,6	3,1	4,7	
TOC	mg/l	2,6	5,2	1,7	1,4	1,1	1,7	<1,0	<1,0	
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	4,6	4,8	3,3	3,0	2,5	3,0	2,6	2,2	
Basekapazität bis pH 8,2	mmol/l	0,3	0,7	0,2	0,18	0,16	0,1	<0,1	0,1	
Calcitlösekapazität	mg/l	-7,5	17,5	38,0	3,16	-0,13	0,65	7,57	4,17	5,0
Gesamthärte	mmol/l	2,3	2,6	2,3	1,89	1,76	1,6	1,4	1,44	
<b>Anionen</b>										
Chlorid	mg/l	18,2	31,6	33,5	27,8	33,0	19,9	20,7	19,8	250
Cyanid	mg/l	< 0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,05
Fluorid	mg/l	0,14	0,16	0,14	<0,1	<0,1	0,2	0,15	0,12	1,5
Nitrat	mg/l	< 0,4	<0,4	<0,4	<0,5	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	50
Nitrit	mg/l	< 0,07	<0,07	<0,07	<0,03	<0,03	<0,07	<0,03	<0,03	0,5
Nitrat/50+Nitrit/3	mg/l	< 0,03	<0,03	<0,03	-	-	<0,03	-	-	1,0
Sulfat	mg/l	2,2	15,9	56,0	31,6	46,3	13,7	16,5	24,1	250
<b>Kationen/Metalle</b>										
Ammonium	mg/l	0,25	0,25	0,09	0,134	0,0438	0,10	0,142	0,152	0,5
Aluminium	mg/l	0,01	<0,01	0,14	0,02	0,0086	<0,01	<0,005	<0,005	0,2
Antimon	mg/l	< 0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,005
Arsen	mg/l	< 0,001	0,001	0,001	0,00067	0,00075	<0,001	<0,0005	0,0005	0,01
Blei	mg/l	0,003	<0,001	0,002	0,0044	<0,0069	<0,001	<0,0005	<0,0005	0,01
Bor	mg/l	0,019	0,016	0,021	0,015	0,013	0,026	0,022	0,020	1,0
Cadmium	mg/l	< 0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0004	<0,0004	<0,0002	<0,0004	<0,0004	0,003
Calcium	mg/l	87,9	97,1	84,5	70,0	65	60,2	52,0	52,0	
Chrom	mg/l	< 0,001	<0,001	<0,001	<0,002	<0,002	<0,001	<0,002	<0,002	0,05
Eisen	mg/l	1,77	3,2	1,55	1,1	0,85	0,926	0,65	0,59	0,2
Kalium	mg/l	1,2	1,0	1,7	1,4	1,3	1,6	1,3	0,98	
Kupfer	mg/l	0,019	0,014	0,009	0,016	0,014	0,001	0,0026	0,00072	2,0
Magnesium	mg/l	3,6	3,4	4,1	3,7	3,5	2,6	2,7	2,8	
Mangan	mg/l	0,221	0,239	0,138	0,11	0,083	0,105	0,073	0,081	0,05
Natrium	mg/l	12,1	14,4	14,9	14,0	13,0	15,1	13,0	12,0	200
Nickel	mg/l	0,002	<0,001	<0,001	<0,002	0,0011	<0,001	0,00063	<0,0005	0,02
Quecksilber	mg/l	< 0,0002	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,001
Selen	mg/l	< 0,001	<0,001	<0,001	<0,01	<0,01	<0,001	<0,0005	<0,01	0,01
Uran	mg/l	< 0,0005	-	<0,0005	-	0,0011	<0,0005	-	-	0,01



Parameter	Einheit	Brunnen								GW TrinkwV
		1/2016	2/2015	3/2016	4/2016	5/2016	6/2016	7/2017	8/2017	
Aromatische Kohlenwasserstoffe (BTEX)										
Benzol	µg/l	< 0,02	<0,02	<0,02	<0,5	<0,5	<0,02	<0,5	<0,5	1,0
Trichlormethan	µg/l	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
1,2-Dichlorethan	µg/l	< 0,1	<0,1	<0,1	<1,0	<1,0	<0,1	<1,0	<1,0	3,0
Trichlorethen	µg/l	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Tetrachlorethen	µg/l	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,35	<0,1	<0,1	<0,1	
Vinylchlorid/Chlorethen	µg/l	< 0,02	<0,02	<0,02	<0,5	<0,5	<0,02	<0,5	<0,5	0,5
Dichlorbrommethan	µg/l	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Dibromchlormethan	µg/l	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Tribrommethan	µg/l	< 0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	
Σ Tri.- und Tetrachlorethen	µg/l	< 0,2	<0,2	<0,2	<0,1	0,35	<0,2	<0,1	<0,1	10
Summe THM	µg/l	< 0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	50
Mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)										
Benzo-(b)-fluoranthen	µg/l	< 0,01	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,01	<0,002	<0,002	
Benzo-(k)-fluoranthen	µg/l	< 0,01	<0,01	<0,01	<0,002	<0,002	<0,01	<0,002	<0,002	
Benzo(a)pyren	µg/l	< 0,001	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	<0,001	<0,005	<0,005	0,01
Benzo-(ghi)-perylen	µg/l	< 0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
Indeno-(1,2,3-cd)-pyren	µg/l	< 0,01	<0,01	<0,01	<0,005	<0,005	<0,01	<0,005	<0,005	
Summe PAK	µg/l	< 0,1	<0,1	<0,1	0,0	0,0	<0,1	0,0	0,0	0,1
Pflanzenschutz- und behandlungsmittel (PSBM)										
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Aminomethylphosphonsäure	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Atrazin	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Bentazon	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Bromacil	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Chloridazon	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Chlortoluron	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Clothianidin	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Desethylatrazin	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Desethylterbutylazin	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Desisopropylatrazin	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Desmethyldiuron	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Difenoconazol	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Dimethachlor	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Dimethachlorsäure	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Dimethachlor-Sulfonsäure	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Dimethylsulfamid (DMSA)	µg/l	< 0,05	<0,1	<0,1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Diuron	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Fluquinconazol	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Glyphosat	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Hexazinon	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Imidachlopid	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Isoproturon	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
MCPA	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Mecoprop	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Metazachlor	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Metazachlorsäure	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Metazachlorsulfonsäure	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Metolachlor	µg/l	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Metolachlorsäure	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Metolachlorsulfonsäure	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Metribuzin	µg/l	-	<0,05	-	-	-	-	-	-	0,1
Napropamid	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Oxadixyl	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Quinmerac	µg/l	-	<0,05	-	-	-	-	-	-	0,1
Simazin	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Terbutylazin	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1
Thiachlopid	µg/l	< 0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	
Tolyfluanid	µg/l	< 0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1

Tabelle 1: chemische und mikrobiologische Erstuntersuchung Förderbrunnen

Nachdem das Grundwasser in ausreichender Menge und guter Qualität den 10 Förderbrunnen des Wasserwerks zuströmt, wird das Sauerstoff reduzierte Rohwasser mittels Unterwasserpumpen zu Tage gefördert. Hierbei stellen folgende Einflussfaktoren eine potentielle Gefährdung dar:

1. undichte Ringräume der Förderbrunnen
2. technische Defekte der einzelnen Förderanlagen (Brunnen)
3. Verockerung der Filter
4. Stromausfall
5. Schäden an der Rohwasserleitung

### 1.1. undichte Ringräume der Förderbrunnen

8 Förderbrunnen des Wasserwerks in Linden sind in den Jahren 2015 bis 2017 sowie 2 weitere im Jahr 2026 mit einem oberirdischen Endausbau neu gebaut worden. Eine geophysikalische Vermessung hat am Ende stattgefunden, sodass davon auszugehen ist, dass die Ringräume nach aktuellem Kenntnisstand fachgerecht abgedichtet sind. Eine mögliche Beeinflussung des 2. Grundwasserstockwerks durch den ersten oberflächennahen Grundwasserleiter kann somit ausgeschlossen werden.

Die Brunnenhäuser sind alle verschlossen und eingezäunt, sodass ein Zutritt unbefugter nur erschwert möglich ist.

Sämtliche Förderbrunnen liegen im Wasserschutzgebiet des Wasserwerks Linden in der Gemeinde Linden, Gemarkung Linden. Die Grundwasserförderung findet in Tiefen zwischen 47 und 92 m statt.

Auf Grund der Tatsache, dass die Förderbrunnen alle zwischen 2015 und 2026 neu gebaut wurden und dem möglichen Risiko einer Verkeimung bei Außerbetriebnahme und Öffnung eines Brunnens zur geophysikalischen Vermessung, sollte eine Überprüfung der Ringraumdichtigkeit in einem regelmäßigen Abstand von mindestens 10 Jahren wiederholt werden.



Bild 1: Blick in das oberirdische Brunnenhaus

Nr.	Bezeichnung	Tiefe(n) [m]	Baujahr	Förderleistung [m³/a]	Flur	Flurstück	Inbetriebnahme
1	1/2016	47-76	2016	430.000	4	106	02.12.2016
2	2/2015	53-76	2015	360.000	4	18	16.02.2016
3	3/2016	59-82	2016	400.000	4	18	30.03.2016
4	4/2017	55-73 75-82	2017	490.000	4	17	22.03.2017
5	5/2016	57-75 81-92	2016	450.000	4	17	24.01.2017
6	6/2016	55-73 78-85	2015	490.000	4	18	27.06.2016
7	7/2017	52-56,5 58,5-74 78-87	2016	480.000	4	35	10.07.2017
8	8/2017	56-89	2017	480.000	4	36	07.06.2017
9	9/2026	50-86	2026		4	106	
10	10/2026	49-76	2026		4	106	

Tabelle 2: Förderbrunnen Wasserwerk Linden

Für den Punkt *undichte Ringräume der Förderbrunnen* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Bei Bekanntwerden einer undichten Ringraumdichtung ist diese technisch wiederherzustellen. Ist dieses bei einem in Betrieb befindlichen Brunnen nicht möglich, so wäre der betroffenen Brunnen außer Betrieb zu nehmen und fachgerecht zurück zu bauen. In diesem Fall wäre ein Ersatzbauwerk zu errichten. Insofern erfolgt eine Risikoeinstufung bei einer geringen Eintrittswahrscheinlichkeit und einem mittleren Schadensausmaß mit 18 Punkten.

### 1.2. Technische Defekte bei Förderanlagen (defekte Brunnen)

Brunnenpumpen und Brunnenfilter unterliegen dem natürlichen Verschleiß und werden regelmäßig gewartet. Bei Unregelmäßigkeiten werden Brunnenpumpen gezogen und repariert bzw. erneuert. Da in 95% der Versorgungssituationen nicht alle 10 Brunnen gleichzeitig betrieben werden müssen, kann der Ausfall einer Brunnenpumpe in der Regel sehr einfach über den Betrieb eines anderen Brunnens kompensiert werden.

Für den Punkt *technische Defekte bei Förderanlagen* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Da eine Reparatur oder eine Sanierung eines defekten Brunnens in der Regel möglich ist, wäre das Schadensausmaß auch als gering einzustufen. Selbst ein Brunnenneubau wäre innerhalb eines Jahres realisierbar.

### 1.3. Verockerung der Filter

Im Laufe eines Brunnenlebens von 40 Jahren strömen einem einzelnen Brunnen ca. 16. Mio m<sup>3</sup> reduziertes Grundwasser zu. Dieses muss durch die einzelnen Schlitze der Filterrohre fließen, um von der Brunnenpumpe angesaugt werden zu können. Durch die Abwesenheit von Sauerstoff im 2. Grundwasserleiter kommt es zu keinen Eisen- und Manganausfällungen im Filterbereich der Brunnen. Allerdings können sich die Filterschlitze im Laufe der Jahre dennoch zusetzen. Das erhöht den Filterwiderstand, was an einer erhöhten Stromaufnahme der Pumpen und ggf. auch an einem Leistungsabfall in der Fördermenge eines Brunnens abgelesen werden kann. In diesem Fall kann das Ausmaß des Schadens mit Hilfe einer Kamerabefahrung erfasst werden. Eine technische Filterregeneration durch Reinigen mit Säuren und Druckluft ist im Anschluss möglich.

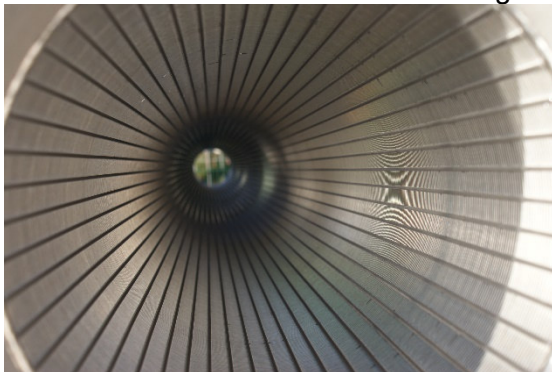


Bild 2: Blick in einen Edelstahlwickeldrahtfilter

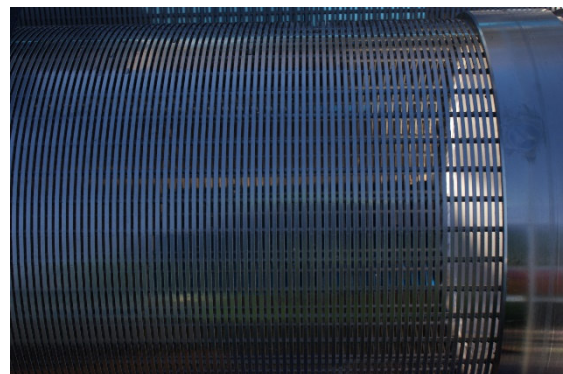


Bild 3: Blick von außen auf ein Filterrohr

Für den Punkt *Verockerung der Filter* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125



### Fazit:

Da eine Filterverockerung sanierbar ist, ist das Schadensausmaß mit 3 Punkten als gering einzustufen. Selbst ein Brunnenneubau wäre innerhalb eines Jahres realisierbar.

