

Auftraggeber: Ministerium für Wirtschaft und Energie des Landes Brandenburg
Heinrich-Mann-Allee 107
14473 Potsdam

Nr. bei AG: 33-2019-01

Nr. bei GCI: GCI-19A100.64

Bearbeiter: Dipl.-Ing. F. Jenn (PL)
Dr. rer. nat. Dipl.-Geogr. F. Mehler (stellv. PL)
Dipl.-Geogr./-Hydrol. S. Dinse
Geol.-Ing. A. Hecht
Dipl.-Geoökol. F. Möhler

mit Beiträgen von: Dipl.-Ing. (Hydrogeologie) Anja Scholz (MWAE)
Ass. jur. Karina Pulz (LBGR)
Dipl.-Biochem. Thomas Gerstmann (MSGIV)
Annett Dose (Gesundheitsamt Frankfurt (Oder))
Ines Schmidt (Gesundheitsamt Landkreis Oder-Spree)

Inhalt: 126 Seiten Text

**Gefährdungsbeurteilung
für den WW-Standort Briesen
bezüglich des chemischen
Parameters Sulfat**

**Gefährdungsanalyse, Risikoabschätzung
und Maßnahmen zur Risikobeherrschung**

Königs Wusterhausen, den 28.09.2020

Inhalt

	Seite
Inhalt	1
Anlagenverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis.....	5
Verzeichnis der Abkürzungen	8
0 Zusammenfassung	11
1 Anlass, Aufgaben- und Zielstellung	15
2 Daten und Informationsgrundlage	19
2.1 Verwendete Daten und Datenqualität	19
2.2 Verwendete Bezugssysteme	20
3 Rahmenbedingungen am Wasserwerk-Standort Briesen	21
3.1 Einleitung	21
3.2 Teilsystem Gewinnung	21
3.3 Teilsystem Grundwasser	23
3.3.1. Geologie.....	23
3.3.2. Großräumige Hydrodynamik	26
3.3.3. Hydrodynamik im Umfeld der Wasserfassungen.....	28
3.3.4. Sulfatkonzentrationen im Grundwasser.....	29
3.4 Teilsystem Uferfiltrat	32
3.4.1. Technisches Vorgehen	32
3.4.2. Fördermengen	32
3.4.3. Sulfatkonzentration Spreebogenfassung	33
3.5 Teilsystem Grundwasseranreicherung	36
3.5.1. Technisches Vorgehen	36
3.5.2. Fördermenge und Infiltrationsmenge von Spreewasser	38
3.5.3. Sulfatkonzentrationen im Spreewasser	39
3.5.4. Sulfat-Konzentrationen im Rohwasser der Zentralfassung und „Großversuch Sulfat“	40
3.6 Teilsystem Aufbereitung	48
3.6.1. Technisches Vorgehen	48
3.6.2. Sulfatkonzentrationen im Reinwasser	48
3.7 Teilsystem Reinwasser	49

4	Gefährdungsbereiche im Versorgungsgebiet.....	51
4.1	Versorgte Gemeinden.....	51
4.2	Überwachung der Sulfatkonzentrationen	52
4.2.1.	Betreiberüberwachung	52
4.2.2.	Behördliche Überwachung	52
4.3	Darstellung besonders sensibler Personengruppen	52
4.3.1.	Darstellung der Betroffenheit von besonders sensiblen Personengruppen	53
4.3.2.	Darstellung der Betroffenheit in der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit	53
4.4	Vorgehen im Fall einer Nichteinhaltung des Grenzwertes für Sulfat	53
4.4.1.	Vorgehen des Betreibers (Betreiberpflichten)	54
4.4.2.	Vorgehen der Behörden	54
4.5	Kommunikation im Fall einer Nichteinhaltung des Grenzwertes für Sulfat	55
5	Gefährdungsanalyse	57
5.1	Einleitung	57
5.2	Vier ausgewählte Wasserwerksbetriebszustände	58
5.3	Zwei Sulfatereignisse im Spreewasser	61
5.4	Acht Gefährdungsszenarien	62
6	Rohwasserkomponenten und theoretische Sulfatkonzentrationen im Reinwasser	63
6.1	Rohwasserkomponenten	63
6.2	Berechnung der Sulfatkonzentrationen	66
7	Risikoabschätzung.....	71
7.1	Einleitung	71
7.2	Risikoanalyse	71
7.2.1.	Eintrittswahrscheinlichkeiten der Gefährdungsszenarien	75
7.2.2.	Schadensausmaß der Gefährdungsszenarien	76
7.2.3.	Risikomatrix.....	77
7.3	Risikobewertung	78
8	Maßnahmen zur Risikobeherrschung	79
8.1	Einleitung	79
8.2	Maßnahmenvorschläge nach dem S-T-O-P-Prinzip	79
8.2.1.	Substituierende Maßnahmen	82
8.2.2.	Technische Maßnahmen	85
8.3	Nutzwertanalyse	88
8.3.1.	Einleitung	88

8.3.2.	Ausschlusskriterien	88
8.3.3.	Bewertungskriterien	92
8.3.4.	Gewichtung der Bewertungskriterien	93
8.3.5.	Ergebnis.....	94
8.4	Vorzugsvariante Ertüchtigung WW Müllrose	105
8.4.1.	Lage	105
8.4.2.	Hydrogeologische Bedingungen	105
8.4.3.	Wasserrecht und maximal zur Verfügung stehende Verdünnungswassermenge	106
8.4.4.	Realisierte Förderung	106
8.4.5.	Kenntnisse zur Sulfatkonzentration und Ableitung des Erwartungswertes für das Verdünnungswasser	107
8.4.6.	Erforderliche Verdünnungswassermenge Gefährdungsszenarios 2b	109
8.4.7.	Trinkwasserschutzzone III	110
8.4.8.	Geplanter Ausbau des WW Müllrose und Monitoring.....	112
8.4.9.	Kostenübersicht	114
8.4.10.	Zeitplan.....	114
8.4.11.	Allgemeine Empfehlung zur Validierung des Standortes Müllrose.....	116
8.5	Rechtliche Hintergründe zur Maßnahmenumsetzung	118
8.5.1.	Verpflichtungen zur Umsetzung der Maßnahmen	118
8.5.2.	Bergrechtliche Pflichten zur Verhinderung von Gemeinschaften	118
8.5.3.	Bergschadensersatz	119
8.5.4.	Wasserrechtliche Verhaltenshaftung.....	120
8.6	Ergänzende Empfehlungen	121
Literatur	125

Tabellenverzeichnis

Tab. Nr.	Bezeichnung	Seite
Tab. 3.1	Minimale und maximale Förderrate der Brunnen der Spreebogenfassung	32
Tab. 3.2	Anordnung der Vertikalfilterbrunnen an der Spreebogenfassung von West nach Ost und deren mittlere Sulfatkonzentration	34
Tab. 3.3	Kennzahlen der vier Infiltrationsbecken.....	36
Tab. 3.4	Übersicht über die zeitliche Abfolge der Regenerierung der einzelnen Becken.....	37
Tab. 5.1	Übersicht über die Gefährdungsszenarien	62
Tab. 6.1	Übersicht über die Infiltrations- und Fördermengen der einzelnen Gefährdungsszenarien in m ³ /d	63
Tab. 6.2	Theoretische Sulfatkonzentrationen in der Spree, welche bei den Mischungsverhältnissen der vier Betriebszustände zu einer Überschreitung von 200 mg/l bzw. 250 mg/l Sulfat im Reinwasser führen	70
Tab. 7.1	Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Risikoanalyse WW Briesen.....	72
Tab. 7.2	Schadensausmaß für die Risikoanalyse des WW Briesen	73
Tab. 7.3	Eintrittswahrscheinlichkeiten (E) der Gefährdungsszenarien	75
Tab. 7.4	Schadensausmaß (S) der Gefährdungsszenarien.....	76
Tab. 7.5	Priorität der Gefährdungsszenarien für die Ableitung von Maßnahmen zur Risikobeherrschung	78
Tab. 8.1	Übersicht über die je Gefährdungsszenario benötigten Mengen an Verdünnungswasser bei einer Sulfatkonzentration von 50 mg/l (= mittlere Konzentration des von der Infiltration unbeeinflussten Grundwassers am Standort WW Briesen).....	89
Tab. 8.2	Übersicht über die je Gefährdungsszenario benötigten mittleren Mengen an Verdünnungswasser bei einer Sulfatkonzentration von 80 mg/l (= angenommener Hintergrundwert für Grundwasser nach HÜK200 zwischen Median und 75-Perzentil)	90
Tab. 8.3	Bewertung der Maßnahmen nach den Ausschlusskriterien (fett: kein Ausschluss).....	91
Tab. 8.4	Bewertungskriterien der Nutzwertanalyse	92
Tab. 8.5	Wichtungsfaktoren der Bewertungskriterien	94
Tab. 8.6	Verdünnungswassermengen für das Gefährdungsszenario 2b für die untersuchten Maßnahmen	95
Tab. 8.7	Bewertung der Wirksamkeit der Maßnahmen	96
Tab. 8.8	Bewertung der Genehmigungsfähigkeit der Maßnahmen	97
Tab. 8.9	Bewertung des Umsetzungszeitraums der Maßnahmen	97
Tab. 8.10	Bewertung der Robustheit der Maßnahmen.....	98
Tab. 8.11	Bewertung der Investitionskosten der Maßnahmen.....	99
Tab. 8.12	Bewertung der Betriebskosten der Maßnahmen.....	99
Tab. 8.13	Bewertung der Flexibilität der Maßnahmen.....	100
Tab. 8.14	Bewertung der Akzeptanz der Maßnahmen	101
Tab. 8.15	Bewertung der Nebeneffekte der Maßnahmen.....	102

Tab. 8.16	Ergebnis der Nutzwertanalyse	103
Tab. 8.17	Verdünnungswassermengen bei 75 mg/l Sulfat des Verdünnungswassers (= Erwartungswert WW Müllrose) für die Gefährdungsszenarien 2a und 2b und die zugehörigen Unterszenarien „2a_reduziert“ und „2b_reduziert“	110
Tab. 8.18	Geschätzte Investitionskosten für die Wiederertüchtigung des WW Müllrose	114

Abbildungsverzeichnis

Abb. Nr.	Bezeichnung	Seite
Abb. 1.1	Entwicklung der Sulfatkonzentration in der Spree und im Trinkwasser des WW Briesen	15
Abb. 3.1	Übersicht der wasserwirtschaftlichen Anlagen des WW Briesen	22
Abb. 3.2	Konzeptionelles geologisches Modell im Anstrom der Zentral- und Spreefassung des WW Briesen.	24
Abb. 3.3	Hydraulische Kommunikationszonen zwischen den GWL und Lage der Rinnen sowie der tektonischen Fenster	25
Abb. 3.4	Grundwassergleichenpläne aus VEB Hydrogeologie (1987) für die im vorliegenden Bericht berücksichtigten GWL und den obersten GWL des Salzwasserstockwerks.....	27
Abb. 3.5	Wasserstand im Kersdorfer Mühlenfließ am Pegel Briesen (Messnetz LfU, Pegelkennzahl: 5858400)	28
Abb. 3.6	Ganglinien ausgewählter Messstellen im Anstrom der Zentralfassung (GWMS 59 und GWMS 103 OP) und in deren Abstrom (GWMS 15) sowie Spreepegel am Unterpegel der Kersdorfer Schleuse	29
Abb. 3.7	Sulfatkonzentrationen im GWL 1 bis 3 im Zeitraum von 1967 – 2004	31
Abb. 3.8:	Jahresfördermengen der Spreebogenfassung seit 1990 in m ³ /a	33
Abb. 3.9	Tagesfördermengen der Spreebogenfassung seit 2009 in T m ³ /d	33
Abb. 3.10	Entwicklung der Sulfatkonzentrationen an den fünf Vertikalfilterbrunnen der Spreebogenfassung	35
Abb. 3.11	Lage der Infiltrationsbecken und der Heberbrunnenanlage der Zentralfassung	37
Abb. 3.12	Gesamtförderung der Zentralfassung und Infiltrationsmenge von Spreewasser (Mio. m ³ /a) sowie prozentualer Anteil des Infiltrationswassers an der Gesamtförderung und dessen Mittelwert im Zeitraum 1991 bis Oktober 2019.....	39
Abb. 3.13	Entwicklung der Sulfatkonzentration im Spreewasser	40
Abb. 3.14	Beckenbetrieb im Zeitraum Januar 2007 bis Oktober 2019	41
Abb. 3.15	Spannweiten der monatlichen Infiltrationsmengen für den Zeitraum 2008 bis Oktober 2019.....	41
Abb. 3.16	Grundwassergleichenplan im Bereich der Zentralfassung vom April 2016	43
Abb. 3.17	Grundwassergleichenplan im Bereich der Zentralfassung vom Februar 2009	44

Abb. 3.18	Sulfatkonzentrationen des Infiltrationswassers sowie des Rohmischwassers der Sammelbrunnen 1 und 2.....	45
Abb. 3.19	GWMS im Umfeld der Zentralfassung.....	46
Abb. 3.20	Sulfatkonzentrationen der GWMS im Umfeld der Zentralfassung.....	47
Abb. 3.21	Sulfatkonzentrationen im Rohmischwasser und im Reinwasser.....	49
Abb. 4.1	Kommunikationswege bei einer Nichteinhaltung des Trinkwassergrenzwertes bzgl. des Parameters Sulfat.....	56
Abb. 5.1	Spannweiten der mittleren monatlichen Förder- und Infiltrationsmengen in Tm ³ /d.....	59
Abb. 5.2	Mittlere Sulfatkonzentrationen aus dem Sulfatprognosemodell (DHI WASY) für die Spree im Abschnitt Briesen für die Periode 2025.....	61
Abb. 6.1	Einzugsgebiete der Zentral- und Spreebogenfassung im GWL 1 für die Modellvariante „NORMAL“ (Kalibrierzustand).....	64
Abb. 6.2	Prozentualer Anteil der einzelnen Komponenten am geförderten Rohwasser für die vier Betriebszustände.....	65
Abb. 6.3	Anteile der Spreebogenfassung (SF) und der Zentralfassung (ZF) an der Gesamtmenge gehobenen sulfatarmer Grundwassers aus dem unterirdischen Einzugsgebiet für die Betriebszustände „NORMAL“ und „MEHR“.....	65
Abb. 6.4	Gegenüberstellung gemessener und berechneter Größen auf Grundlage von Daten des Jahres 2016 („Normal-Zustand“).....	67
Abb. 6.5	Betriebszustand (1) „NORMAL“.....	68
Abb. 6.6	Betriebszustand (2) „MEHR“.....	68
Abb. 6.7	Betriebszustand (3) „AUSFALL SF“.....	69
Abb. 6.8	Betriebszustand (4) „TROCKEN“.....	69
Abb. 6.9	Boxplots der Sulfatkonzentration der Wiederkehrintervalle aus dem Sulfatprognosemodell für die Periode 2025 (DHI, 2017 und 2019). Spannweite der theoretischen Sulfatkonzentration der Spree für jeden Betriebszustand, bei dem 200 mg/l (untere Markierung) und 250 mg/l (obere Markierung) im Reinwasser überschritten werden.....	70
Abb. 7.1	Vorgehen der Risikoanalyse für das WW Briesen auf Grundlage der DIN EN 15975-2.....	72
Abb. 7.2	Abgestimmte Risikomatrix für die Risikoanalyse WW Briesen bezüglich Sulfatbelastungen des Reinwassers.....	74
Abb. 7.3	Einordnung der acht Gefährdungsszenarien in die Risikomatrix und Zuordnung der Risikoklasse.....	77
Abb. 8.1	Maßnahmenübersicht nach dem S-T-O-P-U-Prinzip.....	80
Abb. 8.2	Räumliche Übersicht der Maßnahmen zur Risikobeherrschung.....	81
Abb. 8.3	Vorgehen Nutzwertanalyse.....	88
Abb. 8.4	Geologischer Schnitt durch die Fassung Müllrose.....	105
Abb. 8.5	Mittlere Fördermengen (Q ₃₆₅) des WW Müllrose 1978–1992.....	106
Abb. 8.6	Mittlere Fördermengen (Q ₃₆₅) des WW Müllrose 2002–2019.....	106
Abb. 8.7	Sulfatkonzentration im Grundwasser im Umfeld des WW Müllrose, Mai 1992.....	107