## 1.4. Stromausfall

Bei einem Ausfall der Stromversorgung durch den Netzbetreiber steht auf dem Wasserwerk in Linden ein Notstromaggregat mit einer Leistung von 1.000 kW zur Verfügung. Mit einem vorhandenen 10.000 Liter Tank Heizöl kann das Notstromaggregat die Versorgung des kompletten Wasserwerks für eine Zeit von 5-7 Tagen gewährleisten. Sofern ausreichend Treibstoff zur Verfügung steht und die Lieferkette zum Wasserwerk nach Linden nicht unterbrochen ist, kann das Aggregat unbegrenzt Strom produzieren.

Für den Punkt *Stromausfall* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

### Fazit:

Ein Ausfall der zentralen Stromversorgung ist jederzeit denkbar und passiert über kurze Zeit in der Regel auch einige Male im Jahr. Dafür ist ein Notstromaggregat installiert, welches in diesem Fall die Stromversorgung übernimmt. Es ist mit 4 Punkten kein großer Schaden zu erwarten.

## 1.5. Schäden an der Rohwasserleitung

Wurde das Grundwasser durch die Brunnenpumpen zu Tage gefördert wird es durch die Rohwasserleitungen zum Wasserwerk geführt. Sämtliche 10 Brunnen werden separat in das Wasserwerk eingeführt. Sollte es zu einer Störung einer einzelnen Rohwasserleitung kommen, können die anderen Brunnen weiter die Versorgung aufrechterhalten.

Für den Punkt *Schäden an der Rohwasserleitung* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

### Fazit:

Ein Schaden an der Rohwassersammelleitung könnte weitreichende Folgen, bis hin zum Ausfall der kompletten Versorgung haben. Aus diesem Grund werden derzeit im Zuge des Neubaus des Wasserwerks sämtliche 8 Brunnen separat in das Wasserwerk eingeführt, sodass ab diesem Zeitpunkt ein Schaden an einer Rohwasserleitung keine negative Auswirkung mehr auf die Versorgungssicherheit hätte. Insofern ergibt sich eine Bewertung mit 3 Punkten.

## 2 Wasseraufbereitung (Wasserwerk)



Bild 4: altes und neues Wasserwerk, Foto WVND

Das alte Wasserwerk Linden wurde 1953 gebaut, 1974 erweitert und 2025 außer Betrieb gestellt. Mit dem Bau eines Ersatzes wurde 2020 begonnen und ab Oktober 2025 hat das neue Wasserwerk die Versorgung übernommen

Im Wasserwerk angekommen muss dem Rohwasser Eisen und Mangan entzogen werden, damit es nicht im weiteren Verlauf unkontrolliert ausfällt, z.B. im Versorgungsnetz oder in der Trinkwasserinstallation der Kunden.

Zur Eisen- und Manganfällung wird dem Rohwasser Sauerstoff zugeführt. Der Sauerstoff wirkt als Oxidationsmittel für das Eisen und Mangan, welches Flocken bildet, die in den anschließenden Kiesfiltern (Siliziumdioxid  $\text{SiO}_2$  = Quarzkies) zurückgehalten werden. Im Anschluss wird das aufbereitete Wasser noch einmal belüftet, um überschüssiges Kohlendioxid aus dem Wasser abzuscheiden. Dadurch wird eine Anhebung des pH-Wertes auf ca. 7,6 erreicht. Danach fließt das „Reinwasser“ in die Reinwasserkammern, von wo aus es dann von den Reinwasserpumpen angesaugt und in das Versorgungsnetz gedrückt wird.

Die Nachentsäuerung ist so redundant ausgeführt, dass der Defekt einer Anlage immer durch die andere kompensiert werden kann. In diesem Fall ist unter Umständen damit zu rechnen, dass das überschüssige Kohlendioxid nicht zu 100% ausgetragen wird und der pH-Wert nicht mehr auf 7,6 erhöht wird. Der Grenzwert der Trinkwasserverordnung für die Wasserstoffionenkonzentration von  $> 6,5$  und  $< 9,5$  wird allerdings in jedem Fall sicher eingehalten.

Weitere Aufbereitungsschritte und Verfahren inklusive einer Desinfektion des Roh- oder Reinwassers werden im Wasserwerk Linden nicht benötigt und auch nicht eingesetzt. Abbildung 6 beschreibt den Aufbereitungsprozess schematisch.

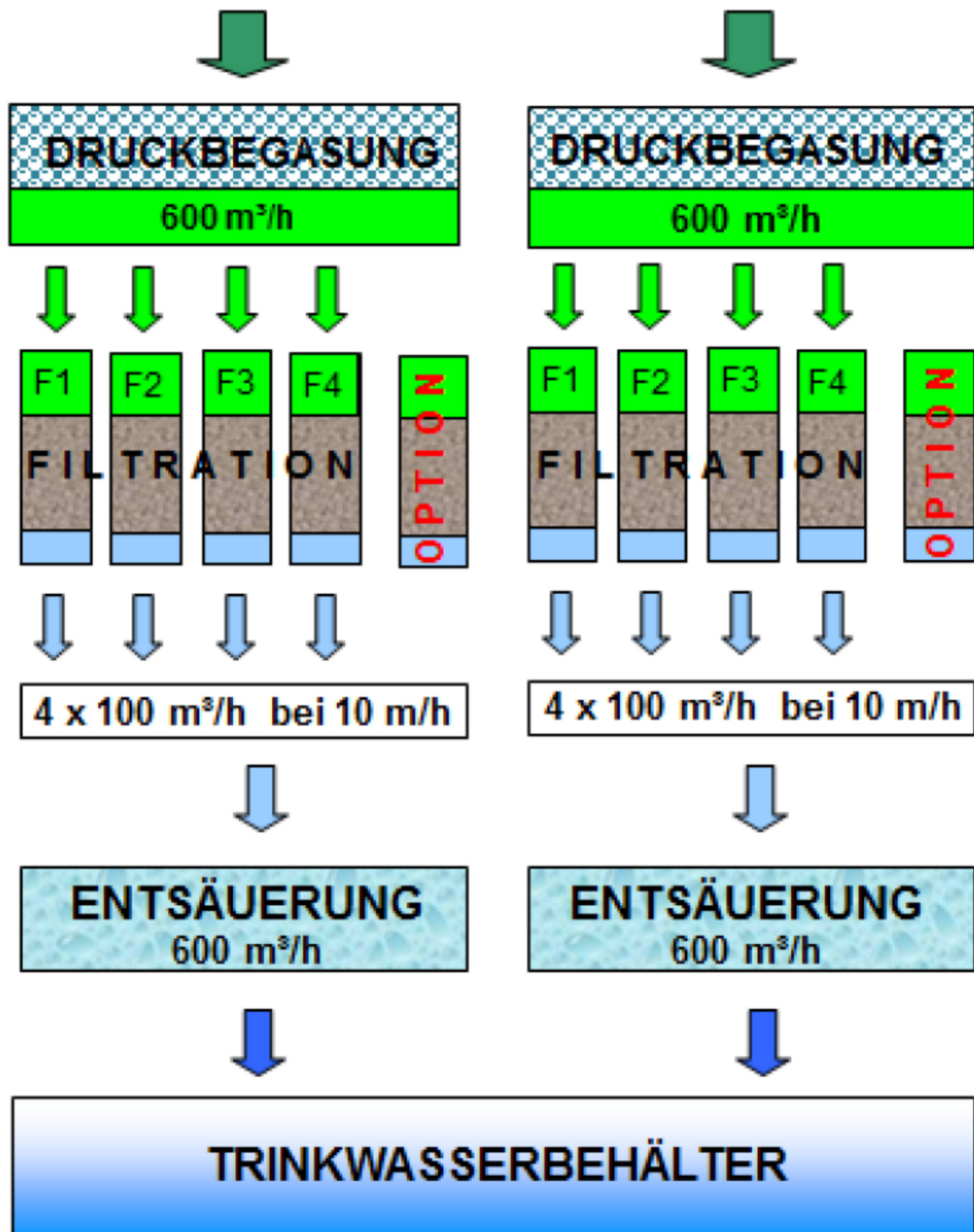
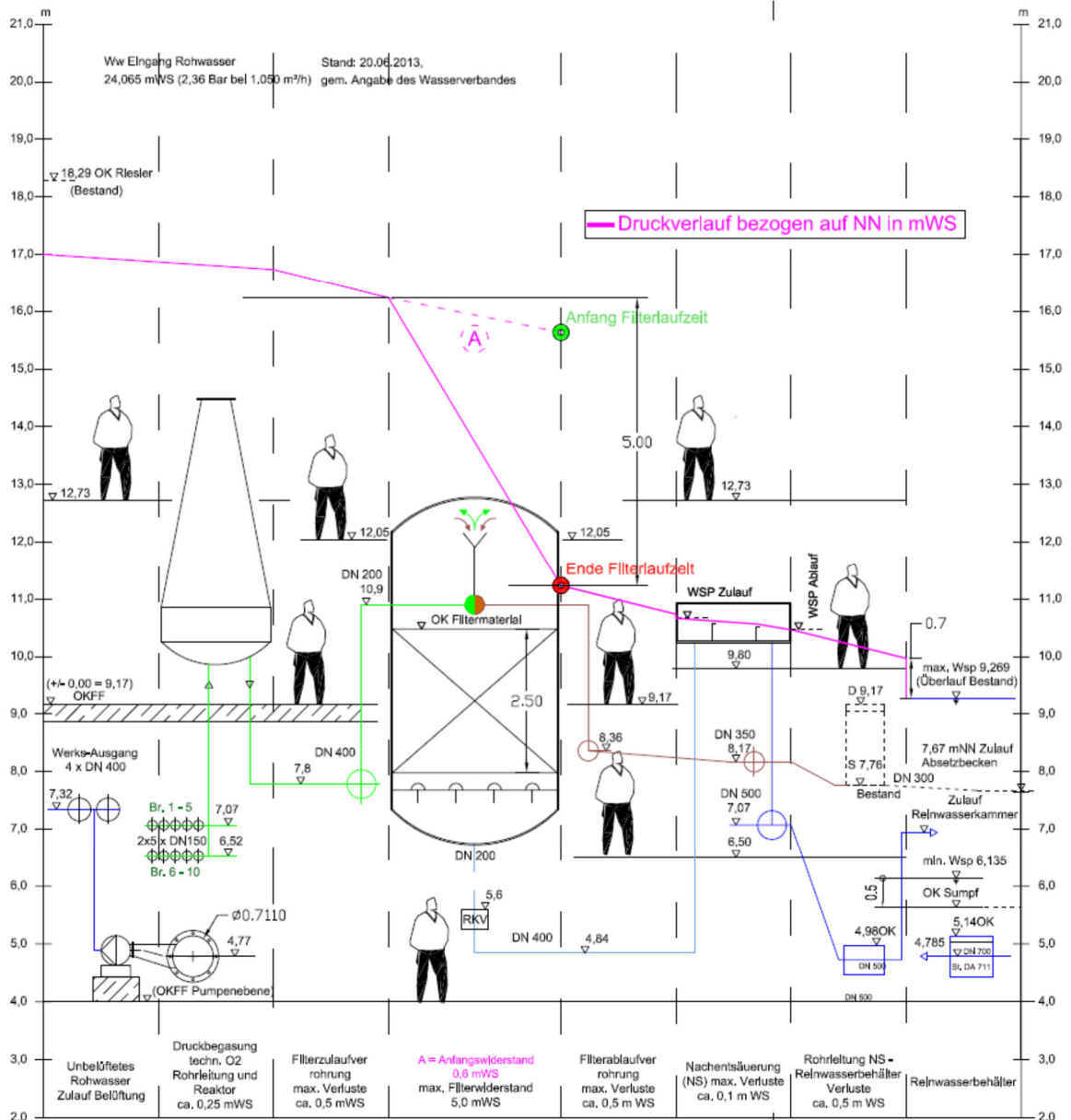


Abbildung 1: Hydraulisches und anlagentechnisches Gesamtkonzept

Für diesen Prozess muss das Rohwasser aus den Brunnen lediglich 1 Mal durch die Brunnenpumpen angehoben werden, danach strömt das Wasser durch die Schwerkraft durch die Anlage (siehe Abbildung 12).



### Abbildung 2: Druckhöhenschema Wasserwerk Linden

Folgende Einflussfaktoren werden in diesem Zusammenhang beleuchtet:

1. Technische Defekte von Anlagenbauteilen
2. Defekte in elektrischer Anlage
3. Eindringen von Insekten in die Aufbereitungsanlage
4. Ausfall der Sauerstoffversorgung
5. Kapazitätsengpässe bei der Aufbereitung
6. Personalengpass bei Krankheit
7. Stromausfall
8. Eingriffe von außen (z.B. Terror, Naturkatastrophen)

## 2.1. Technische Defekte von Anlagenbauteilen

Grundlage des Neubaukonzepts ist eine Zweistraßigkeit, wonach alle Komponenten parallel ausgelegt sind. Es beginnt mit 10 einzelnen Rohwassereingängen, zu jeder Seite 5. Es sind für jede der zwei Aufbereitungsstraßen jeweils eine Bicone (Sauerstoffinjektion in das Rohwasser), 4 Filterbehälter, eine Nachentsäuerung als Flachbettanlage, eine Hydrophore, 3



Reinwasserpumpen, sowie 2 Werksausgangsleitungen vorgesehen, sodass in 80% aller Lastfälle das Netz auch von einer Hälfte des Wasserwerks bedient werden kann.

Alle Anlagenbauteile werden in regelmäßigen Abständen überprüft. Notwendige Wartungen bzw. Erneuerungen werden, soweit möglich, vom eigenen Personal durchgeführt. Die meisten Anlagen sind redundant vorhanden, so dass bei Defekten oder Reparatur der Betrieb aufrecht erhalten bleibt.

Für den Punkt *technische Defekte von Anlagenbauteilen* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit	Schadensausmaß				
	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
	1	4	9	16	25
sehr gering	1	4	9	16	25
gering	2	8	18	32	50
mittel	3	12	27	48	75
hoch	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Auf Grund der Tatsache, dass nach dem Wasserwerksneubau alle Systeme redundant ausgelegt sind, sollte ein defektes Aggregat oder Bauteil nicht zum Ausfall der Wasserversorgung führen. Daher wird der Schaden als gering (8 Punkte) bewertet.

## 2.2. Defekte in elektrischer Anlage

Die komplette EMSR-Technik inklusiver der Mittelspannungsanlage (Stromeingang zum Wasserwerk) sind mit dem Neubau des Wasserwerks komplett neu gebaut worden. Lediglich das Notstromaggregat stammt aus dem 2012 und wird nebst 10.000 Liter-Tank weiter genutzt. Grundsätzlich werden die elektrischen Anlagenteile durch das Betriebspersonal regelmäßig überprüft.

Für den Punkt *Defekte in elektrischer Anlage* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit	Schadensausmaß				
	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
	1	4	9	16	25
sehr gering	1	4	9	16	25
gering	2	8	18	32	50
mittel	3	12	27	48	75
hoch	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Da in der Regel die Systeme redundant ausgelegt sind, führt ein defektes Bauteil nicht zum Ausfall der Wasserversorgung und das Risiko ist mit 12 Punkten bewertet.

## 2.3. Stromausfälle

Am Wasserwerk befinden sich ein 1 MW Notstromaggregat, das bei Stromausfällen die Energieversorgung für das Wasserwerk und 10 Brunnen übernimmt. Im Vorratstank kann bis zu

10.000 Liter Treibstoff gelagert werden. Bei vollem Tank kann der Betrieb ca. 7 Tage aufrechterhalten werden. Das Notstromaggregat ist 2012 erneuert worden, wird monatlich zur Probe betrieben und wird jährlich durch eine externe Firma gewartet.

Für den Punkt *Stromausfälle* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Ein Ausfall der zentralen Stromversorgung ist jederzeit denkbar und passiert über kurze Zeit in der Regel auch einige Male im Jahr. Dafür ist ein Notstromaggregat installiert, welches in diesem Fall die Stromversorgung übernimmt. Es ist mit 3 Punkten kein großer Schaden zu erwarten (siehe auch 2.4).

## 2.4. Ausfall der Sauerstoffversorgung

Im Wasserwerk wird dem Rohwasser technischer Sauerstoff zu geführt. Hierfür ist ein Liefervertrag mit einem namhaften Hersteller technischer Gase abgeschlossen. Sollte dieser Lieferant ausfallen, so ist die Anlage so ausgerüstet, dass die Sauerstoffeinspeisung auch über Sauerstoffflaschen erfolgen kann.

Für den Punkt *Ausfall der Sauerstoffversorgung* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Der Ausfall der Sauerstoffversorgung zur Trinkwasseraufbereitung ist zwar denkbar, führt aber nicht zur Einstellung der Versorgung. Es würde den Prozess der Eisen- und Mangan-ausfällung in die nachgelagerten Systeme verschieben (Reinwasserkammer, Versorgungsnetz, Kundenanlage). Bei Überschreitung der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung könnte aber immer noch mit einer Ausnahmegenehmigung gemäß TrinkwV durch das Gesundheitsamt die Versorgung weiter aufrechterhalten werden. Insofern wird das Risiko mit 2 Punkten bewertet.

## 2.5. Eindringen von Insekten in die Aufbereitungsanlage

Als Gefahrenquelle für die hygienisch einwandfreie Trinkwasseraufbereitung haben sich in der Vergangenheit immer wieder Insektenbefälle herausgestellt<sup>10</sup>. Um dieses zu vermeiden, ist es wichtig auch die Verfahrensschritte, in denen Luft dem Aufbereitungsprozess zugeführt wird (für die Enteisenung und Entmanganung und die Nachentsäuerung) entsprechend sicher zu gestalten. Das heißt Luft darf nur gefiltert oder aus geschlossenen und überwachten Räumen in den Prozess eingeführt werden. Beides geschieht im Wasserwerk.

Für den Punkt *Eindringen von Insekten in die Aufbereitungsanlage* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

### Fazit:

Durch die Stilllegung der alten Aufbereitungsanlage aus 1953 und Sanierung der Reinwasserbehälter ist das Eindringen von Insekten in die Aufbereitungsanlage als unwahrscheinlich anzusehen. Sollte es doch vorkommen ist mit einer Verkeimung von coliformen Keimen zu rechnen. In diesem Fall könnte zum Schutz der Gesundheit der Verbraucher eine Trinkwasserdesinfektion nötig sein, wodurch das Risiko mit 32 bewertet ist.

## 2.6. Kapazitätsengpässe bei der Aufbereitung

Die Aufbereitungsanlage des neuen Wasserwerks ist auf 800 m³/h ausgelegt (10 m/h Strömungsgeschwindigkeit in den Filtern). Allerdings können mit höheren Strömungsgeschwindigkeiten in den Filtern (15 m/h) auch noch 1.200 m³/h und darüber hinaus aufbereitet werden.

Die bisher höchste Tagesmenge betrug am 11. August 2020 1.381 m³/h. Bei langanhaltender Trockenheit steigen die Tagesmengen inzwischen auf über 23.000 m³ (Juni 2020). Engpässe im normalen Betrieb sind mit der Anlage nicht zu erwarten.

Für den Punkt *Kapazitätsengpässe bei der Aufbereitung* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

<sup>10</sup> vgl.: Prof. Dr. med. Dirk Schoenen, Acta hydrochim. Hydrobiolo. 28 (2000), Kontamination mit coliformen Keimen durch Insektenlarven bei der Aufbereitung von Trinkwasser, S. 47 ff.

### Fazit:

Eine Überlastung der Aufbereitungsanlage kann nur stattfinden, indem die Geschwindigkeit des Wassers in den Filtern so groß wird, dass die Aufbereitungsziele für Eisen und Mangan nicht mehr eingehalten werden. Auch hier würden lediglich größere Eisen- und Mangankonzentrationen im nachfolgenden Versorgungssystem ausfallen (siehe 3.4), wodurch das Risiko mit 8 Punkten bewertet wird.

## 2.7. Personalengpass bei Krankheit

Für den Betrieb und die Instandhaltung des Wasserwerkes sind 3 Mitarbeiter ausgebildet. Darüber hinaus kann unerwarteter Personalausfall nicht kompensiert werden.

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

### Fazit:

Um dieses Szenario nicht eintreten zu lassen, sind 3 Mitarbeiter nur auf dem Wasserwerk beschäftigt, die sich gegenseitig in vollem Umfang vertreten können. Sollte dies nicht ausreichen, so müsste durch anderes technisches Betriebspersonal des WVND (z.B. Elektriker der Kläranlagen) oder benachbarter Wasserversorger ein Notbetrieb sichergestellt werden. Da ein hohes Schadensausmaß denkbar wäre, bei Fehlbetrieb des Wasserwerks ist das Risiko mit 32 Punkten bewertet.

## 2.8. Eingriffe von außen (Terror, Naturkatastrophen)

Das Wasserwerksgelände und die Brunnen sind eingezäunt und werden regelmäßig überprüft. Allerdings kann ein hundertprozentiger Schutz gegen Einbruch, Vandalismus und Terror nicht gegeben werden.

Hinsichtlich vorstellbarer Naturkatastrophen ist sowohl das alte als auch das neue Wasserwerk gegen Blitzschlag gesichert. Starkregenereignisse können bei Eindringen in die Gebäude keine elektrischen Bauteile überschwemmen, da diese sämtlich oberhalb der Rückstauenebene liegen. Im neuen Wasserwerk könnte Wasser in den Kellerbereich mit den Reinwasserpumpen eindringen. Hierfür ist ein Pumpensumpf mit einer 3-fach Pumpenanlage installiert, die anstehendes Wasser aus dem Keller befördern soll.

Bei einer Schneekatastrophe müssen die Flachdächer sowohl des alten als auch des neuen Wasserwerks von den Mitarbeitern des WVND ggf. von Schnee befreit werden.

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125



**Fazit:**

Ein Terroranschlag auf die Wasserversorgung ist jederzeit denkbar und auch möglich. Bis hin zu mikrobiologischer oder chemisch giftiger Verunreinigung sind viele Szenarien denkbar. Einen Schutz außerhalb des Objektschutzes der eigenen Anlagen ist allerdings nicht möglich. Daher wird das Risiko mit 25 Punkten bewertet.

**2.9. Qualitätskontrolle****a) Standardparameter**

Die Kontrolle der Trinkwasserqualität erfolgt in den 4 Bereichen Vorfeldmessstellen, Förderbrunnen, Werksausgang und Versorgungsnetz.

Es werden nach gesetzlicher Anforderung die Proben von geschulten und im Zertifizierungssystem der nach Trinkwasserverordnung akkreditierten Labore eingetragenen Mitarbeitern des WVND genommen und auf die entsprechenden Parameter untersucht.

Im Bereich Rohwasser wird dabei nur die Wasserchemie untersucht, im Reinwasser am Wasserwerksausgang und im Versorgungsnetz wird auch die Mikrobiologie betrachtet. Insgesamt werden 112 Parameter untersucht. 66 Parameter zu Mikrobiologie, Physik, Sensorik, Anionen, Kationen, Anorganik, leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW), Trihalogenmethane (THM), polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), BTEX-Aromaten sowie Sauerstoff, Base- und Säurekapazität und TOC, 46 Parameter zu Pflanzenschutzmitteln und deren Metaboliten.

Kategorie	Parameter	Einheit	Grenz-/ Richtwert	Analyse- wertebe- reich	Bewertung
<b>Mikrobiologie</b>	Koloniezahl bei 20°C	KBE/100 ml	100	0	
	Koloniezahl bei 36°C	KBE/100 ml	100	0	
	coliforme Keime	KBE/ml	0	0	
	E. coli	KBE/ml	0	0	
	Enterokokken	KBE/ml	0	0	
	Pseudomonas aeruginosa	KBE/ml	0		- keine Untersuchung notwen- dig, da weder Flaschenabfül- lung noch Oberflächenbeein- flussung
	Clostridium Perfringens	KBE/ml	0		- keine Untersuchung notwen- dig, da keine Oberflächen- wasserbeeinflusste Wasser- förderung
<b>physikalisch- chemisch</b>	Somatische Colipha- gen	PFU/100 ml	50		- keine Untersuchung notwen- dig, da keine Oberflächen- wasserbeeinflusste Wasser- förderung
	Temperatur	°C	-	8-12	
	pH-Wert	-	6,5-9,5	7,8	
	Leitfähigkeit	mS/cm	2.790	450-470	
	Trübung	NTU	1,0	0,4-0,9	fortlaufende Messung nach Neubau Wasserwerk
	Adsorptionskoeffi- zient	1/m	0,5	0,2	
	Sauerstoff	mg/l	-	10-12	
<b>Calcit- sättigung</b>	TOC	mg/l	-	1,5-2,5	
	Sättigungsindex	-	-	0,35	das Wasser ist calcit(kalk)- -11 abscheidend
<b>Sensorik</b>	Calcitlösekapazität	mg CaCO <sub>3</sub> /l	5		
	Geruch	-	ohne	ohne	
<b>Anionen</b>	Geschmack	-	ohne	ohne	
	Chlorid	mg/l	250	25-30	
	Hydrogencarbonat	mg/l	-	220	
	Nitrit	mg/l	0,5	< 0,01	
	Nitrat	mg/l	50	< 1,0	
	Orthophosphat	mg/l	-	< 0,05-0,1	
	Sulfat	mg/l	250	20-25	
	Bromat	mg/l	0,01	< 0,002	
	Cyanid	mg/l	0,05	< 0,005	
	Fluorid	mg/l	1,5	0,15	
	Chlorit	mg/l	0,2		- keine Untersuchung, da
<b>Kationen</b>	Chlorat	mg/l	0,07		- keine Desinfektion stattfindet
	Calcium	mg/l	-	70-75	
	Magnesium	mg/l	-	3,5	
	Natrium	mg/l	200	14	
	Kalium	mg/l	-	1,3-1,5	
	Ammonium	mg/l	0,5	< 0,05	