Abb. 8.8	Entwicklung der Sulfatkonzentrationen der Brunnen 3, 4 und 5 des WW Müllrose.....	108
Abb. 8.9	Entwicklung der Sulfatkonzentration im Reinwasser des WW Müllrose	109
Abb. 8.10	Gültige Schutzzonen des WW Müllrose von 1982 und von Hydrogeologie Berlin- Brandenburg GmbH (1994) empfohlene Schutzzone III	111
Abb. 8.11	Lage der neuen Brunnengalerie des WW Müllrose (FWA, 2020).....	112
Abb. 8.12	Übersicht der vorhanden und geplanten Grundwassermessstellen für das Grundwassermonitoring des WW Müllrose.....	113
Abb. 8.13	Zeitplan zur Wiederertüchtigung des WW Müllrose	115

Verzeichnis der Abkürzungen

Abk.	Erläuterung
AG FGB	Arbeitsgemeinschaft Flussgebietsbewirtschaftung
AKS	Aqua-Kommunal-Service GmbH
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
DGM	Digitales Geländemodell
EG	Einzugsgebiet
ETRS89	Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989
FWA	Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft mbH
GA	Gesundheitsamt
GCI	GCI GmbH
GOK	Geländeoberkante
GWL	Grundwasserleiter
GWMS	Grundwassermessstelle
GWN	Grundwasserneubildung
GWS	Grundwasserstauer
HSM	Hydrogeologisches Strukturmodell
LBGR	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe
LfU	Landesamt für Umwelt des Landes Brandenburg (Name seit 2016)
m HN	Höhenstatus 150 (HN), altes Normalhöhenystem SNN76, bezieht sich auf Kronstädter Pegel, St. Petersburg
m NHN	Höhenstatus 160 (NHN) des Bundes, Deutsches Haupthöhennetz von 1992, bezieht sich auf den Amsterdamer Pegel („Normalhöhenull“)
m NHN im-DHHN2016	Höhenstatus 170 (DHHN2016) des Bundes, Deutsches Haupthöhennetz von 2016, bezieht sich auf den Amsterdamer Pegel („Normalhöhenull“)
m NN	Höhenstatus 100 (NN), ehem. Deutsches Haupthöhennetz 1912, bezieht sich auf den Amsterdamer Pegel („Normalnull“)
MSGIV	Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg
MWAE	Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie
NWA	Nutzwertanalyse
OP	Oberpegel einer Grundwassermessstelle
Q ₃₆₅	Jahresmittelwert der täglichen Entnahme
Q _{d, max}	max. tägliche Entnahmemenge
Q _{h, max}	max. stündliche Entnahmemenge
Reg.-Nr.	Registrierungs-Nummer der wasserrechtlichen Erlaubnis
SB	Sammelbrunnen (einer Heberbrunnenanlage)
SF	Spreebogenfassung des WW Briesen
SPM	Sulfatprognosemodell
T	Wiederkehrintervall im SPM
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UP	Untergegel einer Grundwassermessstelle



UTM	Universal Transverse Mercator (Projektion für Lage-Koordinatensysteme)
WSG	Wasserschutzgebiet
WW	Wasserwerk
ZF	Zentralfassung des WW Briesen



0 Zusammenfassung

Das am Wasserwerksstandort Briesen gewonnene Rohmischwasser setzt sich aus den Komponenten Grundwasser, Uferfiltrat der Spree und mit Spreewasser angereicherter Grundwasser (Infiltrat) zusammen. Da das indirekt geförderte Spreewasser einen wesentlichen Anteil an der Gesamtförderung hat, wird das Briesener Trinkwasser von der Beschaffenheit des Spreewassers stark beeinflusst. Der chemische Parameter Sulfat stellt sich seit dem Jahr 2013 als Belastungsparameter heraus, weil die Spreewasserkonzentrationen den Immissionsrichtwert für den Pegel Neubrück mit 280 mg/l Sulfat überschreitet. Dem Sulfatprognosemodell zufolge ist weiterhin mit hohen und auch höheren Sulfatkonzentrationen in der Spree zu rechnen. Da die Sulfatgehalte des Rohmischwassers mit der am Wasserwerk Briesen durchgeführten klassischen Aufbereitung (Enteisung, Entmanganung) nicht reduziert werden, besteht die Gefahr, dass sich auch die Konzentration im Trinkwasser ebenfalls erhöhen kann und der Grenzwert der Trinkwasserverordnung temporär oder dauerhaft überschritten wird.

In Anlehnung an die DIN EN 15975-2:2013 „Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement Teil 2: Risikomanagement“ wird die Gefährdung der Grenzwertüberschreitung für den Parameter Sulfat gemäß Trinkwasserverordnung für den Wasserwerksstandort Briesen beurteilt. Der Ablauf des prozessorientierten Risikomanagements nach DIN umfasst die Beschreibung des Trinkwassersystems, gefolgt von einer Gefährdungsanalyse, einer Risikoabschätzung bis hin zur Maßnahmenentwicklung zur Risikobeherrschung.

In Rahmen der Gefährdungsanalyse wurden zwei Gefährdungsereignisse identifiziert, welche zur hohen Sulfatkonzentration im Trinkwasser führen können: hohe Sulfatkonzentration der Spree und ein hoher Anteil an spreebürtigem Wasser an der Gesamtförderung. Die Auswirkung der Gefährdungsereignisse auf die Trinkwasserkonzentration werden anhand von Gefährdungsszenarien untersucht. Ein Szenario setzt sich aus einem Wasserwerksbetriebszustand und mittleren monatlichen Sulfatkonzentrationen der Spree aus dem Sulfatprognosemodell zusammen. Für den Betriebszustand werden mit einem kalibrierten stationären Grundwasserplanungsmodell die Anteile der Rohwasserkomponenten an der Gesamtfördermenge ermittelt. Diese Anteile fließen zusammen mit der prognostischen Sulfatkonzentration der Spree und einer konstanten Grundwasserkonzentration von 50 mg/l in eine Mischungsrechnung ein, mit welcher die theoretische Sulfatkonzentration im Trinkwasser für das Gefährdungsszenario auf monatlicher Basis berechnet wird. Um die Spannbreite des Wasserwerksbetriebes abzubilden, wurden vier Betriebszustände definiert. Dazu gehört der mittlere Normalzustand, eine Mehrbedarfsvariante, eine Havariebetrachtung und ein Zustand mit verringerter Grundwasserneubildung. Aus dem Sulfatprognosemodell werden die Sulfatereignisse mit einem Wiederkehrintervall von 2 Jahren (mittleres Ereignis) und 10 Jahren (bedeutendes Ereignis) berücksichtigt. Es ergeben sich somit acht Gefährdungsszenarien.

Die Ergebnisse der Grundwassermodellierung unterstreichen die Abhängigkeit vom spreebürtigen Wasser zur Deckung des Wasserbedarfs. Je nach Betriebszustand beträgt der Anteil des Spreewassers mindestens 71 % (Normalzustand) und maximal 85 % (Mehrbedarf und Havarie). Der Anteil des sulfatarmer Grundwassers liegt nur bei 29 % bzw. 15 %. Dies spiegelt sich in den theoretischen Reinwasserkonzentrationen

wider, die über Mischungsrechnungen ermittelt wurde. Bei dem Sulfatereignis mit zweijährigen Wiederkehrintervall kommt es in keinem der Betriebszustände zu Überschreitungen des Trinkwassergrenzwertes. Allerdings bleiben die Sulfatkonzentrationen im Trinkwasser nur im Betriebszustand der mittleren Normalbedingungen ganzjährig unter 200 mg/l. Hingegen führen die Sulfatkonzentrationen der Spree mit einem zehnjährigen Wiederkehrintervall zur zeitweisen Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes bei den Betriebszuständen des Mehrbedarfs, der Havarie und der Trockenphase. Im Normalzustand bleibt die Trinkwasserkonzentration knapp unter 250 mg/l.

In einer Risikoanalyse wird für jedes Gefährdungsszenario die Eintrittswahrscheinlichkeit (1 – unwahrscheinlich; 2 – möglich; 3 – wahrscheinlich; 4 – sehr wahrscheinlich) und das Schadensausmaß (1 – kein; 2 – mittel; 3 – hoch) ermittelt. Die Definition der Eintrittswahrscheinlichkeit ist an die Wiederkehrintervalle der Sulfatereignisse angelehnt. Ist mit dem Eintreten eines Gefährdungsszenarios alle zwei Jahre zu rechnen, gilt dies als sehr wahrscheinlich. Ein zehnjähriges Wiederkehrintervall wird als möglich bewertet. Die Bemessung des Schadensausmaßes orientiert sich an der theoretischen Trinkwasserkonzentration. Es handelt sich um keinen bzw. geringen Schaden, wenn eine Konzentration von 200 mg/l nicht überschritten wird. Kommt es im Jahresgang zu Überschreitungen von 200 mg/l, aber nicht von 250 mg/l, wird von einem mittleren Schaden gesprochen. Sobald die Konzentrationen höher als der Trinkwassergrenzwert sind, ist das Schadensausmaß hoch.

Zur Ermittlung des Risikos eines Gefährdungsszenarios werden die Eintrittswahrscheinlichkeit und das Schadensausmaß in eine Risikomatrix eingetragen. Dies erlaubt eine schnelle visuelle Übersicht über das Risiko der einzelnen Szenarien. Zur weiteren Differenzierung wurde die Matrix in drei Risikoklassen (gering – signifikant – hoch) eingeteilt. Aus der Matrix ergibt sich ein geringes Risiko für den Betriebszustand Normal und der Havarie mit einem mittleren Sulfatereignis. Ein signifikantes Risiko wurde für die Szenarien der Trockenperiode (mittleres und bedeutendes Sulfatereignis) sowie der Havarie mit einem bedeutenden Sulfatereignis ermittelt. Die Szenarien, welche auf dem Betriebszustand des Mehrbedarfs basieren, weisen ein hohes Risiko auf.

Auf Grundlage der Risikoklassen wird im Rahmen der Risikobewertung eine Priorisierung der Maßnahmen vorgenommen, für welche Maßnahmen zur Risikobeherrschung entwickelt werden müssen. Grundsätzlich gilt, dass ein Gefährdungsszenario mit hohem Risiko bei der Risikobeherrschung die höchste Priorität hat. Ist das Risiko gering, bedarf es keiner weiteren Maßnahmen. Bei Szenarien mit signifikantem Risiko wurden den Szenarien eine höhere Priorität zugeordnet, deren Maßnahmen zur Behebung sich auch positiv auf das Risiko anderer Gefährdungsszenarien auswirken können.

In Anlehnung an das sog. S-T-O-P-Prinzip wird ein Maßnahmenkatalog zur Risikobeherrschung erarbeitet. Dieses Prinzip gibt die Rangfolge der Maßnahmen in folgender Reihenfolge vor: Substitution des Spreewassers durch andere Wasserressourcen – Technische Maßnahmen zur Sulfatreduktion – Organisatorische Maßnahmen zur Handhabung einer bestehenden Situation – Personenbezogene Maßnahmen. Für das Wasser-

werk Briesen wurden vorrangig substituierende und technische Maßnahmen betrachtet, da personenbezogene Maßnahmen nicht greifen. Organisatorische Maßnahmen können nur in Kombination mit substituierenden und technischen Maßnahmen wirksam werden. Insgesamt konnte ein Maßnahmenkatalog von 14 Maßnahmen erstellt werden. Mit einer Nutzwertanalyse wurde daraus eine Vorzugsvariante abgeleitet. Dabei handelt es sich um die Verdünnung des Briesener Wassers mit dem Wasser des zu ertüchtigenden Wasserwerks Müllrose. Das Wasserwerk Müllrose verfügt derzeit über ein Wasserrecht von 3.200 m³/d, von dem ca. 3.100 m³/d Trinkwasser zur Verdünnung des am Wasserwerk Briesen gewonnenen Rohwassers bereitgestellt werden können, um die Risiken hinsichtlich Sulfat in den hohen und signifikanten Gefährdungsszenarien beherrschen zu können und auch bei geringen Risiken deutliche Entlastungsvorteile für das Wasserwerk Briesen zur Sicherung der Trinkwasserbereitstellung begründen.

Es wird die Validierung und Überprüfung der in der Nutzwertanalyse angenommenen Bedingungen u. a. anhand eines umfangreichen Monitorings der Hydrodynamik und Grundwasserbeschaffenheit im Einzugsgebiet des Wasserwerks Müllrose empfohlen.

Es werden außerdem Gefährdungsbereiche im Versorgungsgebiet aufgezeigt, rechtliche Hintergründe zur Maßnahmenumsetzung erläutert und ergänzende Empfehlungen zum Monitoring und Betrieb des Wasserwerks Briesen gegeben.



1 Anlass, Aufgaben- und Zielstellung

Die Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft mbH (FWA) versorgt die Stadt Frankfurt (Oder) und die Ämter Odervorland sowie Schlaubetal mit Trinkwasser. Des Weiteren gibt es einen Wasserliefervertrag mit dem benachbarten Zweckverband Fürstenwalde zur Versorgung des Gebietes Briesen-Heinersdorf-Petershagen und Treplin. In diesem Versorgungsgebiet leben ca. 65.000 Einwohner.

Ein wesentlicher Teil des von der FWA am Wasserwerk Briesen gewonnenen Trinkwassers wird indirekt aus der Spree entnommen. Dies umfasst die Förderung von Uferfiltrat der Spree mit flussnahen Vertikalfilterbrunnen (Spreebogenfassung) und die Förderung von Grundwasser, welches künstlich mit Spreewasser angereichert wird, mit einer Heberbrunnenanlage (Zentralfassung). Beide Wasserfassungen fördern zudem Grundwasser aus der natürlichen Grundwasserneubildung.

Der hohe Anteil von spreebürtigem Wasser am Rohmischwasser des WW Briesen bedeutet, dass die Trinkwasserqualität von der Wasserqualität der Spree abhängig ist. Dies gilt vor allem für die Stoffe, die während des Aufbereitungsprozesses des Wasserwerkes (WW) nicht entfernt oder reduziert werden. Dazu gehört Sulfat, dessen Rohmischwasserkonzentration nahezu unverändert im Trinkwasser wiederzufinden ist.

Im Jahr 2008 überschritt die Sulfatkonzentration im Spreewasser erstmals einen Wert von 250 mg/l und lag bis Ende 2016 im Jahresmittel bei 280 mg/l (Abb. 1.1). Dieser Wert entspricht dem von der Arbeitsgruppe Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster-Lausitzer Neiße (AG FGB) festgelegtem Immissionsrichtwert am Pegel Neubrück. In den Folgejahren sank die Konzentration im Jahresmittel auf 230 mg/l, jedoch kam es immer wieder zur Überschreitung des Immissionsrichtwertes.