Kategorie	Parameter	Einheit	Grenz-/ Richtwert	Analyse- wertebe- reich	Bewertung
weitere Parameter	Basekapazität	mmol/l	-	0,25-0,45	
	Säurekapazität	mmol/l	-	3,3-3,7	
	Halogenessigsäure	mg/l	0,06		- keine Untersuchung notwen- dig, da keine Desinfektion stattfindet
	Acrylamid	µg/l	0,1		- keine Untersuchung notwen- dig, da keine entsprechenden Stoffe eingesetzt werden
anorganische Bestandteile	Aluminium	mg/l	0,2	< 0,01-0,06	
	Eisen	mg/l	0,2	0,03-0,04	
	Mangan	mg/l	0,05	< 0,01	
	Arsen	mg/l	0,01	< 0,001 GW ab 2033 0,004 mg/l	
	Antimon	mg/l	0,005	< 0,001	
	Blei	mg/l	0,01	< 0,001 GW ab 2028 0,005 mg/l	
	Bor	mg/l	1,0	< 0,01-0,06	
	Cadmium	mg/l	0,003	< 0,0003	
	Chrom	mg/l	0,025	< 0,0005 GW ab 2028 0,005 mg/l	
	Kupfer	mg/l	2	< 0,01	
	Nickel	mg/l	0,02	< 0,002	
	Quecksilber	mg/l	0,001	< 0,0001	
	Selen	mg/l	0,01	< 0,001	
	Uran	mg/l	0,01	< 0,001	
LHKW'S (THM)	Trichlormethan (Chloroform)	µg/l	-	< 0,1	
	Bromdichlormethan	µg/l	-	< 0,1	
	Dibromchlormethan	µg/l	-	< 0,1	
	Tribrommethan (Bro- moform)	µg/l	-	< 0,1	
	Summe THM	µg/l	50	< 0,1	
	Trichlorethen	µg/l	-	< 0,1	
	Tetrachlorethen	µg/l	-	< 0,1	
	1,2-Dichlorethan	µg/l	3,0	< 0,1	
	Summe Tri-, Tetrach- lorethen	µg/l	10,0	< 0,1	
	Vinylchlorid	µg/l	0,5		- keine Untersuchung, da kein PVC in der Wasserförderung und -aufbereitung eingesetzt wird
	Bisphenol A	µg/l	2,5		- ab Januar 2024
	Epichlorhydrin	µg/l	0,1		- keine Untersuchung, da keine entsprechenden Be- schichtungen oder Polymere in der Aufbereitung einge- setzt werden

Kategorie	Parameter	Einheit	Grenz-/ Richt- wert	Analyse- wertebe- reich	Bewertung
PAK	Benzo(b)fluoranthen	µg/l	-	< 0,001	
	Benzo(k)fluoranthen	µg/l	-	< 0,001	
	Benzo(ghi)perylene	µg/l	-	< 0,001	
	Indeno(123-cd)pyren	µg/l	-	< 0,001	
	PAK Summe	µg/l	0,1	< 0,001	
	Benzo(a)pyren	µg/l	0,01	< 0,001	
BTEX-Aroma- ten	Benzol	µg/l	1,0	< 0,1	
Toxine	Microcystin-LR	µg/l	1,0		- keine Untersuchung, da Wassergewinnung nicht Oberflächenwasser beeinflusst
PFAS	Summe PFAS-4	µg/l	0,02	< 0,001	einmalige Untersuchung der Brunnen in 2021 und 2022, Pflicht ab Januar 2028
	Summe PFAS-20	µg/l	0,1	< 0,001	einmalige Untersuchung der Brunnen in 2021 und 2022, Pflicht ab Januar 2026
PBSM <sup>1</sup>	(S-)Metolachlor	µg/l	0,1	< 0,01	
Wirkstoffe	1,2-Dichlorpropan	µg/l	0,1	< 0,01	
	Atrazin	µg/l	0,1	< 0,01	
	Bentazon	µg/l	0,1	< 0,01	
	Bromacil	µg/l	0,1	< 0,01	
	Chloridazon	µg/l	0,1	< 0,01	
	Chlortoluron	µg/l	0,1	< 0,01	
	Clothianidin	µg/l	0,1	< 0,01	
	Dimethenamid-P	µg/l	0,1	< 0,01	
	Diuron	µg/l	0,1	< 0,01	
	Flufenacet	µg/l	0,1	< 0,01	
	Glyphosat	µg/l	0,1	< 0,01	
	Imidacloprid	µg/l	0,1	< 0,01	
	Isoproturon	µg/l	0,1	< 0,01	
	Mecoprop	µg/l	0,1	< 0,01	
	Metalaxyl-M	µg/l	0,1	< 0,01	
	Nicosulfuron	µg/l	0,1	< 0,01	
	Oxadixyl	µg/l	0,1	< 0,01	
	Simazin	µg/l	0,1	< 0,01	
	Tebuconazol	µg/l	0,1	< 0,01	
	Terbuthylazin	µg/l	0,1	< 0,01	
	Summe PBSM	µg/l	0,05	< 0,025	

Kategorie	Parameter	Einheit	Grenz-/ Richt- wert	Analyse- wertebe- reich	Bewertung
PBSM	1,2,4-Triazol	µg/l	0,1	< 0,01	
relevante	Desethylatrazin	µg/l	0,1	< 0,01	
Metabolite	Desisopropylatrazin	µg/l	0,1	< 0,01	
	Diuron-desmethyl	µg/l	0,1	< 0,01	
	Metazachlor-Metabo- lit BH	µg/l	0,1	< 0,01	
	Metazachlor-Metabo- lit BH	µg/l	0,1	< 0,01	
	Terbutylazin-de- sethyl	µg/l	0,1	< 0,01	
nicht relevante Metabolite	(S)-Metolachlor Me- tabolit	µg/l	0,1	< 0,025	
	(S)-Metolachlorsäure	µg/l	0,1	< 0,025	
	(S)-Metolachlorsul- fonsäure	µg/l	0,1	< 0,025	
	2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	0,1	< 0,025	
	Alachlor Metabolit M65	µg/l	0,1	< 0,025	
	AMPA	µg/l	0,1	< 0,025	
	Chloridazon-desphe- nyl B	µg/l	0,1	< 0,025	
	Chloridazon-desphe- nyl-methyl	µg/l	0,1	< 0,025	
	Dimethachlor-Meta- bolit	µg/l	0,1	< 0,025	
	Dimethachlorsäure	µg/l	0,1	< 0,025	
	Dimethachlorsulfon- säure	µg/l	0,1	< 0,025	
	Dimethenamidsulfon- säure	µg/l	0,1	< 0,025	
	Metazachlorsäure	µg/l	0,1	< 0,025	
	Metazachlorsulfon- säure	µg/l	0,1	< 0,025	
	N,N-Dimethylsulfa- mid	µg/l	0,1	< 0,025	
	Terbutylazin-2-hyd- roxy	µg/l	0,1	< 0,025	
	Terbutylazin-de- sethyl-2-hydroxy	µg/l	0,1	< 0,025	
	Trifluoressigsäure (TFA)	µg/l	0,1	< 0,025	

Tabelle 3 Trinkwasseruntersuchungsparameter gem. TrinkwV

<sup>1</sup> gemäß aktueller Parameterliste (2025) für die Untersuchung von Pflanzenschutzmittel, Biozid-  
produkten (PSMBP) und ihren Metaboliten im Trinkwasser in Schleswig-Holstein:  
[https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/G/gesundheitschutz\\_umweltbezogen/Trinkwasser/Downloads/liste\\_PSMBP\\_2020.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.schleswig-holstein.de/DE/fachinhalte/G/gesundheitschutz_umweltbezogen/Trinkwasser/Downloads/liste_PSMBP_2020.pdf?__blob=publicationFile&v=1)



## b) Arzneimittel

Darüber hinaus wurden im Jahr 2020 und 2021 Untersuchungen auf verschiedene Arzneimittel sowohl am Werksausgang als auch in den 8 Förderbrunnen vorgenommen. Das Ergebnis zeigt keinerlei Hinweis auf etwaige Einträge in das Grundwasser:

Gruppe	Wirkstoff	Anwendung		WA <sup>1</sup>	Brunnen <sup>2</sup>
<b>Süßstoff</b>	Acesulfam-K	Süßstoff	[µg/l]	< 0,1	< 0,0
<b>Arznei- mittel</b>	Ibuprofen	Schmerzmittel	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Carbamazepin	Antiepileptikum	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Diclofenac	Schmerzmittel	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Gabapentin	Antiepileptikum, Schmerz.	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Phenazon	Schmerzmittel	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Primidon	Antiepileptikum	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Valsartansäure	Blutdrucksenker	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Propyphenazon	Schmerzmittel	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Sulfadiazin	Antibiotikum	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Sulfamethazin	Antibiotikum	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Sulfamethoxazol	Antibiotikum	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Clofibrinsäure	Cholesterinsenker	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
<b>Röntgen</b>	Iopamidol	Röntgenkontrastmittel	[µg/l]	< 0,0	< 0,0
	Amidotrizoesäure	Röntgenkontrastmittel	[µg/l]	< 0,0	< 0,0

<sup>1</sup> Untersuchung Werksausgang 2020; <sup>2</sup> Untersuchung 8 Förderbrunnen 2021

Tabelle 4: Untersuchung Arzneimittelrückstände

## c) PFAS

Neben den Arzneimitteln wurden bereits im Jahr 2021 über das Rheinisch-Westfälische Institut für Wasser (IWW) aus Mülheim an der Ruhr 20 per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sowie die Summe aus diesen Stoffen untersucht. Ein positives Ergebnis für den Brunnen 7 konnte bei einer Nachkontrolle vom 11.10.2022 durch das Institut für Krankenhaus- und Umwelthygiene am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein nicht bestätigt werden. Insofern besteht auch hinsichtlich des Parameters PFAS keine Handlungsnotwendigkeit.

Brunnen	05-2021	10-2022
	[µg/l]	[µg/l]
1	< 0,001	
2	< 0,001	
3	< 0,001	
4	< 0,001	
5	< 0,001	
6	< 0,001	
7	0,012	< 0,001
8	< 0,001	

Tabelle 5: Untersuchung auf PFAS

#### d) EU Beobachtungsliste

Aus der Beobachtungsliste der EU Kommission gemäß der Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Januar 2022 ergäbe sich eine Untersuchung auf Estradiol und Nonylphenol.

#### ANHANG

##### BOBACHTUNGSLISTE DER FÜR WASSER FÜR DEN MENSCHLICHEN GEBRAUCH BEDENKLICHEN STOFFE UND VERBINDUNGEN

Bezeichnung des Stoffes/der Stoffgruppe oder der Verbindung/der Gruppe von Verbindungen	CAS-Nummer	EU-Nummer	Leitwerte (ng/l)	Bestimmungsgrenze <sup>(1)</sup> (ng/l)	Mögliche Analyse-methode
17-β-Estradiol	50-28-2	200-023-8	1	≤ 1	-
Nonylphenol <sup>(2)</sup>	84852-15-3	284-325-5	300	≤ 300	EN ISO 18857-2

<sup>(1)</sup> Bestimmungsgrenze gemäß Artikel 2 Nummer 2 der Richtlinie 2009/90/EG.

<sup>(2)</sup> Diese Stoffe hatten vorher die CAS-Nummern 25154-52-3 und 104-40-5.

Auszug aus dem Durchführungsbeschluss (EU) 2022/679 der Kommission vom 19. Januar 2022 zur Erstellung einer Beobachtungsliste der für Wasser für den menschlichen Gebrauch bedenklichen Stoffe und Verbindungen gemäß der Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates

Auf Grund der Ergebnisse der orientierenden Untersuchung auf Arzneimittel in den Jahren 2020 und 2021 (siehe b)) wird derzeit auf eine Untersuchung auf die Parameter Estradiol und Nonylphenol verzichtet, da davon auszugehen ist, dass auch diese Stoffe bislang nicht in den Grundwasserleiter des Wasserwerks in Linden vorgedrungen sind.

#### e) Untersuchungsstelle

Als zertifiziertes und gemäß Trinkwasserverordnung akkreditiertes Untersuchungslabor hat sich der WVND für das Medizinaluntersuchungsamt und Hygiene Campus Kiel (MUA) an dem Universitätsklinikum Schleswig-Holstein in Kiel entschieden. Das MUA hat den entscheidenden Vorteil, dass es auf eine weitergehende Analyse bei bakteriologischen Verunreinigungen eingerichtet ist und somit deutlich schneller als andere Labore eine Keimdifferenzierung durchführen kann, welche für eine Bewertung der möglichen gesundheitlichen Gefährdung einer Verkeimung unerlässlich ist.

#### f) Bewertung der risikobasierten Probenahmeplanung gem. § 37 TrinkwV

Auf Grund der Tatsache, dass die Wasserversorgung des WVND zu 100% auf der Grundwasserförderung beruht, sind Parameter wie somatische Coliphagen und Microcystin-LR, die einen Hinweis einer Verunreinigung im Oberflächenwasser oder mit Oberflächenwassereinfluss geben können, nicht notwendig. Ebenso verhält es sich mit *Pseudomonas aeruginosa*, der nur auf Verdacht und nicht routinemäßig bestimmt wird.

Die Parameter Chlorit, Chlorat und Halogenessigsäure werden nicht untersucht, da keine Desinfektion stattfindet.

Der Parameter Acrylamid wird nicht untersucht, da keine entsprechenden Aufbereitungsmittel (Polyacrylamide) eingesetzt werden.

Die Parameter Vinylchlorid und Epichlorhydrin werden im Rahmen der umfassenden Untersuchung sowohl am Werksausgang, als auch an 2 Netzprobenahmestellen in das Untersuchungsprogramm ab 2026 aufgenommen.

Bisphenol A wird seit 2024 standardmäßig untersucht.