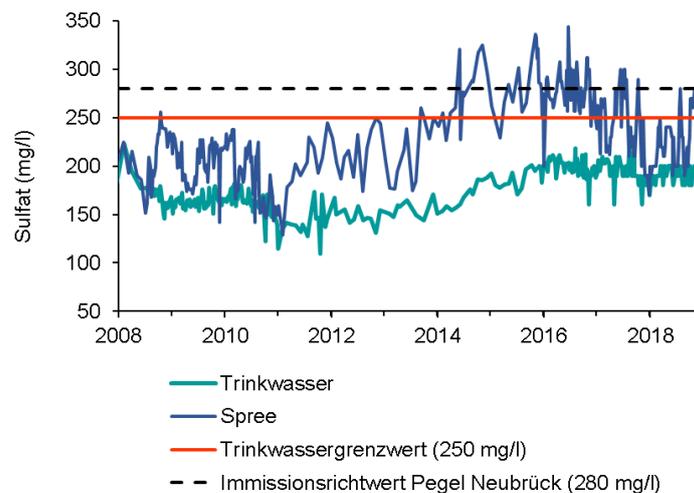


Abb. 1.1 Entwicklung der Sulfatkonzentration in der Spree und im Trinkwasser des WW Briesen

FWA konnte bis zum Jahr 2014 über die Steuerung der Grundwasseranreicherung die Trinkwasserkonzentration bei 150 mg/l Sulfat halten. Ab 2014 musste aufgrund der Neubildungsbedingt niedrigen Grundwasserstände an der Heberbrunnenanlage die Grundwasseranreicherung mit Spreewasser erhöht werden. Damit findet sich der Anstieg der Sulfatkonzentration im Spreewasser in den Jahren 2014 bis 2016 auch im Trinkwasser wieder (Abb. 1.1). Seit dem Jahr 2016 liegt die Sulfatkonzentration im Trinkwasser relativ konstant bei 195 mg/l \pm 10 mg/l.

Den vorliegenden Prognosen zur Sulfatkonzentration der Spree zufolge muss in der Dekade 2020–2030 auf Höhe des WW Briesen mit Konzentrationen zwischen 217 und 351 mg/l gerechnet werden (DHI WASY, 2019). Unter den gegebenen Förder- und Aufbereitungsmöglichkeiten sowie wasserhaushaltlichen Gegebenheiten besteht folglich die Gefahr, dass das Trinkwasser den Trinkwassergrenzwert von 250 mg/l überschreitet.

Das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie des Landes Brandenburg (MWAE) hat deshalb die GCI GmbH beauftragt, eine Risikoabschätzung für das WW Briesen bezüglich des chemischen Parameters Sulfat in Anlehnung an die DIN EN 15975-2:2013-12 „Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement, Teil 2: Risikomanagement“ vorzunehmen. Darauf aufbauend sollen mögliche Maßnahmen zur Beherrschung des Risikos vergleichend bewertet und eine Vorzugsvariante abgeleitet werden.

Es wurde folgendes Bearbeitungskonzept entwickelt, welches ausschließlich die Gefährdung der Trinkwasserversorgung durch den Parameter Sulfat bewertet. Andere Gefährdungen, beispielsweise Einschränkungen der Menge oder Beeinträchtigung durch geogen salinare Tiefenwässer, werden nicht betrachtet. Auf Basis der Darstellung der standortkonkreten Rahmenbedingungen des Trinkwasserversorgungssystems des WW Briesen hinsichtlich des Parameters Sulfat werden in einer Gefährdungsanalyse Betriebszustände und Sulfatereignisse der Spree herausgearbeitet, für die das Risiko einer Überschreitung des Grenzwerts für den Parameter Sulfat im Trinkwasser besteht (Gefährdungsszenarien). Für jedes Gefährdungsszenario wird mit Hilfe eines numerischen Grundwasserströmungsmodells und einer Mischungsrechnung aus Spreewasser- und Grundwasserkonzentration die zu erwartende Trinkwasserkonzentration bestimmt. Anschließend wird eine Risikoabschätzung vorgenommen, die jedes Gefährdungsszenario in eine Risikoklasse (gering, signifikant, hoch) einordnet. Anhand der Risikoklassen wird ermittelt, für welche Gefährdungsszenarien prioritär Maßnahmen zur Risikobeherrschung entwickelt werden müssen. Auf dieser Grundlage wird ein Maßnahmenkatalog zur Risikobeherrschung nach dem S-T-O-P-Prinzip erarbeitet und mit einer Nutzwertanalyse eine Vorzugsvariante abgeleitet, die zur Risikobeherrschung am besten geeignet ist.

Ergänzt wird die vorliegende Gefährdungsbeurteilung durch eine vom Ministerium für Soziales, Gesundheit, Integration und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MSGIV), Gesundheitsamt Frankfurt (Oder) und Gesundheitsamt Landkreis Oder-Spree durchgeführte Ermittlung der Gefährdungsbereiche, in denen

Personengruppen mit Trinkwasser versorgt werden, für die eine Überschreitung des Grenzwerts der Trinkwasserverordnung eine Gesundheitsgefährdung darstellen könnte (Kapitel 4). Weiterhin wird die Vorgehensweise bei Überschreitung des Trinkwassergrenzwerts dargestellt.

Die Betrachtung der rechtlichen Aspekte wurde vom MWAE und Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) bereitgestellt (Abschnitt 8.5).



2 Daten und Informationsgrundlage

2.1 Verwendete Daten und Datenqualität

Für die Gefährdungsbeurteilung wurden analog und digital verfügbare Unterlagen aus folgenden Quellen herangezogen:

- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Energie (MWAE)
- Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft mbH (FWA)
- Landesamt für Umwelt Brandenburg (LfU)
- Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR)
- Aqua-Kommunal-Service GmbH (AKS)
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Es wurden folgende Daten und Informationen berücksichtigt:

- Fördermengen am WW Briesen und WW Müllrose
- Wasserstandsdaten im Grund- und Oberflächenwasser
- Sulfatkonzentrationen im Grund-, Oberflächen-, Rein- und Rohwasser
- Berichte zum Sulfatprognosemodell (DHI WASY, 2017 und 2019)
- Wasserrechtliche Erlaubnisse der WW Briesen und Müllrose
- Betriebsregime des WW Briesen
- Maßnahmenzusammenstellung der FWA zur Beherrschung des Sulfatproblems
- Hydrogeologische Gutachten für die WW Briesen und Müllrose

Die Daten (insbes. chemische Analysen, Wasserstände und Mengen) wurden auf Plausibilität geprüft und vereinzelte Ausreißer berichtigt. Die räumliche und zeitliche Auflösung der Sulfatdaten ist im Bereich der Wasserfassungen (näherer An- und Abstrom) gut. Es fehlen allerdings Untersuchungen im weiteren Umfeld und in den tieferen Grundwasserleitern.

2.2 Verwendete Bezugssysteme

Als räumliches Lagebezugssystem wird das amtliche System ETRS89 / UTM Zone 33 Nord verwendet.

Die übergebenen Daten mit Höhenbezug basieren auf folgenden Höhensystemen:

1. FWA-Daten im Höhenstatus 150 (m HN; Höhensystem SNN76 der ehem. DDR, „Normalhöhe“)
2. Altdaten aus VEB Hydrogeologie (1987) im Höhenstatus 100 (m NN; ehem. Deutsches Haupthöhennetz 1912, „Normalnull“)
3. Daten von LfU und BfG im Höhenstatus 160 (m NHN, Deutsches Haupthöhennetz von 1992, „Normalhöhen-Null“).

Höhenstatus 100 (m NN) und 160 (m NHN) unterscheiden sich marginal. Die Höhenangaben im Höhenstatus 150 (m HN) sind im Gebiet von Briesen ca. 14 cm niedriger als in den Systemen NHN und NN (LUGV, 2011). In der vorliegenden Gefährdungsbeurteilung wird das von FWA verwendete Höhensystem HN (Höhenstatus 150) verwendet, um v. a. um FWA ein unkompliziertes Datenhandling im Fall einer Weiternutzung der gewonnenen Fachinstrumente zu ermöglichen. Die Höhenangaben der anderen Datenquellen wurden von NHN bzw. NN folgendermaßen umgerechnet:

$$\text{Höhe (HN)} \approx \text{Höhe (NN bzw. NHN)} - 14 \text{ cm} \quad (\text{Gl. 1})$$

Es wird empfohlen, dass FWA das aktuelle amtliche Höhensystem „m NHN“ einführt (seit 2017: „m NHN im DHHN2016“, Höhenstatus 170).

3 Rahmenbedingungen am Wasserwerk-Standort Briesen

3.1 Einleitung

In Anlehnung an die DIN EN 15975-2 werden die standortkonkreten Rahmenbedingungen des Versorgungssystems des WW Briesen hinsichtlich ihrer Einflüsse auf die Sulfatkonzentration im Reinwasser untersucht und beschrieben. Dies dient dazu, die Bedingungen zu identifizieren, welche die Gefährdung „Sulfatgrenzwertüberschreitung“ im zur Abgabe an den Verbraucher vorgesehenen Reinwasser gemäß Trinkwasserverordnung (TrinkwV) herbeiführen können.

3.2 Teilsystem Gewinnung

Das WW Briesen verfügt über zwei Wasserfassungen, die Zentralfassung (ZF) und die Spreebogenfassung (SF), deren Brunnen im unbedecktem Grundwasserleiter des Berliner Urstromtals verfiltert sind (Abb. 3.1).

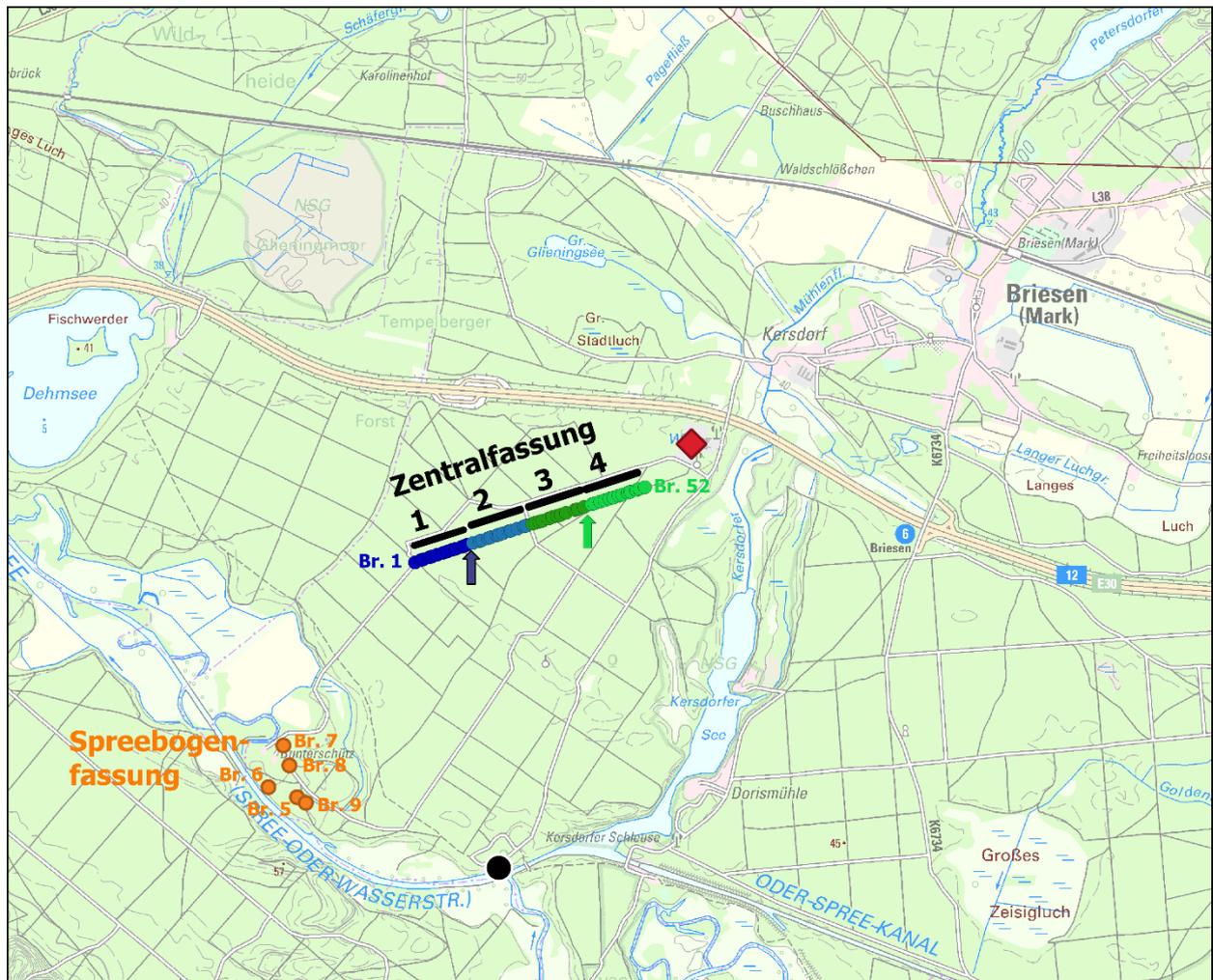
Bei der **Zentralfassung** handelt es sich um eine Heberbrunnenanlage. Die Wasserförderung mit einer solchen Anlage folgt dem Prinzip der kommunizierenden Röhren (DVGW, 2004). Die einzelnen Brunnen sind über eine gemeinsame Heberleitung mit einem Sammelbrunnen (SB) verbunden. Im Sammelbrunnen wird das Wasser gefördert und der Wasserstand im Schacht wird unter den Grundwasserstand abgesenkt. Dadurch entsteht ein Unterdruck und Wasser fließt von den einzelnen Brunnen über die Heberleitung in den Sammelbrunnen. Dieses Prinzip setzt einen Unterdruck in der Heberleitung voraus. Um einen Lufteintritt ins die Heberleitung zu verhindern, darf die Grundwasserabsenkung durch die Brunnen einen kritischen Punkt nicht unterschreiten.

Die Heberbrunnenanlage der Zentralfassung besteht aus 2 Sammelbrunnen, zu denen jeweils 2 Heberleitungen führen. Die Fassung ist linienförmig angeordnet und etwa 2 km lang. Um einem Druckabfall mit zunehmender Distanz entgegen zu wirken, wurde der Rohrdurchmesser der Heberleitungen mit zunehmender Distanz zum Sammelbrunnen verkleinert. Die Filtertiefe der Brunnen liegt zwischen 10 und 30 m unter der Geländeoberkante.

Bereits nach der Errichtung der Anlage Ende der 1960er Jahre zeigte sich, dass der technisch erforderliche Wasserstand bei alleiniger Nutzung des Grundwasserdargebots im Zuge vorhandenen Wasserbedarfs und unter den gegebenen hydrogeologischen Bedingungen dauerhaft nicht gewährleistet werden konnte. Daher wird seit den 1970er Jahren das Grundwasser über die Infiltration von Spreewasser künstlich angereichert. Dafür wurden 4 Infiltrationsbecken im Anstrom der Heberbrunnenanlage errichtet, welche über das Infiltrationspumpwerk mit Spreewasser beschickt werden.

Nach der wasserrechtlichen Erlaubnis dürfen an der ZF im jährlichen Mittel $21.500 \text{ m}^3/\text{d}$ (Q_{365}) gefördert werden. Der Grundwasseranteil an der Gesamtförderung der ZF darf maximal $6.700 \text{ m}^3/\text{d}$ betragen (diese Bestimmung beruht auf der Erkundung VEB Hydrogeologie, 1977). Das hydrogeologische Gutachten von AKS (2002) weist allerdings nur rund $2.000 \text{ m}^3/\text{d}$ als nutzbares Grundwasserdargebot aus, da sonst die Heberbrunnenanlage Gefahr läuft, trocken zu fallen.

Die **Sprebogenfassung** besteht aus 5 Vertikalfilterbrunnen (Abb. 3.1). Diese fassen Grundwasser und Uferfiltrat der Spree. Die erlaubte Entnahme ist auf 2.000 m³/d (Q₃₆₅) begrenzt, da die Fassung in der Nähe eines Entlastungsgebiets von geogen salinarem Tiefenwasser liegt (LBGR & AKS, 2018).