Von den derzeit 112 Parametern, die insgesamt untersucht werden (66 Standardparameter + 46 PBSM/Summe PBSM und Abbauprodukte) war bis 2025 lediglich der Pflanzenschutzmittel-Metabolit Desphenylchloridazon (DPC) sowohl in 17 von 42 Vorfeldmessstellen als auch in den Förderbrunnen 3 und 5 auffällig (siehe III.1.1). Seit Mai 2025 wurden bei orientierenden Untersuchungen an den 14 jährlich zu beprobenden Vorfeldmessstellen ebenfalls die als „nicht relevant“ eingestufteten PBSM-Metabolite S-Metolachlor, S-Metholachlorsulfon, S-Metolachlor-Metabolit sowie Trifluoressigsäure (TFA) in Konzentrationen bis zu 1,9 µg/l gefunden.

Alle anderen Parameter bewegen sich innerhalb der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung oder sind nicht nachweisbar.

Insofern ist kein Umstand abzusehen, der bei dem o.g. Parameterumfang eine Verschlechterung der Beschaffenheit des Trinkwassers erwarten lässt.

Für den Punkt *Qualitätskontrolle* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Es ergibt sich keine direkte und sofortige Gefährdung der Trinkwasserversorgung oder der Trinkwasserqualität, wenn eine Untersuchung des Roh- oder Reinwassers nicht erfolgt. Allerdings können nur mit Hilfe der regelmäßigen Qualitätsuntersuchungen rechtzeitig Veränderungen erkannt und diesen gegengewirkt werden. Insofern kann der Schaden bezogen auf die Trinkwasserqualität groß werden, wenn die Qualität nicht ausreichend geprüft wird. Daher wird das Risiko mit 32 Punkten bewertet.

Diesbezüglich ist der Analysenumfang mit 66+46 Parametern angemessen und von den Laboren erprobt. Die Reduzierung einzelner Parameter ist wenig sinnvoll, da die Analyse einiger Parameter im Block erfolgt, sodass kaum Kosten gespart werden können, wenn einzelne Parameter wegfielen. Zum anderen kann heute nicht vorausgesagt werden, welcher Parameter ggf. morgen eine steigende Tendenz aufweist.

Insofern wird das Reinwasser am Werksausgang 4-mal im Jahr chemisch und mikrobiologisch untersucht, im Versorgungsnetz erfolgen monatliche Kontrollen der mikrobiologischen Trinkwasserqualität. Darüber hinaus werden 14 von 42 Vorfeldmessstellen in einem jährlichen Rhythmus untersucht, 28 in einem 3-jährigen.

Insgesamt werden pro Jahr mehr als 2.000 Einzelparameter von den Brunnen über die Reinwasserkammern und den Werksausgang bis in das Versorgungsnetz bestimmt

### 3 Wasserspeicherung (Reinwasserbehälter)

Bei der Speicherung des aufbereiteten Trinkwassers in unterirdischen Reinwasserbehältern ist das Augenmerk auf Undichtigkeiten bzw. Verbindungen der Wasserkammern zur Außenwelt zu legen. Verunreinigungen des Trinkwassers können hier leicht entstehen, wenn Regen- oder Sickerwasser durch eine defekte Bausubstanz (Risse in Behältersohle, Wänden oder Decken) oder Insekten oder anderes Kleingetier durch Belüftungsöffnungen, Türen oder Mauerritzen eindringen kann. Folgende Gefahrenquellen sind auszuschließen:

1. Eindringen von Oberflächenwasser
2. Eindringen von Insekten
3. Mängel und Defekte am Anlagenbau

#### 3.1. Eindringen von Oberflächenwasser

Bei den 4 Reinwasserkammern des Wasserwerks Linden handelt es sich um unterirdische Betonbauwerke. Im Rahmen der Anlagentechnischen Sanierung der Reinwasserkammern in den Jahren 2015-2017 wurde mittels Kernbohrungen die Betonsubstanz der 4 Kammern untersucht und für sehr gut befunden. Defekte am Bauwerk, z.B. durch Wurzelwuchs, konnten in diesem Rahmen ausgeschlossen werden. Um auch zukünftig keine Schäden durch Wurzelwuchs zu provozieren wurde in den vergangenen Jahren sämtlicher Baumbestand auf und an den Reinwasserbehältern entfernt.

Des Weiteren befinden sich keine Zugänge zu den einzelnen Kammern von außen oberhalb des Wasserspiegels. Jede Kammer hat einen eigenen Zugang von innen über ein entsprechendes Zugangsbauwerk.



rechts Bild 5: Zugangsbereich zu den Reinwasserkammern

Für den Punkt *Eindringen von Oberflächenwasser* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
		1	4	9	16	25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Ein Eindringen von Oberflächenwasser ist zwar nicht wahrscheinlich, jedoch in eine Bausubstanz, die zu 100% unterirdisch ist auch nicht für immer auszuschließen. In diesem Fall würde das Reinwasser in den Betonkammern höchstwahrscheinlich mit coliformen Keimen verunreinigt, weshalb das Risiko mit 32 Punkten bewertet wird.

Grundsätzlich wird die Wasserqualität der 4 Reinwasserkammern jeden 2. Monat mikrobiologisch überprüft. Im Rahmen der ansonsten monatlichen Trinkwasseruntersuchungen würde man der Ursache ebenfalls auf die Spur kommen und über eine abschnittsweise Beprobung auch auf den defekten Behälter schließen können. Je nach Höhe der Verkeimung



stunden zum Schutz der Verbraucher die Maßnahmen des Abkochens des Wassers vor der Verwendung oder die zentrale Desinfektion am Wasserwerksausgang in Betracht. Diese Entscheidung würde allerdings durch das Gesundheitsamt des Kreises Dithmarschen erfolgen müssen.

### 3.2. Eindringen von Insekten

Prinzipiell können Insekten und andere Kleintiere durch Risse, Öffnungen und undichte Verbindungen zur Außenwelt in die Kammern eindringen (Bild 6). Auch über die Be- und Entlüftung ist ein Eindringen von Insekten möglich. Daher gilt es hier besonderes Augenmerk darauf zu legen.

Im Rahmen der Reinwasserkammersanierung 2015-2017 wurden diese Schwachstellen alle behoben. Es wurden sämtliche Mauerundichtigkeiten verschlossen (Bild 7) und die Be- und Entlüftung über eine moderne Luftfilteranlage realisiert (Bilder 8 und 9), die regelmäßig durch das Betriebspersonal kontrolliert wird.



Bild 6: Schneckenbefall in Reinwasserkammer



Bild 7: Verschluss sämtlicher Mauerfugen und Risse



Bild 8: Zu- und Abluftanlage Reinwasserbehälter



Bild 9: Filtereinheit, 2-fach



Für den Punkt *Eindringen von Insekten* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Da die Schutzmaßnahmen gegen das Eindringen von Insekten in den Wasseraufbereitungsprozess inklusive der Wasserspeicherung bereits umgesetzt wurden, ist das Eintreten dieses Risikos unwahrscheinlich. Auf Grund eines hohen denkbaren Schadensausmaßes mit der Verkeimung coliformer Keime erfolgt die Risikobewertung mit 16 Punkten.

### 3.3. Mängel und Defekte am Anlagenbau

Im Rahmen der anlagentechnischen Sanierung 2015-2017 wurden sämtliche Rohrleitungen und Armaturen erneuert. Eine Kontrolle erfolgt routinemäßig durch das Betriebspersonal.



Bild 10: Absperrarmaturen Reinwasserkammer

Für den Punkt *Mängel und defekte Anlagenbauteile* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Das System der Reinwasserkammern ist vollständig redundant ausgelegt. Kommt es zu dem Ausfall der Anlagentechnik einer Reinwasserkammer, können die anderen Kammern die Funktion übernehmen. Insofern ist das Risiko mit 8 Punkten als gering bewertet.

## 4 Wasserverteilung (Rohrnetz)

Das Trinkwasserrohrnetz des WVD erstreckt sich von Büsum im Westen über Friedrichstadt im Norden bis nach Pahlen, Dellstedt und Lexfähre im Osten und besteht aus den ca. 770 km langen Hauptversorgungsleitungen und den ca. 620 km langen Hausanschlussleitungen. Diese leiten das Trinkwasser zu den ca. 18.000 Hausanschlüssen. Darüber hinaus sind im gesamten Versorgungsnetz 3.100 Hydranten und 5.000 Absperrschieber (inkl. Hausanschlussschieber) verbaut. Als Leitungsmaterial ist verbaut: Grauguss, Asbestzement, Polyethylen (PE) und in wenigen 100 Metern PVC und Glasfaserkunststoff.

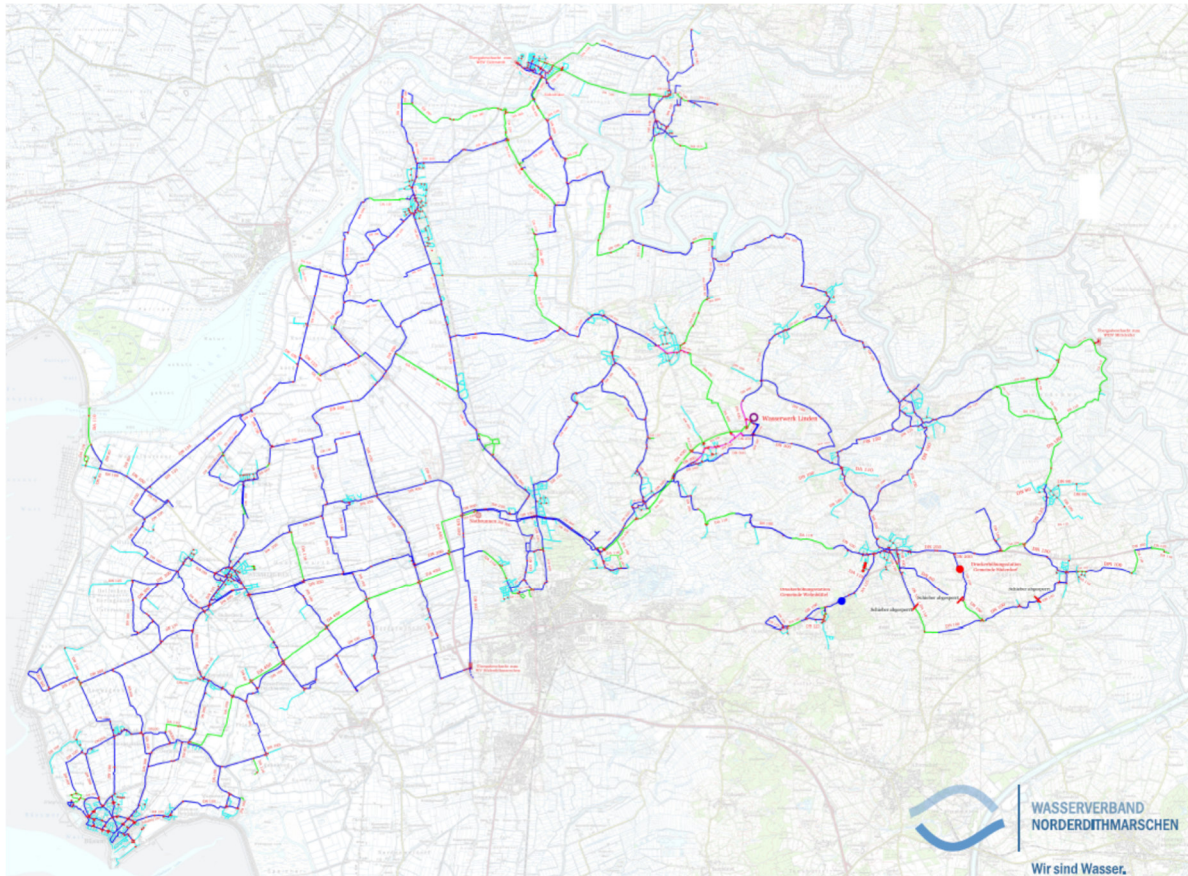


Abbildung 3: Trinkwasserversorgungsnetz

Ansätze für die Verletzlichkeit des Rohrnetzes sind folgende:

1. Reparaturanfälligkeit des Rohrnetzes
2. Leitungspläne und Informationssystem für vorhandenes Rohrnetz
3. Wasserverluste
4. Leitungszerstörung durch Dritte
5. Ausfall Druckerhöhungsstationen

### 4.1. Reparaturanfälligkeit des Rohrnetzes

Ein Großteil des Hauptrohrnetzes ist inzwischen bis zu 70 Jahre alt. Obwohl man mit einer Lebensdauer von mindestens 50 - 80 Jahren rechnet, ist mit ca. 500 km noch eine große Menge an Faserzementrohren verbaut. Gussleitungen sind nur noch vereinzelt im Netz vorhanden. Besonders anfällig sind Rohrleitungen aus Faserzement der Nennweiten DN 100 bis DN 300. In sandigen Böden mit niedrigen pH-Werten oder bei wechselnden Grundwas-

serständen werden diese Leitungen außen weich und platzen bei Druckstößen bzw. Bodenbewegungen. Zusätzlich werden die Rohrleitungen durch die ständig wachsenden Verkehrslasten auch im Bereich der Landwirtschaft beeinträchtigt.

Seit 2012 hat der WVND die Rohrnetzerneuerung verstärkt in den Focus genommen und wechselt derzeit jährlich ca. 12 km alte Rohrleitungen durch neue PE-Leitungen aus. Das entspricht einer Erneuerungsrate von ca. 2% bezogen auf den Restbestand an Faserzementrohren im Versorgungsnetz.