◆ WW Briesen

Zentralfassung

- Brunnen Heberstrang 1 ↑ Sammelbrunnen 1
- Brunnen Heberstrang 2 ↑ Sammelbrunnen 2
- Brunnen Heberstrang 3
- Brunnen Heberstrang 4

- Infiltrationsbecken
- Infiltrationspumpwerk

Sprebogenfassung

- Vertikalfilterbrunnen



Abb. 3.1 Übersicht der wasserwirtschaftlichen Anlagen des WW Briesen

3.3 Teilsystem Grundwasser

3.3.1. Geologie

Die Geologie im Bereich des WW Briesen ist geprägt von glazigenen Ablagerungen (Abb. 3.2). Das für die Wasserförderung relevante Süßwasserstockwerk setzt sich aus drei Grundwasserleitern (GWL) zusammen. Der obere GWL 1 ist unbedeckt und besteht aus weichselkaltzeitlichen Sanden. Der GWL 2 umfasst saalekaltzeitliche Sande sowie lokal Aufragungen tertiärer Sande. Beide GWL werden auf den Hochflächen durch einen saalekaltzeitlichen Geschiebemergel voneinander getrennt (Grundwasserstauer GWS a). Am Hochflächenrand im nordwestlichen Anstrom der Zentralfassung bildet der bis zu 50 m mächtige GWS a eine Schwelle aus, die den Grundwasserabfluss im GWL 1 nach Süden behindert. Im Urstromtal fehlt der GWS a großräumig, so dass die GWL 1 und 2 miteinander in Verbindung stehen. Im Liegenden des GWL 2 befindet sich ein Stauerkomplex aus elsterkaltzeitlichen Geschiebemergeln sowie undurchlässigen tertiären Schichten wie Braunkohle und Schluffen (GWS b). In diesem Stauerkomplex sind nach VEB Hydrogeologie (1987) grobkörnigere Bereiche eingebettet. Diese bilden jedoch keinen zusammenhängenden GWL und sind für das WW nicht relevant, weshalb sie hier keine weitere Berücksichtigung finden. Den untersten GWL im Süßwasserstockwerk bilden tertiäre Quarz- und Glimmersande (GWL 3). Der Rupelton trennt das Süßwasser- vom darunterliegenden Salzwasserstockwerk.

Die GWL 1 und 2 weisen wegen des komplexen geologischen Baus vor allem im Hochflächenbereich ausgedehnte Fehlstellen auf. Mehrere glazial angelegte Rinnen durchschneiden das Süßwasserstockwerk, die teilweise mit gering durchlässigem Material verfüllt sind (vgl. Abb. 3.2). Die Falkenberger Rinne und Briesener Rinne haben auch den Rupelton ausgeräumt, so dass hier die Möglichkeit für den Übergang von Salzwasser in das Süßwasserstockwerk gegeben ist (vgl. Konzeptionelles Modell in Abb. 3.2 und Lage der Rinnen in Abb. 3.3). LBGR und AKS (2018) belegten anhand von Grundwasseranalysen großflächig geogen salinar alkalisiertes Wasser im GWL 3. Dieses wird auch im GWL 2 nachgewiesen, was unterstützt, dass es zwischen den Stockwerken hydraulische Wegsamkeiten gibt.

Das geogen salinare Tiefenwasser steigt hauptsächlich an den Rinnenrändern auf. Im Bereich der Falkenberger Rinne gelangt es direkt bis in den GWL 2. Im Bereich der Briesener Rinne vermutet VEB Hydrogeologie (1987) den Aufstieg nur bis in den GWL 3. Der weitere Aufstieg in den GWL 2 erfolgt wahrscheinlich südöstlich der Ortslage Briesen über ein hydraulisches Fenster zwischen GWL 3 und 2 (vgl. schräge Schraffur in Abb. 3.3).

Im Bereich des Urstromtals befindet sich die Fürstenwalde-Gubener Störungszone. Die Störung verursacht einen tektonischen Versatz des Rupeltons. Der Versatz des Rupeltons ist allerdings nur dort hydrogeologisch relevant, wo er größer als die Rupelmächtigkeit ist (tektonisches Fenster). Fünf tektonische Fenster sind entlang der Störungszone unter der Spree nachgewiesen (VEB Hydrogeologie, 1987) (rote Linien in Abb. 3.3).

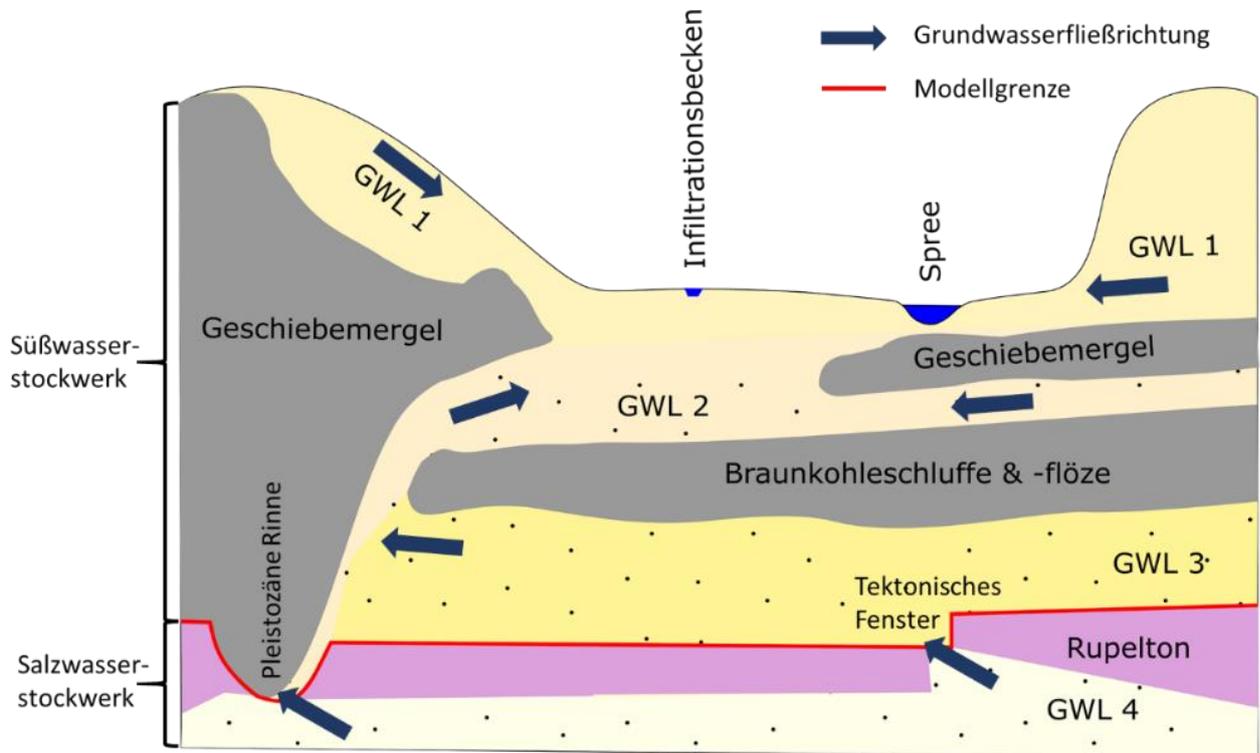
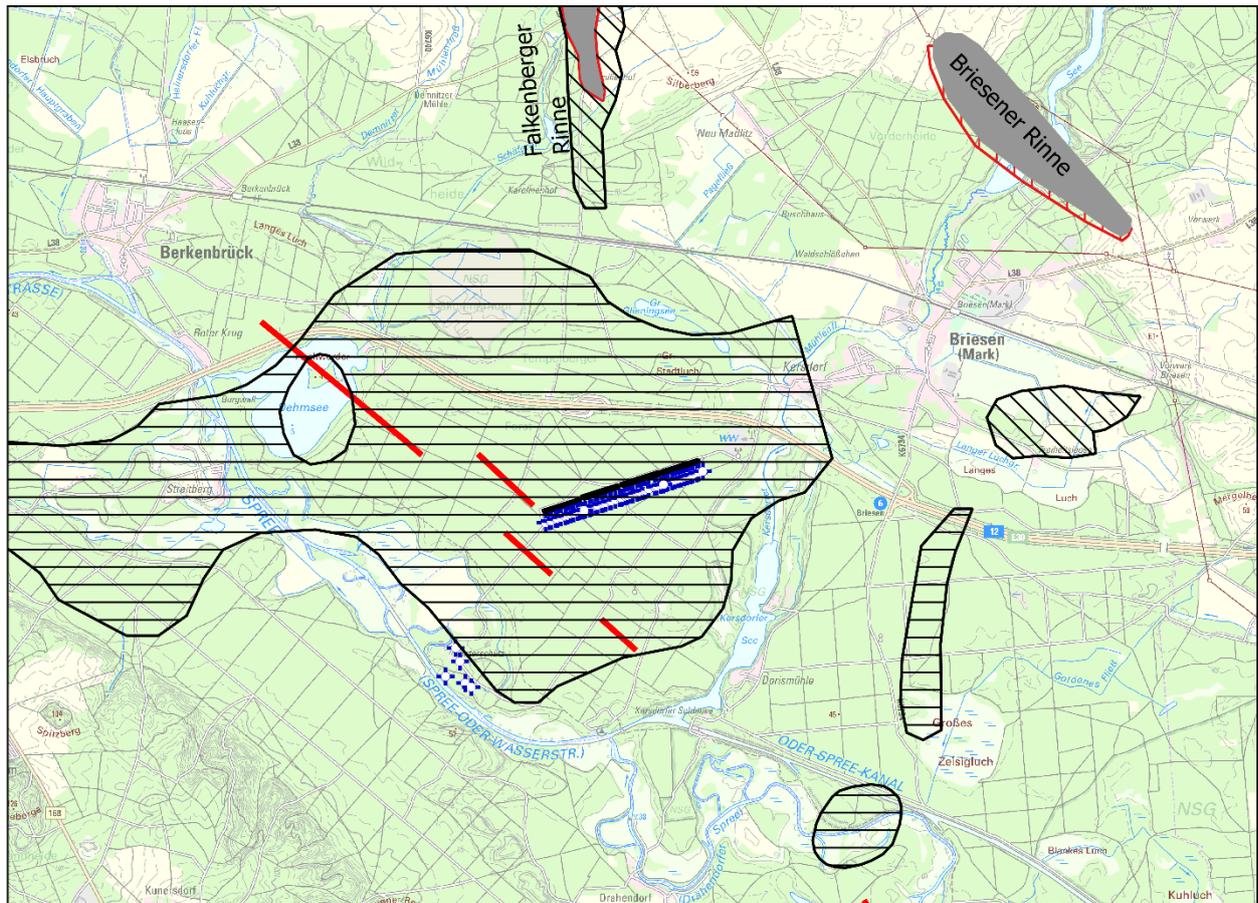


Abb. 3.2 Konzeptionelles geologisches Modell im Anstrom der Zentral- und Spreefassung des WW Briesen. Die Pfeile symbolisieren die vermuteten Fließwege des Grundwassers



- ⊕ Brunnen
- Infiltrationsbecken
- Pleistozäne Rinnen
- hydraulische Kommunikation**
- ▭ GWL 2 - GWL 1
- ▨ GWL 3 - GWL 2
- ▭ Salz - GWL 3
- Tektonische Fenster



Abb. 3.3 Hydraulische Kommunikationszonen zwischen den GWL und Lage der Rinnen sowie der tektonischen Fenster (schematisch auf Basis VEB Hydrogeologie 1987 / mdl. Mitteilung LBGR)

3.3.2. Großräumige Hydrodynamik

Im Süßwasserstockwerk (GWL 1 bis 3) strömt das Grundwasser von den Hochflächen im Norden und Süden in Richtung der Niederung des Urstromtals (Abb. 3.4). Die nach Nordwesten fließende Spree stellt die Hauptvorflut für die GWL 1 und 2 dar. Im GWL 3 ist die Hauptentlastung dagegen nach Südosten gerichtet. Nach VEB Hydrogeologie (1987) gibt es eine gute hydraulische Kommunikation zwischen dem GWL 1 und den Oberflächengewässern der Seenkette Madlitzer See – Petersdorfer See – Kersdorfer See sowie dem Kersdorfer Mühlengraben. Diese Gewässer schneiden tief in die nördliche Hochfläche ein und es kommt zu steilen Gradienten der Grundwasseroberfläche an den Gewässerrändern. LUGV (2013) nimmt an, dass der Madlitzer See einen Grundwasserspeisungsanteil von rund 90 % und der Peterdorfer See von rund 30 % hat. Der Kersdorfer See ist staureguliert und somit gibt es nur geringe Wasserstandsschwankungen im gesamten Fließabschnitt (Abb. 3.5). Über die hydraulische Anbindung der anderen Gewässer auf den Hochflächen an das Grundwasser ist wenig bekannt.

Die Einzugsgebiete der beiden Wasserfassungen erstrecken sich im GWL 1 nach Norden bis in den westlich der Seenkette Madlitzer See – Petersdorfer See – Kersdorfer See gelegenen Teil der Hochfläche. Der Anstrombereich des GWL 2 zu den Wasserfassungen wird durch eine Aufragung des GWS b im Norden der Zentralfassung begrenzt (Abb. 3.4). Die Verbreitung des Stauers wirkt als Wasserscheide zwischen dem Elbe- und dem Odereinzugsgebiet. Im GWL 3 weisen die Grundwassergleichen im Umfeld der Zentralfassung auf ein flaches Gefälle hin. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der GWL 3 hier über pleistozäne Rinnen mit dem darüberliegenden GWL kommuniziert und die Druckunterschiede in der Vertikalen ausgeglichen werden.

Der oberste GWL des Salzwasserstockwerks bildet nördlich der Spree eine Wasserscheide aus. Die Hauptfließrichtung dieses GWL ist im Untersuchungsgebiet von Süd nach Nord gerichtet.

Die Auswertungen zum GWL 1 von AKS im Rahmen des WW-Monitorings und von GCI für mittlere Wasserstände im Jahr 2016 bestätigen die von VEB Hydrogeologie (1987) dokumentierte Hydrodynamik des GWL 1.