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Tatsache ist, dass große Teile des Versorgungsnetzes 50 Jahre und älter sind, sodass jederzeit mit Rohrbrüchen zu rechnen ist. Allerdings führen diese immer nur lokal zu Versorgungsunterbrechungen. Daher ist der Schaden mit 16 Punkten relativ zum Gesamtnetz als gering zu betrachten.

## 4.2. Leitungspläne und Informationssystem für vorhandenes Rohrnetz

Rohrleitungspläne sind in sehr guter digitaler Form fürs gesamte Versorgungsgebiet vorhanden. Der Bereitschaftsdienst hat für Störungsfälle alle Leitungspläne auf einem Tablet vor Ort. Der Aufbau eines Netzinformationssystems ist abgeschlossen.

Für den Punkt *Leitungspläne und Informationssystem für vorhandenes Rohrnetz* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

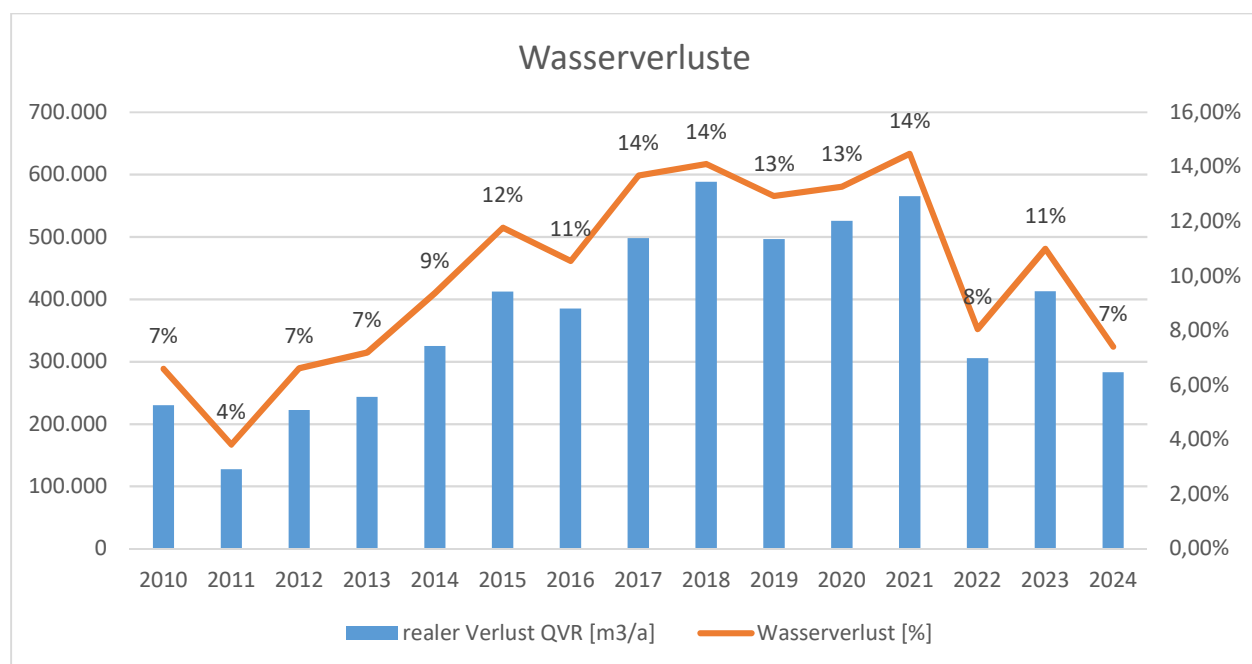
#### Fazit:

Auch wenn das Leitungsnetz digital vorliegt, so wäre bei einem Datenverlust keine vollständige Leitungsdokumentation in Papierform vorhanden. Lediglich die Hausanschlussskizzen und das Verteilnetz ist ausgedruckt abgelegt. Die Ortsnetze jedoch nicht. Allerdings sind die Ortsnetze in der Regel über die Schieber- und Hydrantenkappen zu erkennen, weshalb das Risiko mit 8 Punkten bewertet wird.

### 4.3. Wasserverluste

Durch alternde Rohrleitungen und ständig steigende Verkehrslasten entstehen Rohrbrüche und somit auch Wasserverluste. Bei erhöhter Wasserabgabe über einen längeren Zeitraum wird von einem verdeckten Rohrbruch ausgegangen. Für das Auffinden solcher schadhaften Stellen wird aktuell ein Suchkonzept entwickelt mit Messsonden für Druck und Durchfluss an verschiedenen Stellen im Versorgungsnetz.

Die Differenz zwischen der Menge Wasser, die vom Wasserwerk in das Versorgungsnetz eingespeist wird und der Menge Wasser, die mit den Kunden abgerechnet wird, kann in erster Näherung als Wasserverlust angesehen werden. Folgende Grafik zeigt die absoluten und relativen Wasserverluste seit 2010 unter Berücksichtigung von Spülwassermengen im Rohrnetz durch Leitungsspülungen im Rahmen von Reinigungs- und Neubaumaßnahmen sowie von geschätzten Löschwassermengen.



Grafik 1: Wasserverluste mit Berücksichtigung Spül- und Löschwasser

Die Grafik zeigt einen bis 2021 ansteigenden Trend an Wasserverlusten bis zu 14% und einen Abfall auf 7% im Jahr 2024. Das liegt darin begründet, dass im Jahr 2021 zwei größere Rohrbrüche entdeckt wurden, bei denen das Wasser in einen angrenzenden Graben geflossen ist und dadurch lange Zeit nicht erkannt wurden.

Nach dem technischen Regelwerk DVGW W 392 (A) in Verbindung mit dem DVGW Arbeitsblatt W 400-3-B1 kann der Infrastruktur-Leckage-Index (ILI) zur Bewertung der Rohrleitungsverluste herangezogen werden. Bei dem ILI wird der reale Wasserverlust mit dem „unvermeidbaren jährlichen realen Verlust“ als Referenzwert in Verhältnis gesetzt. Gemäß W 400-3-B1 Tabelle 2a geht man von einer niedrigen Schadensrate bei einem ILI von  $\leq 2$  aus. Nachfolgende Tabelle zeigt den ILI des WVND für die Jahre 2017 bis 2024:

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>ILI - infrastructure leakage index</b>	0,95	1,12	0,94	0,99	1,06	0,57	0,76	0,52

Tabelle 6: Leckageindex der Jahre 2017-2024

Demnach kann man immer noch von einer geringen Schadensrate ausgehen, wobei die realen Wasserverluste bis zu 14% der Wasserabgabe sehr hoch sind. Diesbezüglich ist das



Auffinden der Rohrbrüche eine zentrale Aufgabe der Rohrnetzüberwachung der nächsten Jahre.

Die digitalen Druck- und Durchflussmessungen an entscheidenden Knotenpunkten im Netz erlauben eine Netzüberwachung in Echtzeit und können Hinweise auf versteckte Rohrbrüche liefern.

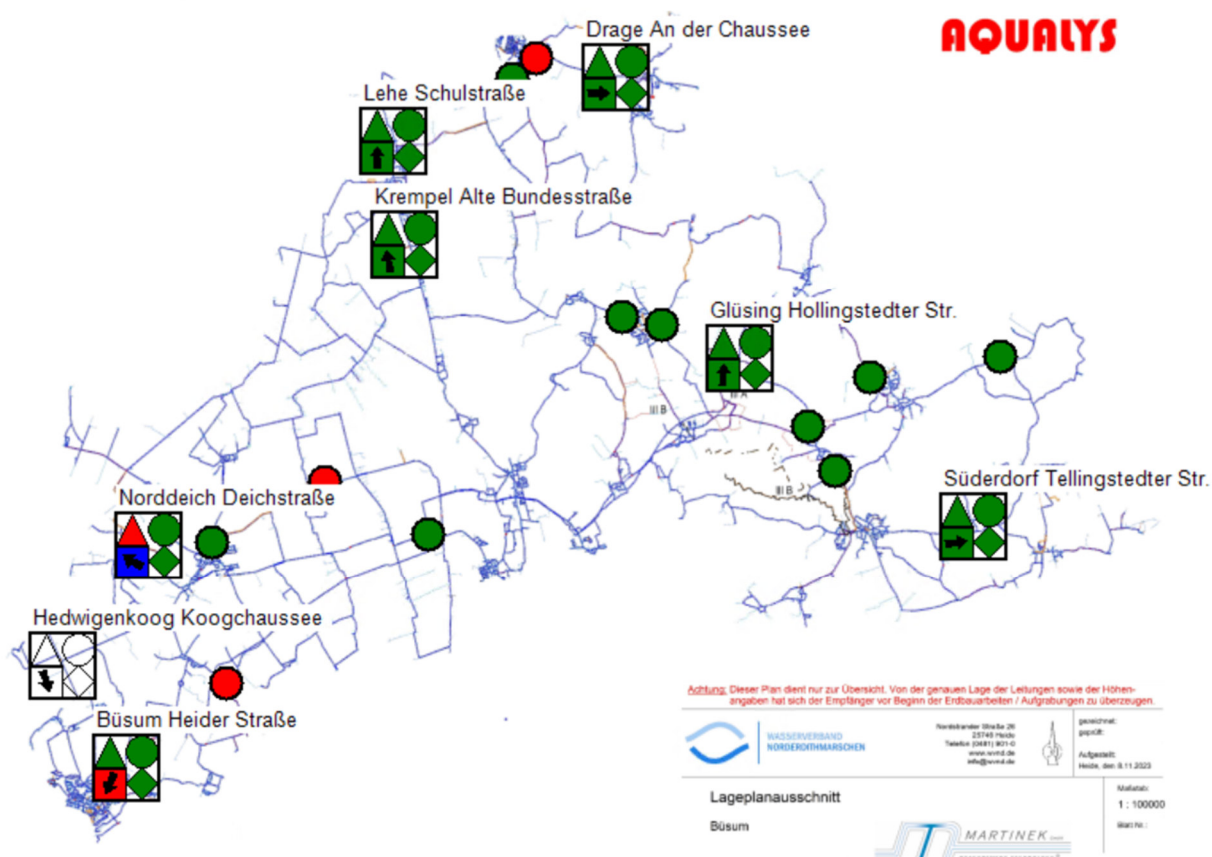


Bild 11: Sensoren zur Druck- und Durchflussüberwachung im Versorgungsnetz

Darüber hinaus hat in Zusammenarbeit mit dem Büro 3S-consult aus Hannover im März 2025 eine Messkampagne zur Feststellung der Ruhedrucke in 3 aufeinander folgenden Nächten stattgefunden. Zielsetzung war es, versteckte Rohrbrüche über einen „unnormalen“ Druckabfall in der Nacht zu detektieren. Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass keine markante Leckage im TW-Versorgungsnetz vorliegt.

Bei einer Rohrbruchsanieuerung ist zwar nicht das ganze Netz betroffen, jedoch immer ein begrenzter Teil Versorgungsnetzes.

Für den Punkt *Wasserverluste* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit	Schadensausmaß				
	sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
sehr gering	1	4	9	16	25
gering	2	8	18	32	50
mittel	3	12	27	48	75
hoch	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	20	45	80	125



### Fazit:

Prinzipiell sind Wasserverluste auf dem Weg der Verteilung nicht zu verhindern. Insbesondere beim Leitungsneubau oder Reparatur müssen die Leitungen vor Inbetriebnahme immer gespült werden. Diese Wassermengen fließen auch mit in die Wasserverluste ein. Auch sind bei einem 770 km langen Hauptversorgungsnetz mit 620 km Hausanschlussleitungen und mehr als 8.000 Armaturen nie alle Verbindungen zu 100% dicht. Insofern wird es immer Wasserverluste geben. Da es sich hierbei um ein Überdrucksystem handelt ( $\varnothing$  Leitungsdruck ca. 4,5 bar), ist selbst bei einem Leitungsdefekt nicht damit zu rechnen, dass Verunreinigungen von außen in das Leitungssystem eindringen. Da die Versorgungssicherheit auch bei Leitungsverlusten von 15% nicht gefährdet ist, ist das Schadensausmaß in diesem Kontext mit 4 Punkten als gering zu betrachten.

Um trotz dessen Rohrleitungsverluste frühzeitig zu erkennen, wird bereits seit 2023 eine digitale Rohrnetzüberwachung in Form von Druck- und Durchflusssensoren verteilt über das gesamte Versorgungsnetz installiert.

## 4.4. Leitungszerstörung durch Dritte

Zur Sorgfaltspflicht von Tiefbauunternehmen gehört die Planeinholung bei den Versorgungsträgern vor Beginn von Erdarbeiten. Leider verzichten einige Unternehmen, aber auch private Grundstückseigentümer auf vorherige Planeinsicht und zerstören dann Wasserleitungen. Sobald der Schaden erkannt ist, wird unverzüglich die Reparatur eingeleitet. Eine Gefährdung der Trinkwasserqualität bis hin zum Totalausfall der Trinkwasserversorgung ist bei diesem Thema allerdings nicht zu erwarten.

Für den Punkt *Leitungszerstörung durch Dritte* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
		1	4	9	16	25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

### Fazit:

Der Schadenseintritt ist zwar möglich und tritt insbesondere im Rahmen des Breitbandausbaus immer wieder auf, kann aber in der Regelschnell behoben werden und hat daher nur sehr geringe und lokal stark begrenzte Auswirkungen auf den betroffenen Leitungsabschnitt und die angeschlossenen Kunden, wodurch das Risiko mit 12 Punkten bewertet wird.

## 4.5. Ausfall Druckerhöhungsstationen

Im Versorgungsnetz des WVND befinden sich 2 Druckerhöhungsstationen, die DEA Welmüttel und die DEA Süderdorf. Die dahinter befindlichen Versorgungsnetze sind jeweils eigene abgeschiebte Druckgebiete. Beide Stationen sind mit Fernüberwachungen ausgerüstet. Die Störmeldungen laufen auf dem Leitsystem des Wasserwerks auf. Die DEA Welmüttel wird aus Kapazitätsgründen in Jahr 2023 als fertige Kompaktstation von der Firma Xylem komplett neu geliefert und auch über eine neue Zuleitung aus Tellingstedt angebunden. Die DEA Süderdorf läuft in der Regel störungsfrei.

Die DEA's sind mit redundanten Pumpen ausgerüstet, sodass ein Komplettausfall relativ unwahrscheinlich ist. Darüber hinaus wird die neue DEA Welmüttel zusätzlich mit einem Notstromaggregat ausgerüstet. Sollten die DEA's trotz dessen komplett ausfallen, so können die

Zonenschieber zum vorgelagerten Versorgungsnetz geöffnet werden, sodass wenigstens eine stark druckreduzierte Versorgung dennoch immer noch möglich ist.

Für den Punkt *Ausfall Druckerhöhungsstationen* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Da die Druckerhöhungsstationen über redundant aufgestellte Pumpen verfügen, ist ein Totalausfall nur bei Ausfall der Stromversorgung denkbar. In diesem Fall findet immer noch eine Minimalversorgung mit stark reduziertem Druck statt. Insofern ist das Schadensausmaß im Hinblick auf die Versorgungssicherheit mit 8 Punkten als gering zu bewerten.

## 5 Trinkwasserinstallation (Kundenanlage)

Die Trennung der Verantwortungsbereiche zwischen dem öffentlichen Versorgungsnetz und der Trinkwasserinstallation (Kundenanlage) ist klar in der AVBWasserV<sup>11</sup> geregelt. Gemäß § 10 Absatz 1 AVBWasserV beginnt der Hausanschluss an der Abzweigstelle des Verteilungsnetzes und endet mit der Hauptabsperrvorrichtung. In Abs. 3 ist festgelegt, dass die Hausanschlüsse zu den Betriebsanlagen des Wasserversorgungsunternehmens gehören und in dessen Eigentum stehen. Die Meßeinrichtung (Wasserzähler) steht nach § 12 Abs. 1 im Eigentum des Wasserversorgungsunternehmens. Analog zu dieser Regelung beginnt die Kundenanlage, sofern nichts anderes geregelt ist, direkt nach der Meßeinrichtung mit der Absperrereinrichtung hinter dem Wasserzähler. In diesem Versorgungsabschnitt beschreiben die technischen Regeln für Trinkwasserinstallationen (TRWI) die Mindestanforderungen an Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen. Verantwortlich für die Einhaltung der TRWI ist der Betreiber der Trinkwasser-Installation (in der Regel der Gebäudeeigentümer) und nicht das Trinkwasserversorgungsunternehmen.

Beeinträchtigungen der Trinkwasserqualität bis hin zu einem Ausfall der Gebäudeversorgung durch ein Zusetzen der Leitungen in Folge von Korrosionserscheinungen zeigt die Verletzlichkeit des letzten Teils der leitungsgebundenen Trinkwasserversorgung. Insbesondere werden folgende Punkte beleuchtet:

1. Allgemein anerkannten Regeln der Technik
2. Materialwahl
3. Verkeimung durch Legionellen

### 5.1. Allgemein anerkannte Regeln der Technik

In der Trinkwasserinstallation sollte gemäß den allgemein anerkannten Regeln der Technik (a.a.R.d.T.) nach dem Wasserzähler eine Absperrereinrichtung und ein Rückflussverhinderer eingebaut sein. Dahinter folgt ein Feinfilter und bei Bedarf ein Druckminderer. Erst danach folgen weitere Armaturen und Einbauteile nach Bedarf. Hinsichtlich sämtlicher Einbauteile

<sup>11</sup> Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser vom 20. Juni 1980 (BGBl. I S. 750, 1067), zuletzt geändert durch Art. 8 V v. 11.12.2014 I 2010

sollten gewisse Wartungsintervalle eingehalten werden. Bei der Installation und dem Betrieb von metallischen Rohrleitungen sind ebenfalls die korrosionschemischen Randbedingungen zu beachten. Zudem ist auch die Trinkwasserinstallation bestimmungsgemäß zu betreiben. Hierzu zählen Temperaturniveaus für kaltes und warmes Wasser sowie eine maximale Stagnationszeit von 72 h.

Für den Punkt *allgemein anerkannten Regeln der Technik* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
		1	4	9	16	25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Die Nichteinhaltung der a.a.R.d.T. kann sowohl zu Verkeimungen des Trinkwassers in der Hausinstallation als auch zum Totalausfall der Versorgung durch zugesetzte Leitungen oder Filter führen. Daher wird der mögliche Schaden mit 32 Punkten als hoch bewertet.

## 5.2. Materialwahl

Einen entscheidenden Einfluss auf die hygienische Trinkwasserqualität und die Korrosionsbeständigkeit der Einbauteile und Leitungen hat die richtige Materialwahl. Zum einen gilt es ein mikrobiologisches Wachstum auf den wasserberührten Oberflächen so gering wie möglich zu halten und zum anderen, keine Stoffe an das Wasser abzugeben, die die menschliche Gesundheit beeinträchtigen oder das Wachstum von Biofilmen fördern können. Generell müssen auch in der Trinkwasserinstallation alle eingesetzten Materialien den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Verantwortlich für die Umsetzung der technischen Regeln der Trinkwasserinstallation (TRWI) sind die Planer und Installateure.

Für den Punkt *Materialwahl* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering	gering	mittel	hoch	sehr hoch
		1	4	9	16	25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Bei ungeeigneter Materialwahl kann es zu übermäßig wachsendem Biofilm und damit zu einer unzulässig hohen mikrobiologischen Verunreinigung des Trinkwassers führen. Bei Außerachtlassung des korrosionschemischen Potentials von metallischen Leitungsabschnitten kann es zu massiven Korrosionserscheinungen bis hin zur vollständigen Zerstörung des Materials kommen. Darüber hinaus können chemische Substanzen (Kupfer, Nickel, Blei, Weichmacher, etc.) in unzulässiger Höhe an das Trinkwasser abgegeben werden. Daher wird der mögliche Schaden mit 32 Punkten als hoch bewertet.

### 5.3. Verkeimung durch Legionellen

Einen entscheidenden Einfluss auf die mikrobiologische Trinkwasserqualität hat neben der Auswahl der richtigen Werkstoffe und Materialien die Trinkwassertemperatur.

Nach dem DVGW Arbeitsblatt W 551 können sich Legionellen in erwärmtem Wasser bei Temperaturen zwischen 30 °C und 45 °C stark vermehren und dadurch ein Gesundheitsrisiko verursachen, wenn sie in kleinen lungengängigen Tröpfchen (Aerosol) mit der Luft eingeatmet werden. Im Zusammenhang mit dem Trinkwasser kann ein Gesundheitsrisiko entstehen, wenn sich die Legionellen im Warmwassersystem der Trinkwasserinstallation vermehren und z. B. beim Duschen als Aerosol eingeatmet werden<sup>12</sup>.

Für den Punkt *Verkeimung durch Legionellen* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

#### Fazit:

Bei Nichteinhaltung der a.a.R.d.T. insbesondere bei Vorliegen ungeeigneter Temperaturbereiche in der Trinkwasserinstallation kann es zu einem massiven Befall des Trinkwassers mit Legionellen kommen. Dies kann im schlimmsten Fall zu einer schweren Lungenerkrankung bis hin zum Tod führen. Insofern ist das Schadensausmaß mit 32 Punkten als groß zu betrachten.

12 vgl.: DVGW Technische Regel Arbeitsblatt W 551 April 2004, Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasserinstallationen, 2004-04

## 6 Pandemien

Am Beispiel der Covid-Pandemie 2020-2022 ist erkennbar, wie schnell eine nicht unerhebliche Zahl der Bevölkerung z.T. schwer erkranken kann. Dieses kann auch zum vorsorglichen (Quarantäne) bzw. zum krankheitsbedingten Ausfall von Mitarbeitern bis hin zur kompletten Betriebsschließung führen. Bei sog. kritischen Infrastrukturen wie der Wasserver- und Abwasserentsorgung muss ein Komplettausfall verhindert werden. Während der Corona-Pandemie wurden die jeweils notwendigen Maßnahmen stetig den Gegebenheiten angepasst. Eine Absprache mit dem Gesundheitsamt ist in dieser Situation sinnvoll, um Notmaßnahmen abzustimmen, wie beispielsweise erkrankte Mitarbeiter ohne Symptome zu den versorgungskritischen Anlagen (Wasserwerk) fahren zu lassen.

Für den Punkt *Pandemien* ergibt sich folgende Bewertung:

Eintrittswahrscheinlichkeit		Schadensausmaß				
		sehr gering 1	gering 4	mittel 9	hoch 16	sehr hoch 25
sehr gering	1	1	4	9	16	25
gering	2	2	8	18	32	50
mittel	3	3	12	27	48	75
hoch	4	4	16	36	64	100
sehr hoch	5	5	20	45	80	125

### Fazit:

Die Corona-Pandemie hat gezeigt, dass die Mitarbeiterstruktur des WVND zu jeder Zeit ausgereicht hat, um den Betrieb sowohl der Wasserversorgung als auch der Abwasserbeseitigung aufrecht zu erhalten. Insofern wird das Schadensausmaß hier mit 27 Punkten als mittel bewertet. Mit einem Totalausfall der Ver- und Entsorgung ist nicht zu rechnen.



## V. Zusammenfassung

Zusammenfassend ist festzustellen, dass mit insgesamt 396 von 3.250 möglichen Punkten in 26 unterschiedlichen Kategorien die Gefährdung der Wasserversorgung im Versorgungsbereich des WVND inklusive der Trinkwasserinstallation bei 12% des maximal möglichen Gefährdungspotentials liegt. Lässt man den Bereich der Trinkwasserinstallation, auf den der WVND keinen Einfluss hat, außen vor, dann liegt das Gefährdungspotential mit 300 von maximal 2.875 Punkten bei 10%.

Im Gesamtkontext mit den bereits durchgeführten Sanierungs- und Ersatzinvestitionen im Bereich der Rohwasserförderung (neue Brunnen), der Reinwasserspeicherung (Sanierung) und dem kompletten Neubau der Wasseraufbereitungsanlage, sowie den dauerhaften Investitionen in die Sanierung des Trinkwasserverteilungsnetzes und der Hausanschlussleitungen, sind bereits wesentliche Schritte unternommen und Maßnahmen eingeleitet worden, bzw. werden weitergeführt, um das Risiko eines Ausfalls der Trinkwasserversorgung oder einer Verunreinigung der Trinkwasserqualität so gering wie möglich zu halten.

Eine kontinuierliche Überprüfung der Einflussfaktoren erfolgt zum einen durch die regelmäßigen Beprobungen der Rohwasserqualität sowie durch die monatliche Beprobung der Trinkwasserqualität am Wasserwerksausgang und im Versorgungsnetz.

Zur Verbesserung der Rohrnetzüberwachung im Hinblick auf den Punkt 4.3 Wasserverluste wird seit 2023 eine digitale Rohrnetzüberwachung verteilt über 20 bis 30 Messstellen im gesamten Versorgungsnetz installiert. Zielsetzung ist es dabei, zukünftig Rohrbrüche schneller eingrenzen und beheben zu können.

In der Summe der oben aufgezeigten Maßnahmen ist die Wasserversorgung im Zuständigkeitsbereich des WVND aus technischer Sicht sehr resilient aufgestellt. Es bestehen keine akuten Gefährdungen, die ein sofortiges Handeln über die bereits ergriffenen Maßnahmen erfordern.