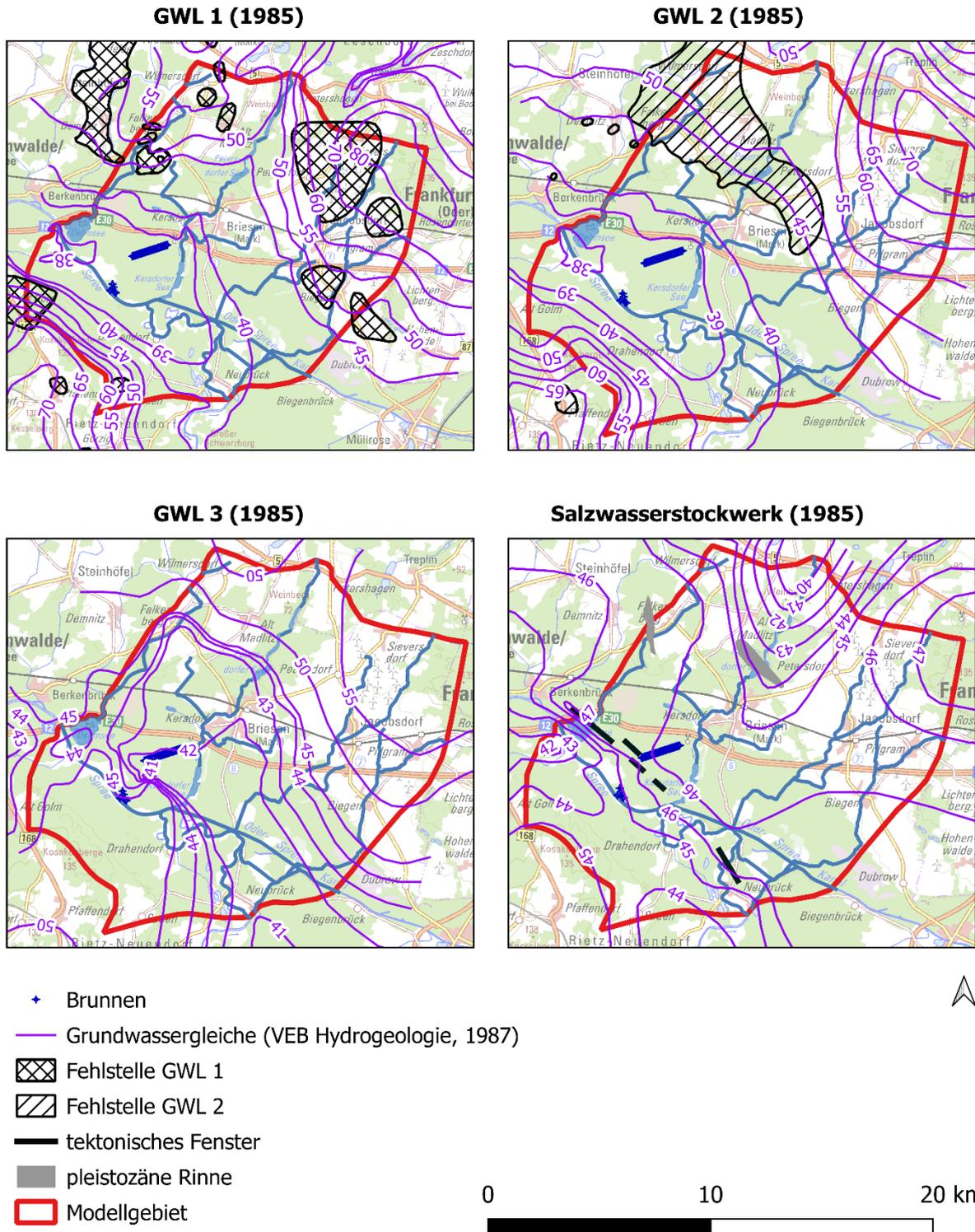


Abb. 3.4 Grundwassergleichenpläne aus VEB Hydrogeologie (1987) für die im vorliegenden Bericht berücksichtigten GWL und den obersten GWL des Salzwasserstockwerks.

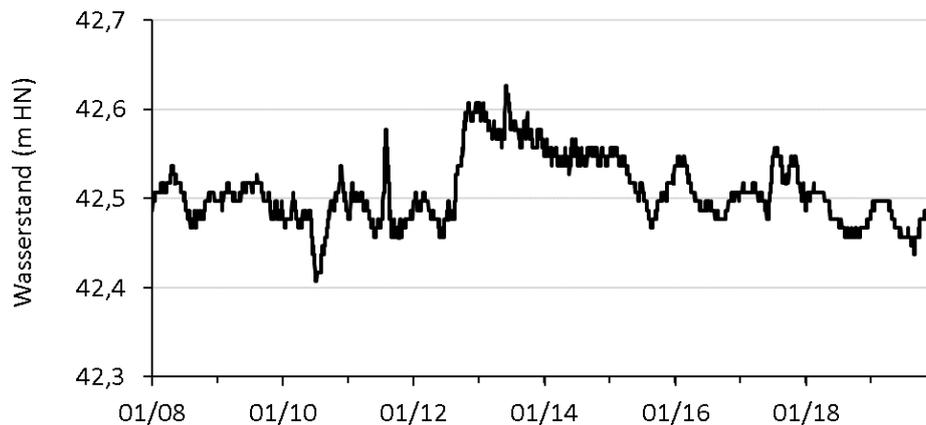


Abb. 3.5 Wasserstand im Kersdorfer Mühlenfließ am Pegel Briesen (Messnetz LfU, Pegelkennzahl: 5858400)

3.3.3. Hydrodynamik im Umfeld der Wasserfassungen

An 67 GWMS im Nahbereich der beiden Wasserfassungen des WW Briesen werden seit 2004 monatlich Grundwasserstände im GWL 1 gemessen. Die Entwicklung der Grundwasserstände ist vergleichbar mit derjenigen, die im Land Brandenburg beobachtet wird. So zeigen sich der Einfluss der landesweit hohen Grundwasserstände in den Wintern 2010 und 2011 sowie die daraufhin bis zum Jahr 2016 abnehmenden Wasserstände (Abb. 3.6). Auch die niedrigen Grundwasserstände der Trockenjahre 2018 und 2019 werden in den Ganglinien dokumentiert.

Die Ganglinien zeichnen den typischen innerjährlichen Gang von Messstellen nach, die im unbedeckten Grundwasserleiter verfiltert sind und neben der Grundwasserneubildung ggf. durch starke Niederschlagsereignisse, künstliche Infiltration oder die Vorflutwirkung beeinflusst werden. Aufgrund der Stauregulierung der Spree weisen die flussnahen Messstellen nur eine vergleichsweise geringe Dynamik auf. Eine markante Abweichung stellt das Hochwasser im Winter 2010/2011 dar (vgl. Spreepegel Schleuse Kersdorf UP und spreenahe GWMS 15 in Abb. 3.6). Je weiter die GWMS von der Spree entfernt liegen, desto höher sind die jahreszeitlichen Schwankungen der Grundwasserstände. Die Ganglinie der GWMS 59 (Abb. 3.6) ist ein Beispiel für eine ausschließlich durch die Grundwasserneubildung beeinflusste Messstelle. Hier wird die Grundwasserspiegelabsenkung in den Trockenjahren 2018 und 2019 deutlich. Die Ganglinie der südlich gelegenen GWMS 103 OP fällt dagegen gedämpfter aus, weil diese bereits im Einflussbereich der Infiltrationsbecken liegt. Ihre Entfernung zu den Becken beträgt ca. 500 m.

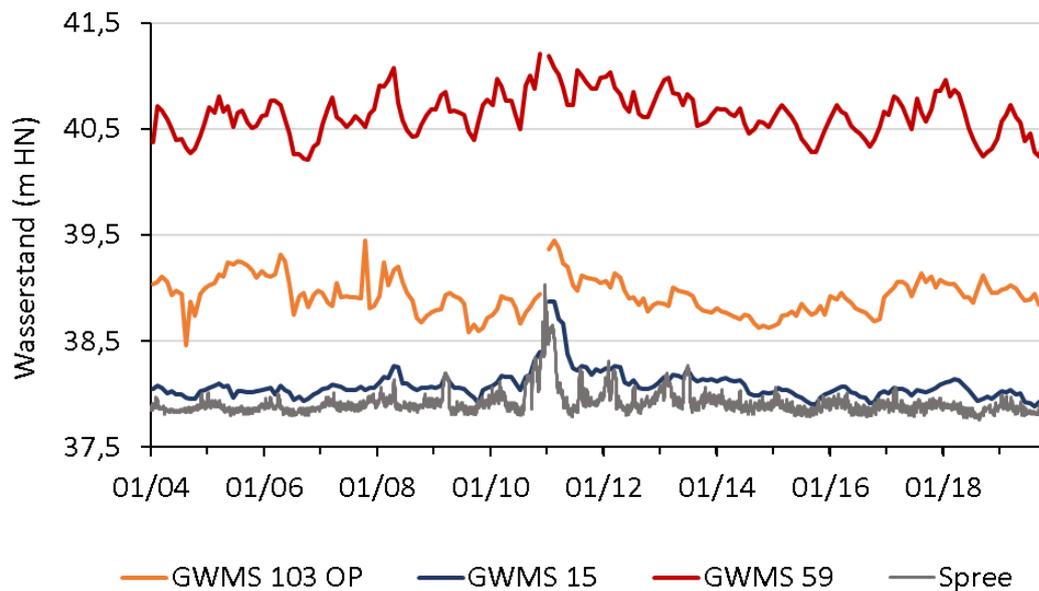


Abb. 3.6 Ganglinien ausgewählter Messstellen im Anstrom der Zentralfassung (GWMS 59 und GWMS 103 OP) und in deren Abstrom (GWMS 15) sowie Spreepegel am Unterpegel der Kersdorfer Schleuse

3.3.4. Sulfatkonzentrationen im Grundwasser

Die Höhe der Sulfatkonzentration im nicht durch Spreewasser beeinflussten Grundwasseranstrom der beiden Wasserfassungen ist relevant für den Wasserwerksbetrieb, da diese zur Verdünnung der Sulfatkonzentration im Förderwasser beiträgt (vgl. Kapitel 5).

Für die Auswertung stehen Analysen verschiedener Datenquellen (VEB Hydrogeologie (1987), LBGR, FWA) aus den Jahren 1967 bis 2004 zur Verfügung. In der Auswertung werden die jüngsten Messwerte von GWMS einbezogen, die sich im Einzugsgebiet der beiden Fassungen sowie in einem 2 km breiten Puffer darum befinden, dem Süßwasserstockwerk zuzuordnen sowie nicht von Spreewasser¹ beeinflusst sind. Eine Übersicht der Konzentrationsverteilung gibt Abb. 3.7. Die Verwendung eines Puffers ermöglicht auch eine bessere Beschreibung des GWL 2 und 3 sowie der südlichen Hochfläche.

Die Auswertung der Grundwasseranalysen von GWMS, die als nicht spreewasserbeeinflusst beurteilt werden, zeigt, dass sich die Sulfatgehalte im Süßgrundwasserstockwerk (GWL 1 bis 3) mehrheitlich zwischen 10 und 140 mg/l bewegen (10-Perzentil und 90-Perzentil des verwendeten Datensatzes). Dabei handelt es

¹ Die GWMS 2.2, 68, 71, 72, 72a, 101 OP, 102 OP, 103 OP, 111, 112 und 113/13 werden wegen ihrer infiltrationsbeeinflussten Sulfatgehalte nicht in diese Auswertung einbezogen.

sich um die Messwerte von 35 GWMS im GWL 1, 11 GWMS im GWL 2 und 9 GWMS im GWL 3. Die Konzentrationsspanne deutet darauf hin, dass der genutzte Grundwasservorrat weder über die Grundwasserneubildung aus Niederschlag noch über aufsteigendes Tiefenwasser mit höheren Sulfatfrachten beeinflusst wird. Dafür spricht auch die überwiegende Waldbedeckung der Einzugsgebiete der beiden Wasserfassungen. Vergleichbar ausgebaute GWMS (Lage im Wald, unbeeinflusstes Grundwasser) im Land Brandenburg weisen eine ähnliche Spannbreite der Sulfatkonzentration auf (LfU, 2016) und bestätigen die geringe Beeinflussung des Grundwasservorrates am Standort Briesen.

Für die Mischungsrechnungen im Rahmen der Risikoabschätzung (Kapitel 6 und 7) werden 50 mg/l Sulfat als repräsentative Konzentration für das „Teilsystem Grundwasser“ angesetzt. Dieser Wert entspricht dem Median der o. g. Analysen. Der Median unterscheidet sich kaum vom arithmetischen Mittelwert des Datensatzes (60 mg/l).

Ausblick

Da die hydrodynamischen Einzugsgebiete der beiden Wasserfassungen überwiegend von Wald bedeckt sind, muss, solange sich die Landnutzung im Einzugsgebiet nicht wesentlich ändert oder der atmosphärische Stickstoffeintrag nicht deutlich ansteigt, nicht mit einem Anstieg der Sulfatgehalte im Süßwasserstockwerk ausgehend von der Grundwasserneubildung aus Niederschlag gerechnet werden.

Allgemein führt der Stickstoffeintrag in Form von Nitrat im Sickerwasser bzw. Grundwasser zum irreversiblen Abbau von Pyrit (Eisensulfid), welches natürlicherweise in den pleistozänen Sanden des Süßwasserstockwerkes vorhanden ist. Dabei entsteht u. a. Sulfat. Nimmt der Stickstoffeintrag zu, nehmen auch die Sulfatgehalte im Grundwasser zu, zumindest solange Pyrit vorhanden ist. Diese Redoxreaktionsvorgänge treffen gleichermaßen auf landwirtschaftlich genutzte Gebiete wie auf Wälder zu, wobei der Stickstoffeintrag in der Landwirtschaft in der Regel ungleich höher ist, da zum atmosphärischen Stickstoffeintrag noch die Düngung hinzukommt.

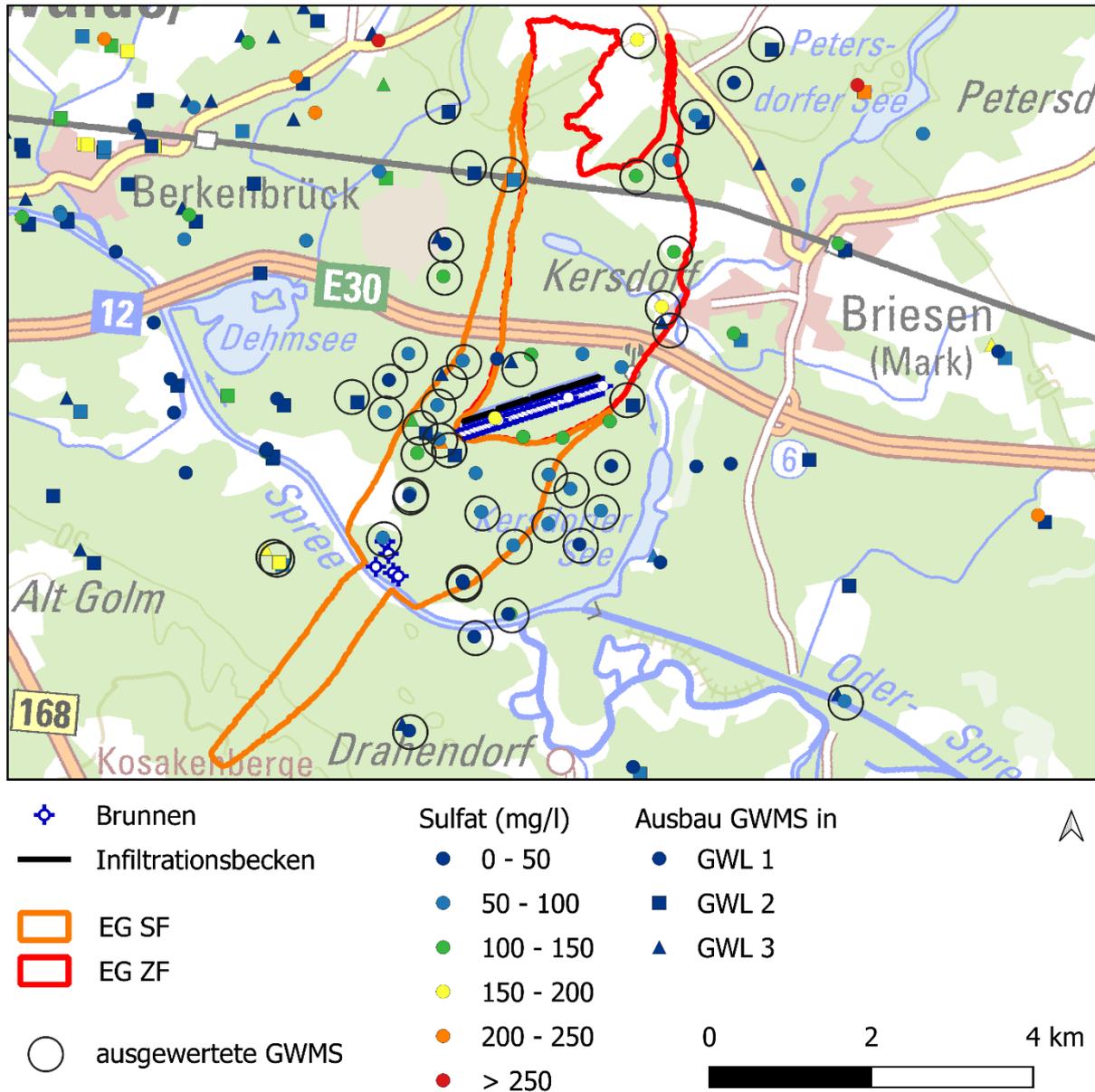


Abb. 3.7 Sulfatkonzentrationen im GWL 1 bis 3 im Zeitraum von 1967 – 2004 (Darstellung jüngste Analyse der jeweiligen GWMS)

3.4 Teilsystem Uferfiltrat

3.4.1. Technisches Vorgehen

Die Spreebogenfassung liegt ca. 1,7 km westnordwestlich des Infiltrationspumpwerks und 2,6 km südwestlich der Zentralfassung. Sie besteht aus 5 Vertikalfilterbrunnen (Brunnen-Nr. 5 bis 9). Die Brunnen weisen Filterlängen von 7 bis 10 m auf und sind im GWL 1 ausgebaut. Die Filter enden direkt über dem saalekaltzeitlichen Geschiebemergel (GWS a).