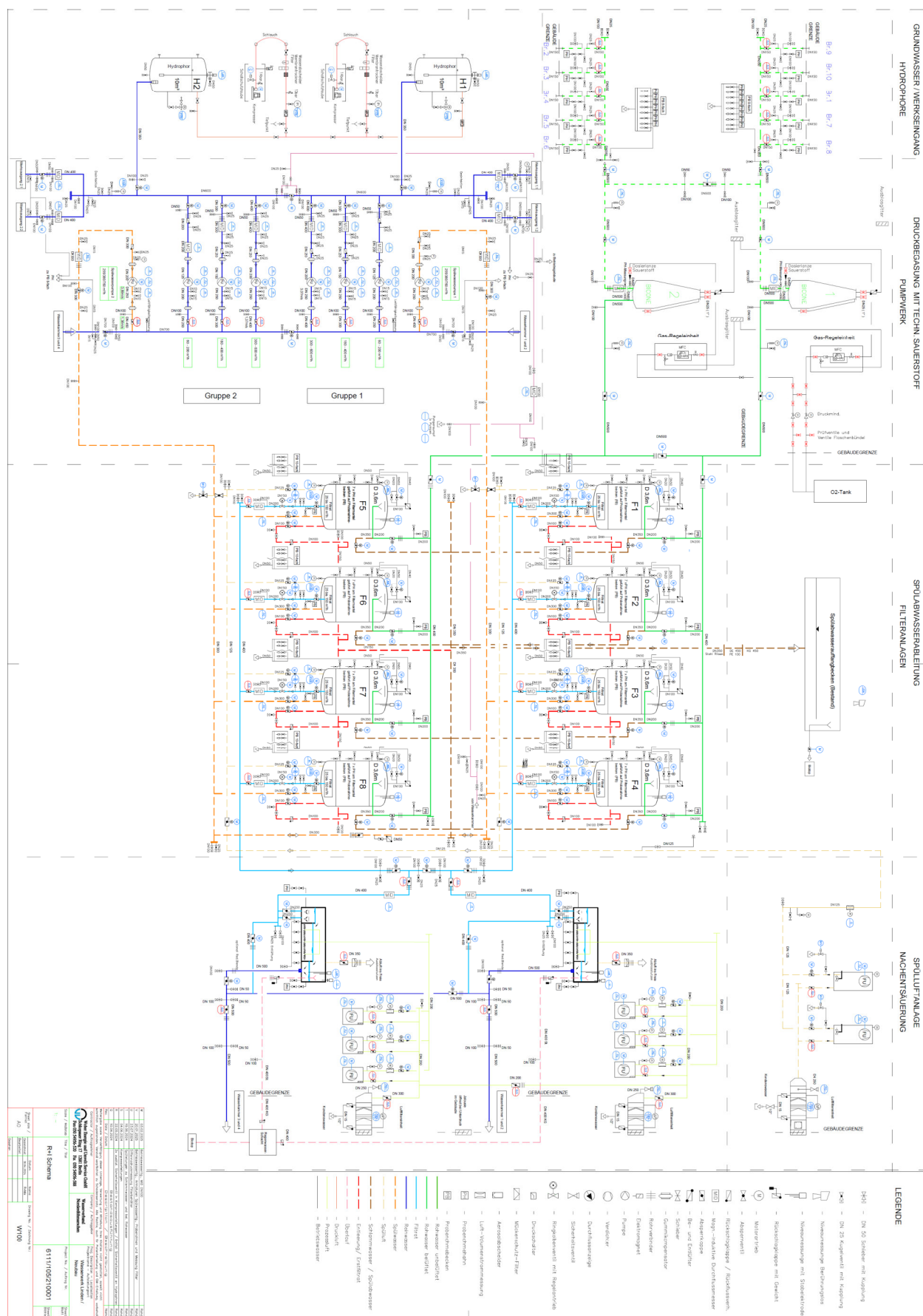
## VI. Anlagen

### Zusammenfassung der Risikomatrix

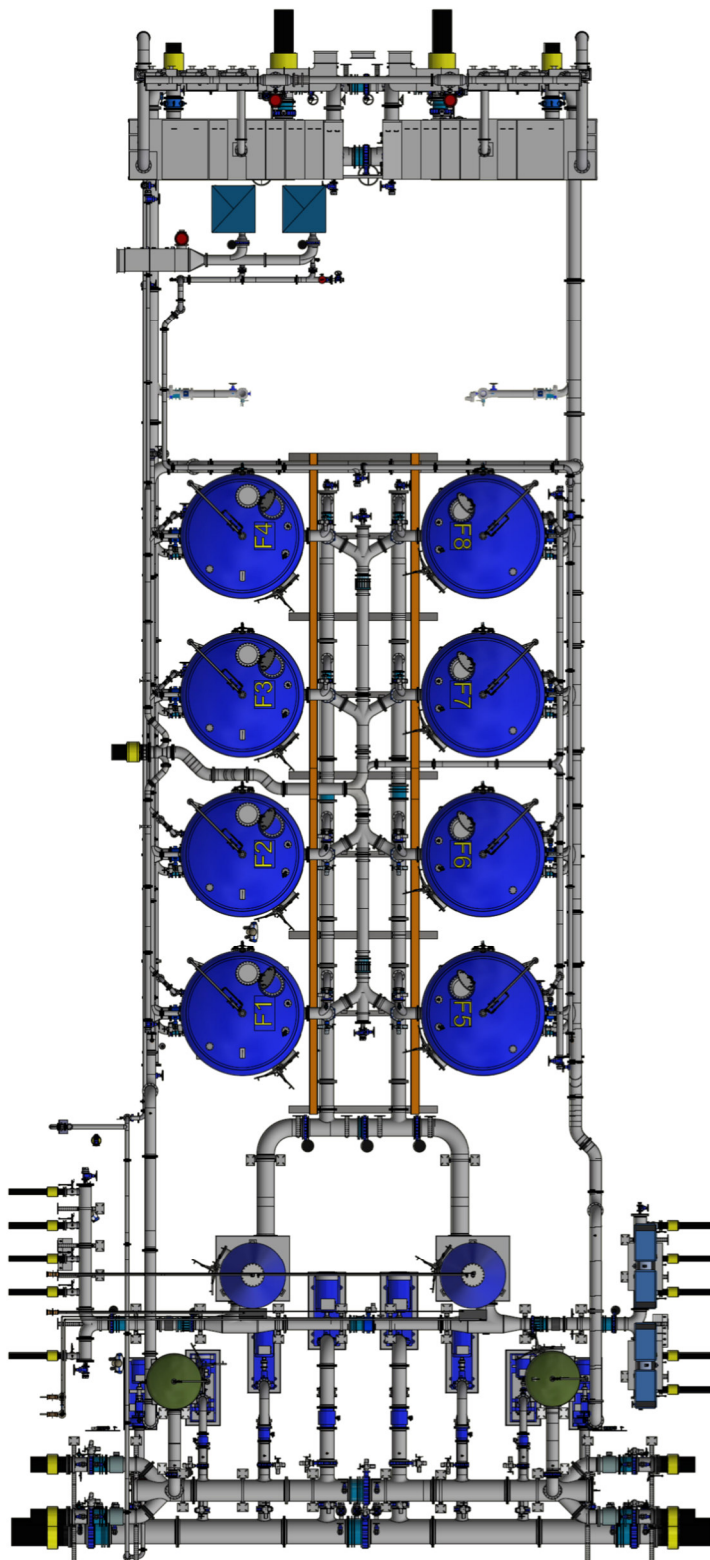
Bereich	Kategorie	Ergebnis
<b>Grundwasserförderung</b>	1.1 undichte Ringräume	18
	1.2 Technische Defekte	3
	1.3 Verockerung	3
	1.4 Stromausfall	4
	1.5 Leitungsschäden	3
<b>Wasseraufbereitung</b>	2.1 Technische Defekte	8
	2.2 Elektrische Anlage	12
	2.3 Stromausfall	3
	2.4 Sauerstoffversorgung	2
	2.5 Insekten	16
	2.6 Kapazitätsengpässe	32
	2.7 Personal	8
	2.8 Terror	25
	2.9 Qualitätskontrolle	32
<b>Wasserspeicherung</b>	3.1 Oberflächenwasser	32
	3.2 Insekten	16
	3.3 Anlagenbau	8
<b>Wasserverteilung</b>	4.1 Reparaturanfälligkeit	16
	4.2 Leitungspläne	8
	4.3 Wasserverluste	4
	4.4 Zerstörung durch Dritte	12
	4.5 Ausfall DEA	8
<b>Trinkwasser-Installation</b>	5.1 Technisches Regelwerk	32
	5.2 Materialwahl	32
	5.3 Verkeimung durch Legionellen	32
<b>Pandemien</b>	6.1 Personal	27

<b>Kategorien</b>	26	<b>Punktzahl</b>	396	12%
ohne TW-Installation	23		<b>300</b>	<b>10%</b>

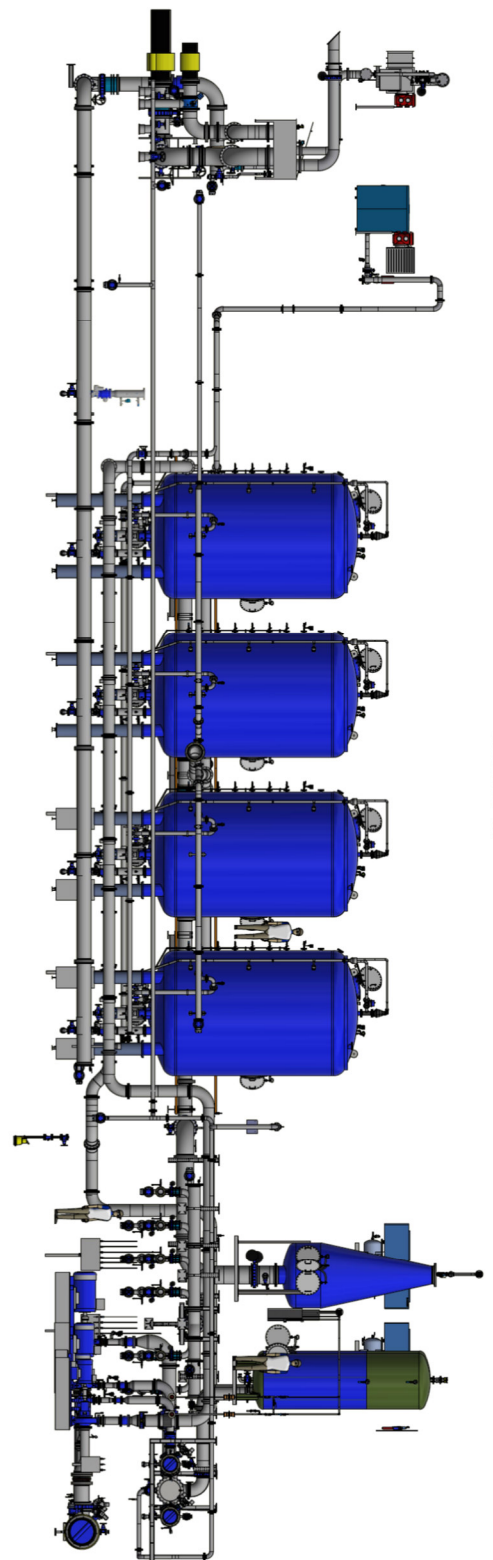
## Rohrleitungs- und Instrumentierungsschema (R+I-Schema) Wasserwerk



## Wassertechnik Wasserwerk



DRAUFSICHT ( 1 : 50 )



ANSICHT ( 1 : 50 )

## Abbildungs-, Bild-, Grafik-, Schema- und Tabellenverzeichnis

### Abbildungen

1	Hydraulisches und anlagentechnisches Gesamtkonzept .....	16
2	Druckhöhenschema Wasserwerk Linden.....	17
3	Trinkwasserversorgungsnetz.....	33

### Bilder

1	Blick in das oberirdische Brunnenhaus .....	11
2	Blick in einen Edelstahlwickeldrahtfilter .....	13
3	Blick von außen auf ein Filterrohr .....	13
4	altes und neues Wasserwerk, Foto WVND .....	15
5	Zugangsbereich zu den Reinwasserkammern .....	30
6	Schneckenbefall in Reinwasserkammer .....	31
7	Verschluss sämtlicher Mauerfugen und Risse .....	31
8	Zu- und Abluftanlage Reinwasserbehälter .....	31
9	Filtereinheit, 2-fach .....	31
10	Absperrarmaturen Reinwasserkammer .....	32
11	Sensoren zur Druck- und Durchflussüberwachung im Versorgungsnetz.....	36

### Grafiken

1	Wasserverluste mit Berücksichtigung Spül- und Löschwasser.....	35
---	--	----

### Schema

1	schematische Darstellung des Trinkwasserversorgungssystems.....	3
---	---	---

### Tabellen

1	chemische und mikrobiologische Erstuntersuchung Förderbrunnen .....	10
2	Förderbrunnen Wasserwerk Linden.....	12
3	Trinkwasseruntersuchungsparameter gem. TrinkwV .....	26
4	Untersuchung Arzneimittelrückstände .....	27
5	Untersuchung auf PFAS.....	27
6	Leckageindex der Jahre 2017-2024 .....	35



## Quellenverzeichnis

- 1 Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung)
- 2 Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV); Zweite Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 20. Juni 2023, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2023 Teil I Nr. 159, ausgegeben zu Bonn am 23. Juni 2023
- 3 Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement – Teil 2: Risikomanagement, Deutsche Fassung EN 15975-2: Dezember 2013
- 4 Wikipedia unter <https://de.wikipedia.org/wiki/>
- 5 Umwelt Bundesamt, Rund um das Trinkwasser, November 2010, 4. aktualisierte Auflage 2016, [www.umweltbundesamt.de/publikationen/rund-um-trinkwasser](http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/rund-um-trinkwasser)
- 6 WHO Guidelines for Drinking-water Quality, fourth edition incorporating the first addendum, 2017
- 7 Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen (Infektionsschutzgesetz - IfSG), Ausfertigungsdatum: 20.07.2000, (BGBl. I S. 1045), Zuletzt geändert durch Art. 8b G v. 20.12.2022 I 2793
- 8 Prof. Dr. med. Dirk Schoenen, Acta hydrochim. Hydrobiolo. 28 (2000), Kontamination mit coliformen Keimen durch Insektenlarven bei der Aufbereitung von Trinkwasser
- 9 Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser vom 20. Juni 1980 (BGBl. I S. 750, 1067), zuletzt geändert durch Art. 8 V v. 11.12.2014 I 2010
- 10 DVGW Technische Regel Arbeitsblatt W 551 April 2004, Trinkwassererwärmungs- und Trinkwasserleitungsanlagen; Technische Maßnahmen zur Verminderung des Legionellenwachstums; Planung, Errichtung, Betrieb und Sanierung von Trinkwasserinstallationen, 2004-04