Bislang wird der Brunnen 7 kontinuierlich betrieben und die anderen Brunnen bedarfsweise im wechselnden Turnus hinzugeschaltet. Ab Oktober 2020 ist geplant, alle Brunnen über Frequenzsteuerung gleichmäßig, mit geringeren Förderraten gegenüber dem turnusmäßigen Betrieb zu betreiben. Damit wird eine Vergleichmäßigung der Anströmbedingungen im Umfeld der Uferfiltratbrunnen erreicht. Außerdem kann dadurch der Gefährdung einer geogenen Grundwasserversalzung an den Uferfiltratbrunnen vorgebeugt werden.

In Tab. 3.1 ist die Spanne der brunnenspezifischen Förderraten aufgeführt. Die maximale Gesamtleistung der fünf Brunnen liegt in der Größenordnung von 275 m³/h. Die Brunnen können ihre jeweilige maximale Einzelleistung folglich nicht bei parallelem Betrieb erzielen.

3.4.2. Fördermengen

Für die Spreebogenfassung liegen seit 1990 die Monatssummen und seit Oktober 2008 auch die Tagessummen der Förderung vor. Die Aufzeichnungen belegen, dass die Entnahmen seit dem Jahr 2009 relativ konstant sind und bei einem Mittel von 0,79 Mio. m³/a liegen (Abb. 3.8). Auch die seit 2008 vorliegenden Tagessummen verdeutlichen die relativ gleichmäßige Förderung ab dem Jahr 2009 (Abb. 3.9). Die Tagessummen bewegen sich in den Jahren 2009 bis 2019 zwischen 1.500 und 3.000 m³/d, wobei der Median in Höhe des Q₃₆₅ von 2.070 m³/d liegt. Eine Ausnahme bildet das Trockenjahr 2018, in dem der Median 2.500 m³/d beträgt.

Tab. 3.1 Minimale und maximale Förderrate der Brunnen der Spreebogenfassung

Brunnen	Q _{min} (m ³ /h)	Q _{max} (m ³ /h)
5	25	78
6	25	78
7	12	39
8	25	78
9	25	78

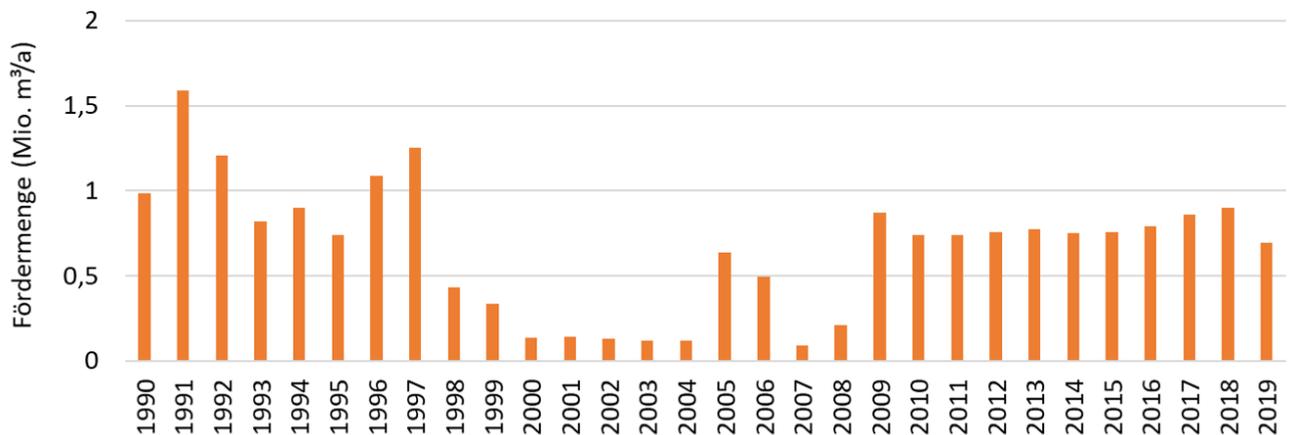


Abb. 3.8: Jahresfördermengen der Spreebogenfassung seit 1990 in m³/a (Jahr 2019 nur Januar bis Oktober)

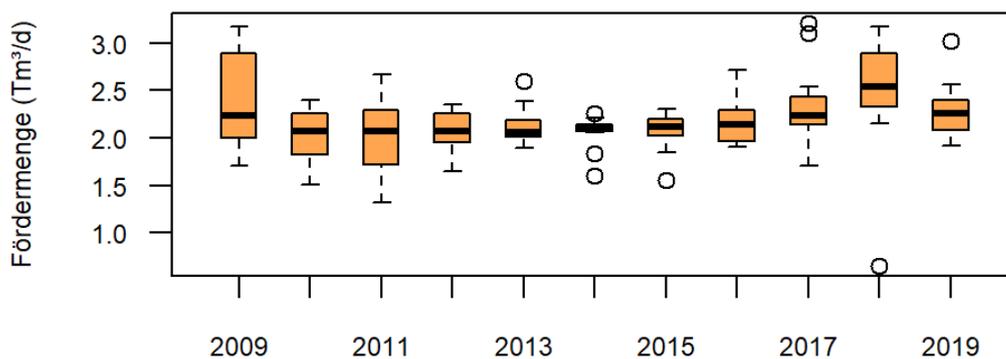


Abb. 3.9 Tagesfördermengen der Spreebogenfassung seit 2009 in T m³/d (Jahr 2019 nur Januar bis Oktober)

3.4.3. Sulfatkonzentration Spreebogenfassung

Die Sulfatkonzentrationen im Rohwasser der Brunnen liegen im Mittel zwischen 50 mg/l und 130 mg/l und nehmen tendenziell von Westen nach Osten hin zu (Abb. 3.10). Die Brunnen sind dabei von West nach Ost ausgerichtet (vgl. Lage in Abb. 3.1). Die Entfernung der Brunnen zur Spree und die mittleren Sulfatgehalte sind in Tab. 3.2 dargestellt. Die Ausbautiefe sowie die Filterlänge nehmen in der angegebenen Reihenfolge ab, weil die Basis des Grundwasserleiters nach Osten stärker aufragt. Gleichzeitig nimmt die Grundwasserüberdeckung ab und damit der zu vermutende Anteil von spreebürtigem Wasser zu.

Die Sulfatkonzentrationen der Brunnen 7 und Brunnen 8 weisen den Analysen ab 2004 zufolge relativ konstante und geringe Sulfatkonzentrationen auf, die in der Größenordnung der repräsentativen Konzentration für das „Teilsystem Grundwasser“ (50 mg/l, vgl. Abschnitt 3.3.4) liegen. Auch die Konzentration des Brunnens 6 ist bislang relativ konstant, jedoch auf einem höheren Niveau und mit größeren Schwankungen als in Brunnen 7 und 8. Die Sulfatkonzentrationen der Rohwasserproben von Brunnen 6 bewegen sich zwischen 61 und 103 mg/l, was auf unterschiedliche Anteile von spreebürtigen Wasser bei den einzelnen Probennahmen schließen lässt. Diese sind abhängig davon, ob und in welchem Umfang der Brunnen vor der Probennahme in Betrieb war.

Der Brunnen 5 zeichnet mit einer zeitlichen Verzögerung von ca. 2,5 Jahren den im Spreewasser seit 2008 zu beobachtenden Konzentrationsanstieg nach (kurzzeitige Unterbrechung in 2010 im Spreewasser bzw. 2012 in Br. 5). Seit 2014 steigen die Konzentrationen im Rohwasser des Brunnens 5 auf über 100 mg/l und liegen seit 2017 bei ca. 125 mg/l. Der im Jahr 2016 in Betrieb genommene Brunnen 9 weist ähnliche Sulfatgehalte wie Brunnen 5 auf.

Tab. 3.2 Anordnung der Vertikalfilterbrunnen an der Spreebogenfassung von West nach Ost und deren mittlere Sulfatkonzentration

Brunnen (von West nach Ost)	Distanz zur Spree (m)	Filter-OK (m HN)	Filter-UK (m HN)	Mittelwert Sulfat (mg/l)
7	300	17,3	7,1	46
8	300	16,7	10,7	66
6	60	20,9	15,9	80
5	150	24,3	16,3	bis 2013: 78 ab 2013: 122
9	150	27,5	21,6	126

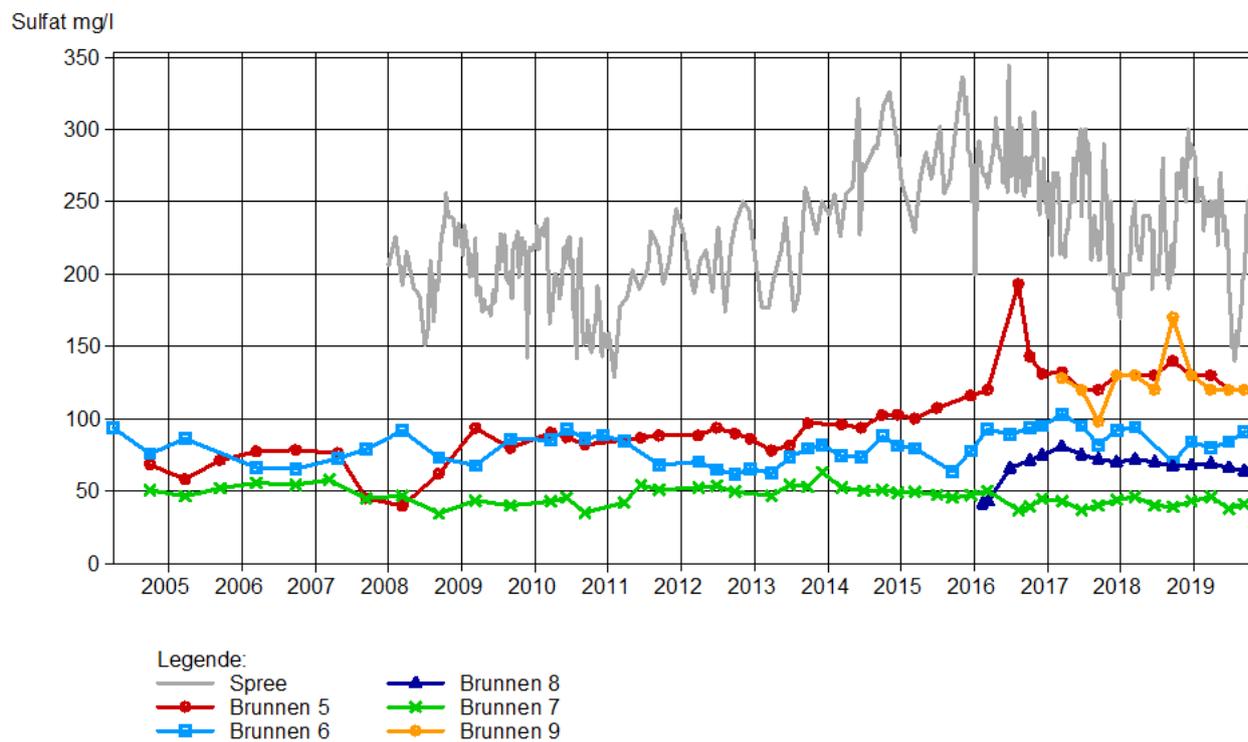


Abb. 3.10 Entwicklung der Sulfatkonzentrationen an den fünf Vertikalfilterbrunnen der Spreebogenfassung

3.5 Teilsystem Grundwasseranreicherung

3.5.1. Technisches Vorgehen

Für die Infiltration des Spreewassers stehen vier Versickerungsbecken zur Verfügung, welche etwa 150 m nördlich der Heberbrunnenanlage der Zentralfassung angelegt wurden (Abb. 3.11). Sie haben im Durchschnitt eine Fläche von 10.000 m², wobei das kleinste Becken 9.000 m² (Becken 1) und das größte Becken 11.000 m² (Becken 4) groß ist (Tab. 3.3).

Die Becken sind ursprünglich als Pflanzbecken konzipiert worden, damit das Spreewasser zusätzlich zur Filterwirkung der Versickerungszone und der anschließenden Grundwasserpassage gereinigt wird (VEB Hydrogeologie, 1977). Die Verdunstung der Pflanzen reduziert allerdings die Menge des Infiltrats, weshalb die Becken, die einen dichten Pflanzenbestand aufwiesen, nicht vollständig mit Wasser gefüllt wurden. Dies wiederum hatte zur Folge, dass das Spreewasser in der Vergangenheit nicht über die gesamte Fläche des jeweiligen Beckens infiltriert wurde.

Im Frühjahr 2020 ist bei allen Becken die Pflanzendecke entfernt worden. Außerdem wurde ein Gefälle in den Becken ausgehend von den Einleitstellen erzeugt, so dass nunmehr jeweils über die gesamte Fläche eines Beckens infiltriert werden kann. Die Grundwasserfließzeit zwischen den Becken und Heberbrunnen beträgt mehr als 50 Tage, weshalb der Pflanzenbewuchs der Becken als zusätzlicher Filter nicht erforderlich erscheint.

Um eine Kolmation der Becken durch Schwebstoffe des Spreewassers zu vermeiden, müssen sie regelmäßig regeneriert werden. Erfahrungsgemäß müssen dazu die obersten 10 cm Sedimentschicht abgetragen werden. Das Sediment wird auf dem Wasserwerksgelände gesiebt, gewaschen und dann wieder im Becken verteilt. Dieser Reinigungsvorgang nimmt für ein Becken ca. 2–3 Monate in Anspruch. Bis dato wurden die Becken jeweils im zeitlichen Abstand von 2 bis 3 Jahren regeneriert (Tab. 3.4).

Tab. 3.3 Kennzahlen der vier Infiltrationsbecken

Infiltrationsbecken	Länge (m)	Breite (m)	Fläche (m ²)
1	403	20	7.900
2	407	25	9.960
3	426	25	10.800
4	428	27	11.600

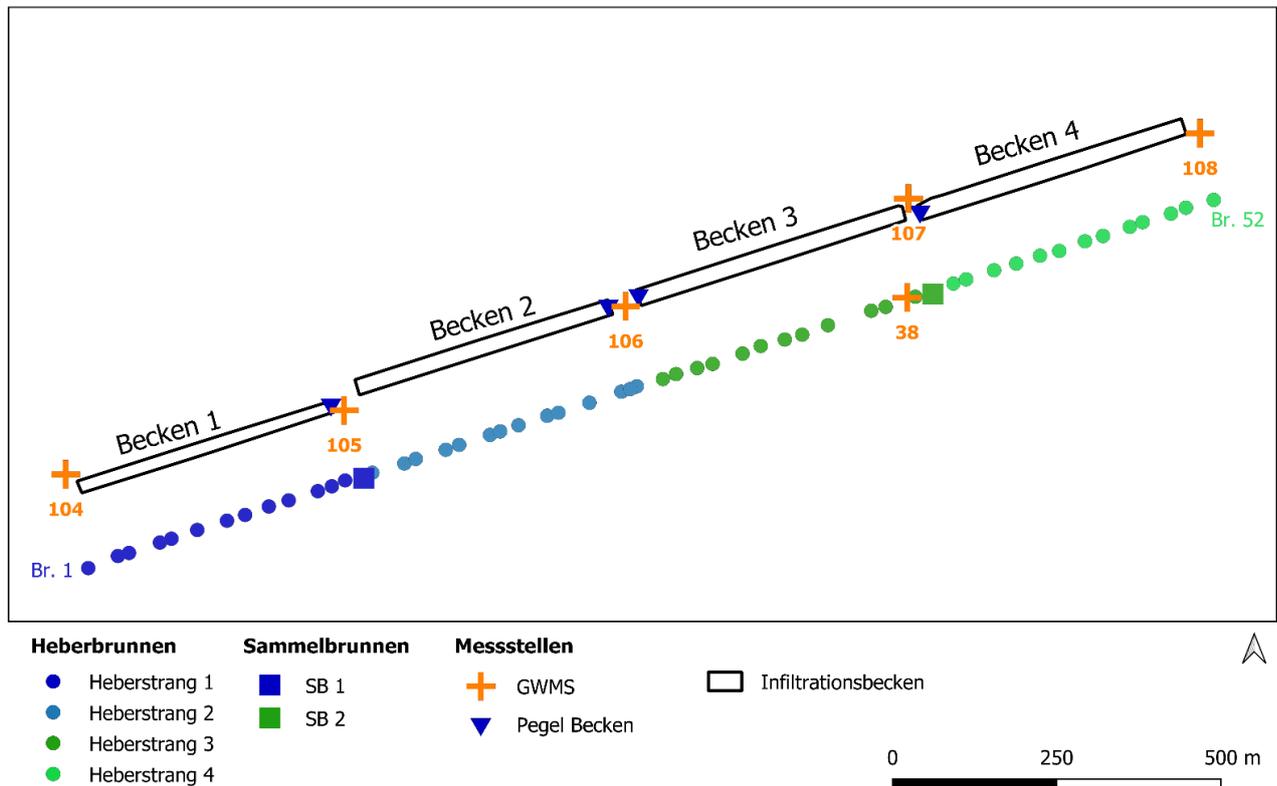


Abb. 3.11 Lage der Infiltrationsbecken und der Heberbrunnenanlage der Zentralfassung. In orange dargestellt sind die GWMS, für die tägliche Messungen vorliegen. Die Einleitstellen befinden sich in Nähe der jeweiligen Beckenpegel

Tab. 3.4 Übersicht über die zeitliche Abfolge der Regenerierung der einzelnen Becken

Infiltrationsbecken	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
1	X			X	X	X	X				X				X
2		X	X		X	X	X		X	X		X			X
3	X		X	X			X	X					X		
4		X	X	X			X							X	

Am Infiltrationspumpwerk (Abb. 3.1) wird das Wasser der Spree mit einem Rechen von Grobmaterial gereinigt und dann von zwei Pumpen über eine ca. 3 km lange Druckrohrleitung zu den Infiltrationsbecken

befördert. Die Leitung verläuft südlich der Becken und hat einen Zulauf zu jedem Becken. Der Zulauf wird so gesteuert, dass ein Wasserstand von 9 bis 11 cm über dem Beckengrund gehalten wird. Dies wird durch regelmäßige Wasserstandsmessungen (alle 2 Tage) an Pegeln in den Becken (blaue Dreiecke in Abb. 3.11) überprüft. Der Zulauf zu den Becken befindet sich jeweils in der Nähe der Beckenpegel.

Die Infiltrationsmenge hängt vom Wasserbedarf und dem Grundwasserstand an den Brunnen ab. Der Grundwasserstand darf nicht tiefer als 2,9 m unter Schachtoberkante der Sammelbrunnen liegen, da es andernfalls zum Ausfall der Heberbrunnenanlage (Luftzutritt) kommen kann. FWA lässt die erforderliche Infiltrationsmenge regelmäßig abschätzen. Dazu wird die Dynamik der täglich erhobenen Grundwasserstände im Nahbereich der Infiltrationsbecken (Abb. 3.11) beobachtet. Abnehmende Grundwasserstände führen zu einer entsprechenden Erhöhung der Infiltrationsmenge.

3.5.2. Fördermenge und Infiltrationsmenge von Spreewasser

Die jährliche Gesamtförderung der Zentralfassung schwankt seit 1990 zwischen 3,4 und 5,2 Mio. m³/a (Abb. 3.12, gelbe Säulen). Ab dem Jahr 2000, in dem 5,2 Mio. m³/a gefördert wurden, geht die Entnahme auf 3,7 Mio. m³/a im Jahr 2013 zurück und liegt dann relativ konstant bei mittleren 3,8 Mio. m³/a. Infolge des trockenen Sommers stieg die Fördermenge im Jahr 2018 auf 4,1 Mio. m³/a. Die Datenreihe für das Jahr 2019 liegt nicht vollständig vor.

Der Anteil des infiltrierten Spreewassers (kurz „Infiltrationsmenge“) an der Fördermenge der Zentralfassung beträgt im langjährigen Mittel des Zeitraums 1991 – 2018 ungefähr 87 % (Abb. 3.12, rote Linie). Der Anteil schwankt jedoch in den einzelnen Jahren deutlich (schwarze Linie):

- bis 2007 liegt der Anteil der Infiltrationsmenge an der Förderung im Mittel bei 97 %, wobei er in den Jahren 1991, 1996, 1997, 1998 und 2005 mehr als 100 % beträgt, weil die Infiltrationsmenge höher ist als die Entnahme
- 2007 bis 2011 nimmt der Anteil der Infiltration kontinuierlich ab und beträgt 2011 minimal 57 %
- ab 2012 wurde die Infiltrationsmenge wieder gesteigert, so dass im Jahr 2019 gleich viel Wasser infiltriert wie gefördert wird (Anteil Infiltrationsmenge ca. 100 %).

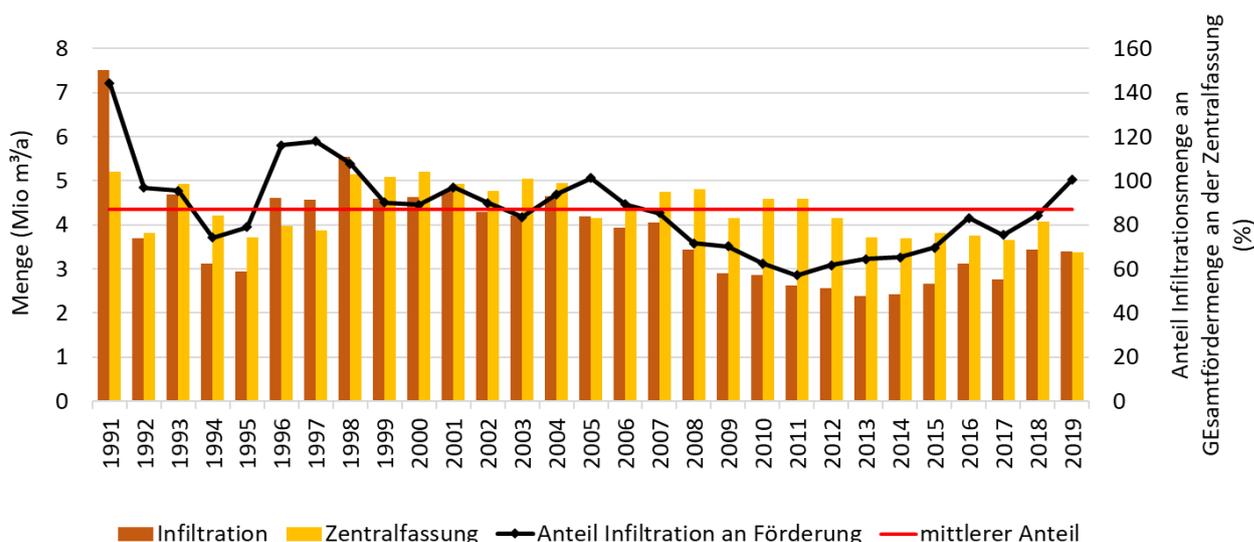


Abb. 3.12 Gesamtförderung der Zentralfassung und Infiltrationsmenge von Spreewasser (Mio. m³/a) sowie prozentualer Anteil des Infiltrationswassers an der Gesamtförderung und dessen Mittelwert im Zeitraum 1991 bis Oktober 2019

3.5.3. Sulfatkonzentrationen im Spreewasser

Die Entwicklung der Sulfatkonzentration in der Spree kann von Januar 2008 bis Juni 2020 in drei Zeiträume unterschiedlicher Konzentrations-Niveaus eingeteilt werden, wobei in den Jahren 2015 und 2016 Konzentrationen über 300 mg/l Sulfat gemessen wurden:

1. 2008–2013: im Mittel 210 mg/l Sulfat. 2 der 168 Analysen überschreiten 250 mg/l (Grenzwert TrinkwV). Der Mittelwert war 2010 und 2011 etwas niedriger, was auf die Verdünnung des Spreewassers mit sulfatärmeren Grundwasser in den sehr Neubildungsreichen Jahren zurückzuführen sein dürfte.
2. 2014–2016: im Mittel 277 mg/l Sulfat. 89 der 101 Analysen überschreiten 250 mg/l und 43 den Immissionsrichtwert von 280 mg/l am Pegel Neubrück.
3. 2017–2020: im Mittel 235 mg/l Sulfat. 47 der 176 Analysen überschreiten 250 mg/l und 8 den Immissionsrichtwert am Pegel Neubrück. Der Rückgang der Sulfatkonzentration in den trockenen Sommern 2018 und 2019 ist wahrscheinlich auf *die geringeren Abflüsse in der Spree unterhalb des Spreewaldes im Zusammenhang mit Verdünnungseffekten aus Nebeneinzugsgebieten der Spree* zurückzuführen.

Die innerjährliche Amplitude der Konzentration liegt zwischen 75 mg/l und 140 mg/l (Abb. 3.13).

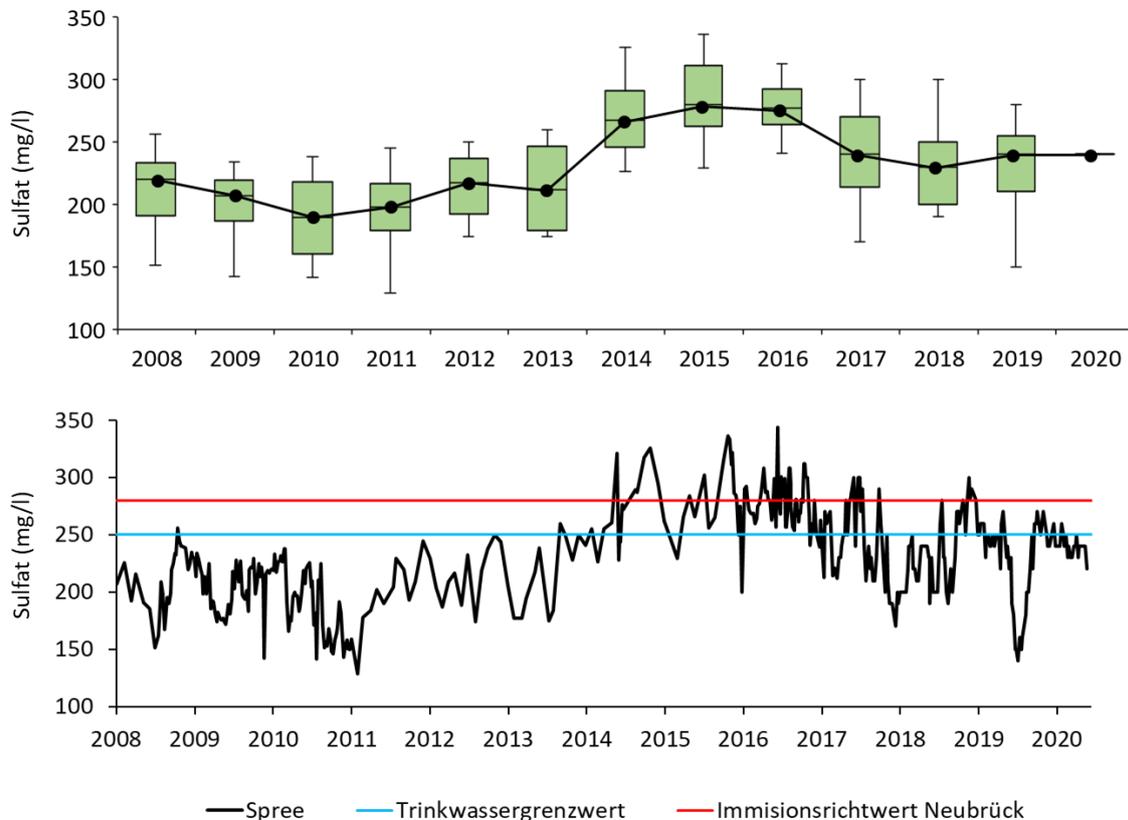


Abb. 3.13 Entwicklung der Sulfatkonzentration im Spreewasser

3.5.4. Sulfat-Konzentrationen im Rohwasser der Zentralfassung und „Großversuch Sulfat“

Um die Sulfatkonzentration im Rohwasser der Zentralfassung und damit im Reinwasser trotz des zu beobachtenden Sulfatanstiegs im Spreewasser möglichst dauerhaft unter 200 mg/l zu halten, führte FWA zwischen Oktober 2008 und Mai 2015 den „Großversuch Sulfat“ durch. Dabei wurden hauptsächlich die Becken 1 und 2 mit Spreewasser beaufschlagt (Abb. 3.14). Der Sammelbrunnen 1 sollte überwiegend durch Spreewasser beeinflusstes Grundwasser und der Sammelbrunnen 2 sulfatarms Wasser aus dem natürlichen Grundwasserzustrom fördern. Die Infiltrationsmenge wurde zwischen 2008 und 2013 kontinuierlich reduziert, um der Überschreitung des Konzentrationsziels 200 mg/l Sulfat entgegenzuwirken (Abb. 3.15). Als die Grundwasserstände zu stark sanken und die Heberbrunnenanlage auszufallen drohte, musste wieder mehr Spreewasser infiltriert werden. Im Juni 2015 wurde der Versuch aufgrund zu niedriger Grundwasserstände eingestellt. Alle vier Becken sind anschließend wieder zur Infiltration herangezogen worden (Abb. 3.14).

Letztlich zeigte der Großversuch, dass der Wasserbedarf bei verminderter Infiltration unter den gegebenen technischen Voraussetzungen bereits bei mittleren Grundwasserständen, wie sie 2015 herrschten, nicht

mehr gedeckt werden kann. Es gelang jedoch zwischen 2008 und 2015, die Sulfatkonzentration im Reinwasser relativ konstant unter 200 mg/l zu halten (Abb. 1.1).

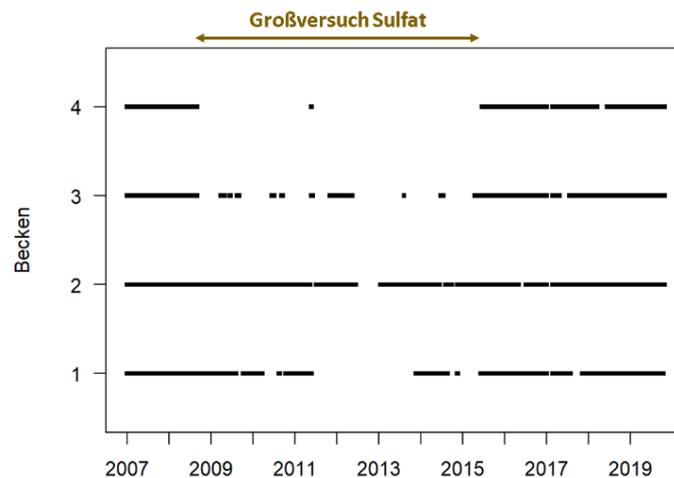


Abb. 3.14 Beckenbetrieb im Zeitraum Januar 2007 bis Oktober 2019. Die schwarze Linie markieren die Zeiträume, in denen die einzelnen Becken mit Wasser gefüllt waren. Von September 2008 bis Juni 2015 lief der „Großversuch Sulfat“

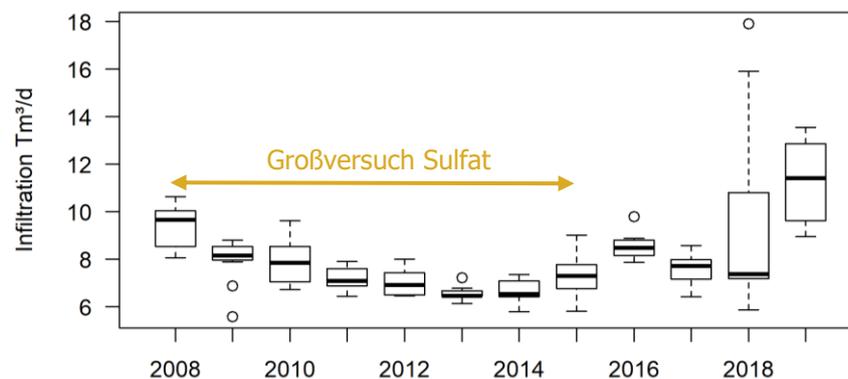
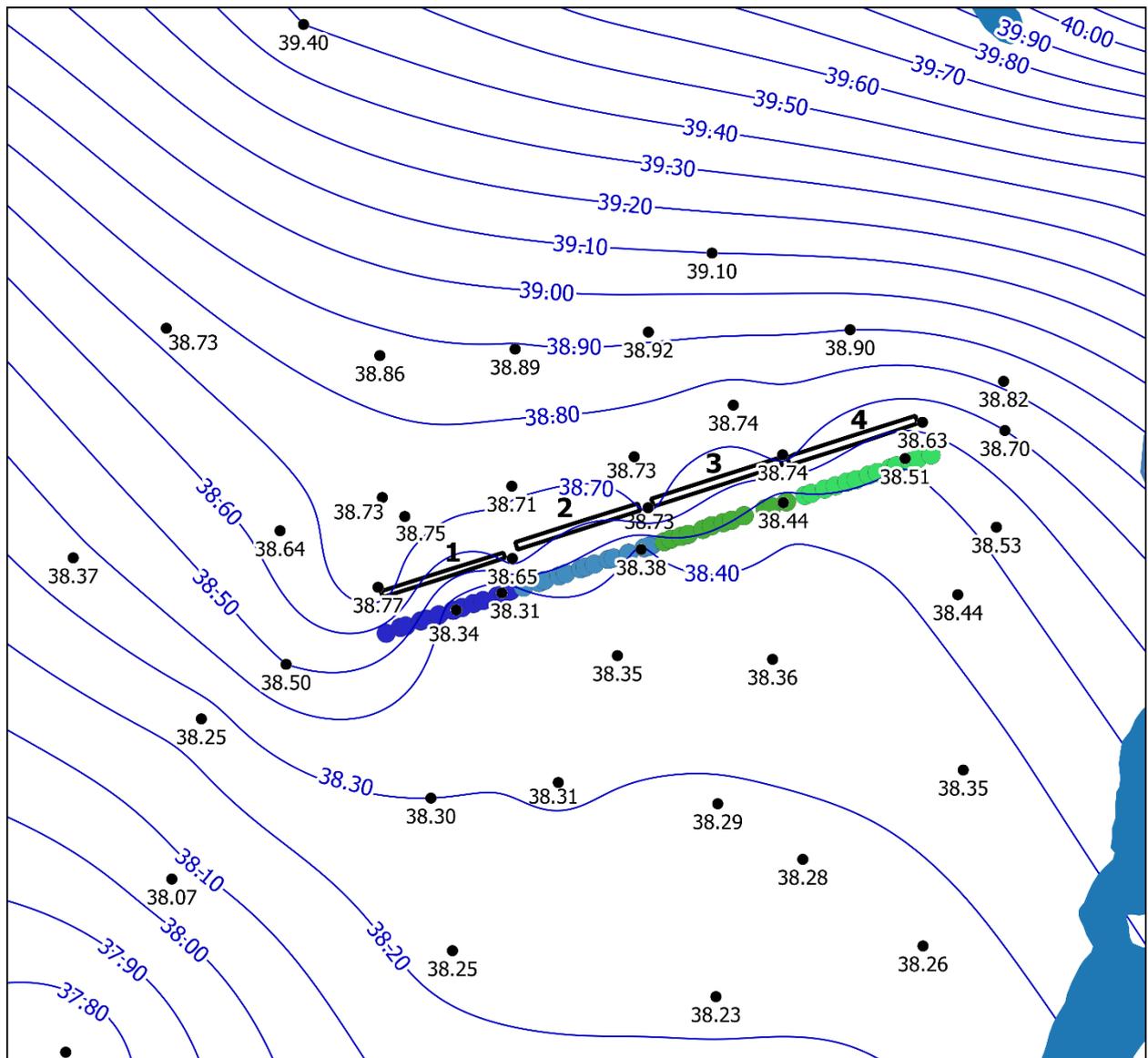


Abb. 3.15 Spannweiten der monatlichen Infiltrationsmengen für den Zeitraum 2008 bis Oktober 2019

Die Grundwassergleichen im Anstrom der Zentralfassung verlaufen bei gleichmäßiger Infiltration auf alle vier Becken im Wesentlichen parallel zur Ausrichtung der Heberbrunnenanlage und der Becken (vgl. Zustand 2016 in Abb. 3.16). Die einseitige Beschickung von ausschließlich zwei der vier Infiltrationsbecken bei gleichzeitiger Förderung mit der gesamten Heberbrunnenanlage führt zu einer starken lokalen Beeinflussung der Grundwasserströmung im Umfeld der Zentralfassung. Im Falle einer hohen Infiltration in die

Becken 1 und 2 sowie einer gleichmäßigen Förderung der beiden Sammelbrunnen entsteht eine hydraulische Toplage im Anstrom von Becken 2, wie sie zum Beispiel im Februar 2009 während des Großversuchs zu beobachten war (Abb. 3.17). Dies hat zur Folge, dass sich sulfatreiches Infiltrationswasser bis zu 500 m in nördliche Richtung zur Zentralfassung ausbreitet. Unter diesen Gegebenheiten ist es nicht auszuschließen, dass die Grundwasseraufhöhung den natürlichen Grundwasserzustrom abschirmt und außerdem Infiltrationswasser seitlich an der ZF vorbeifließen kann (vgl. Abb. 3.17).



- GWMS (Messwert Apr 2016)
- Grundwassergleiche
- Infiltrationsbecken
- Heberstrang 1
- Heberstrang 2
- Heberstrang 3
- Heberstrang 4



Abb. 3.16 Grundwassergleichenplan im Bereich der Zentralfassung vom April 2016

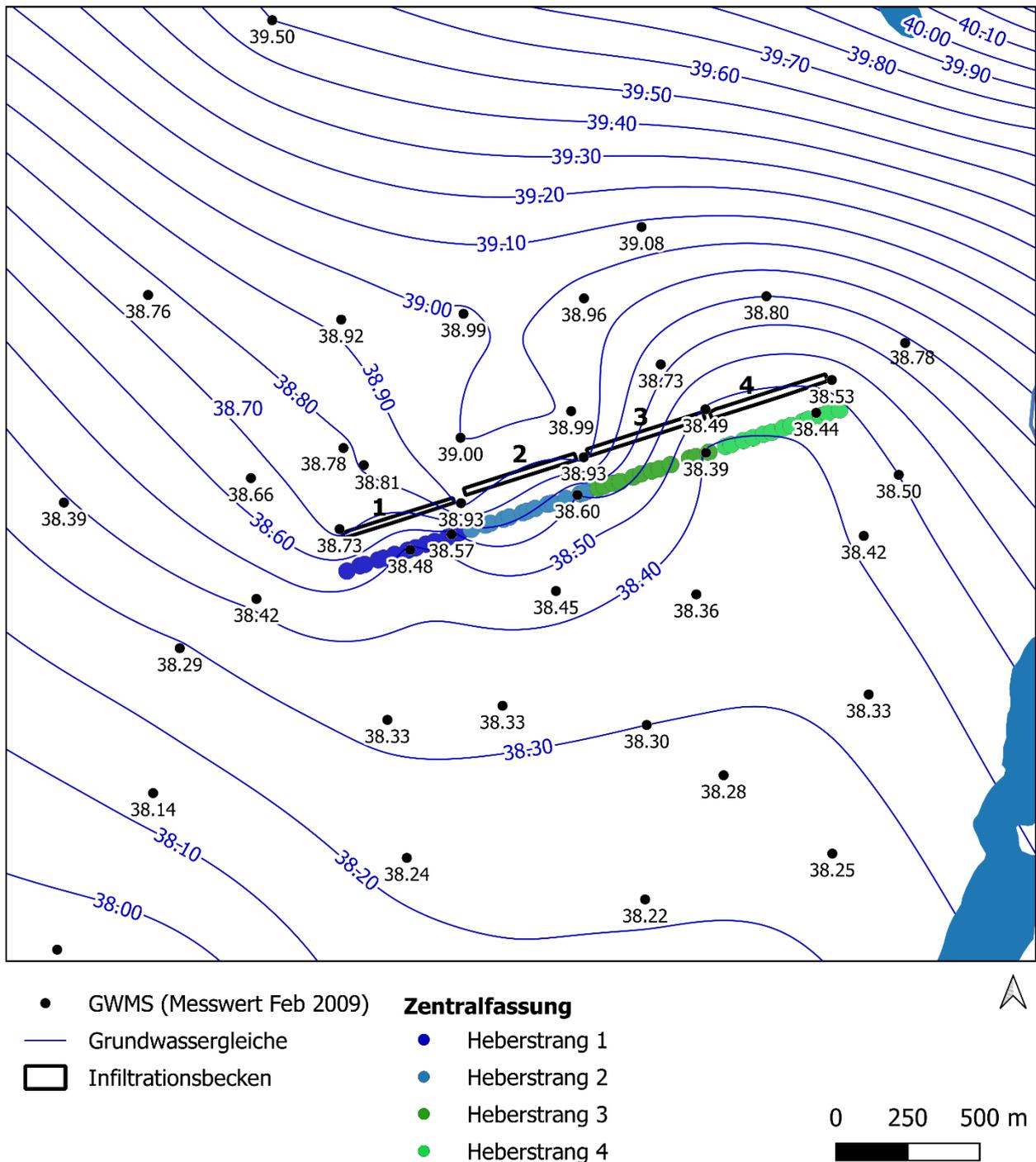


Abb. 3.17 Grundwassergleichenplan im Bereich der Zentralfassung vom Februar 2009

Vor dem Start des „Großversuchs Sulfat“ im Oktober 2008 ist die Sulfatkonzentration im Sammelbrunnen 1 mit durchschnittlich 10 mg/l unbedeutend höher als im Sammelbrunnen 2 (Abb. 3.18). Die Konzentrationsganglinien laufen vor dem Jahr 2008 parallel, was zeigt, dass die Sammelbrunnen in ähnlicher Weise von

der Infiltration beeinflusst waren, d. h. alle Becken zur Infiltration genutzt wurden. Während des Großversuches, in dem hauptsächlich nur die Infiltrationsbecken 1 und 2 im Anstrom des Heberstrangs des Sammelbrunnens 1 genutzt wurden, divergieren die Konzentrationen der beiden Sammelbrunnen immer weiter. Die Differenz beträgt bis zu 150 mg/l. Während die Sulfatkonzentration im Sammelbrunnen 1 wie die Konzentration im Spreewasser ansteigt und im Herbst 2014 mehr als 250 mg/l zeigt, geht die des Sammelbrunnens 2 bis Anfang des Jahres 2014 auf 113 mg/l zurück.

Die zwischenzeitlich höheren Konzentrationen im Sammelbrunnen 2 (September 2010, Juni 2012 und September 2013) lassen sich auf eine zeitlich begrenzte Infiltration in Becken 3 zurückführen, während die Becken 1 und 2 regeneriert wurden.

Ab Oktober 2015, also mit Inbetriebnahme aller Becken nach Ende des Großversuchs, steigt auch die Sulfatkonzentration im Sammelbrunnen 2 auf 200 mg/l an und bleibt anschließend auf diesem Konzentrationsniveau. Die Konzentration des Sammelbrunnens 1 ist seit 2015 mit durchschnittlich 233 mg/l im Mittel 40 mg/l höher als im Sammelbrunnen 2.

Sechs Grundwassermessstellen im nördlichen und östlichen Anstrom auf die Zentralfassung werden seit dem Jahr 2000 einmal pro Jahr auf Sulfat untersucht (GWMS 62, 68, 101 OP, 102 OP, 103 OP und 113/13; Lage in Abb. 3.19).

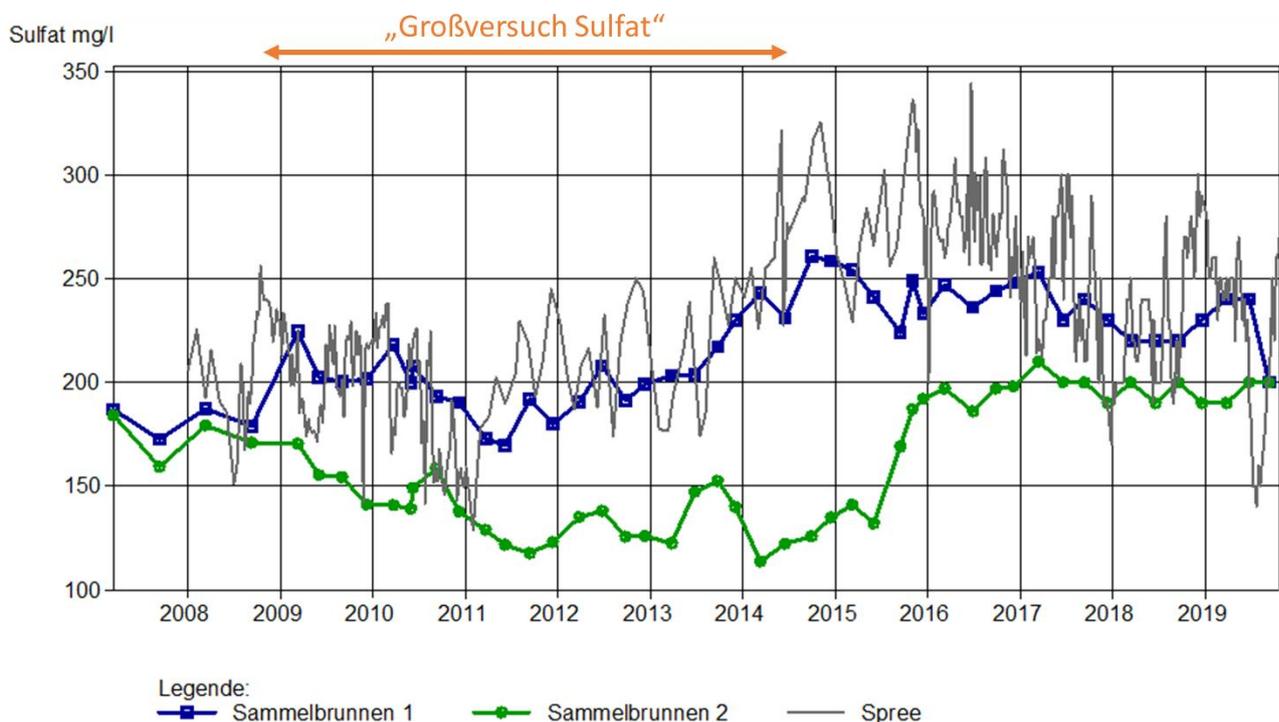


Abb. 3.18 Sulfatkonzentrationen des Infiltrationswassers sowie des Rohmischwassers der Sammelbrunnen 1 und 2

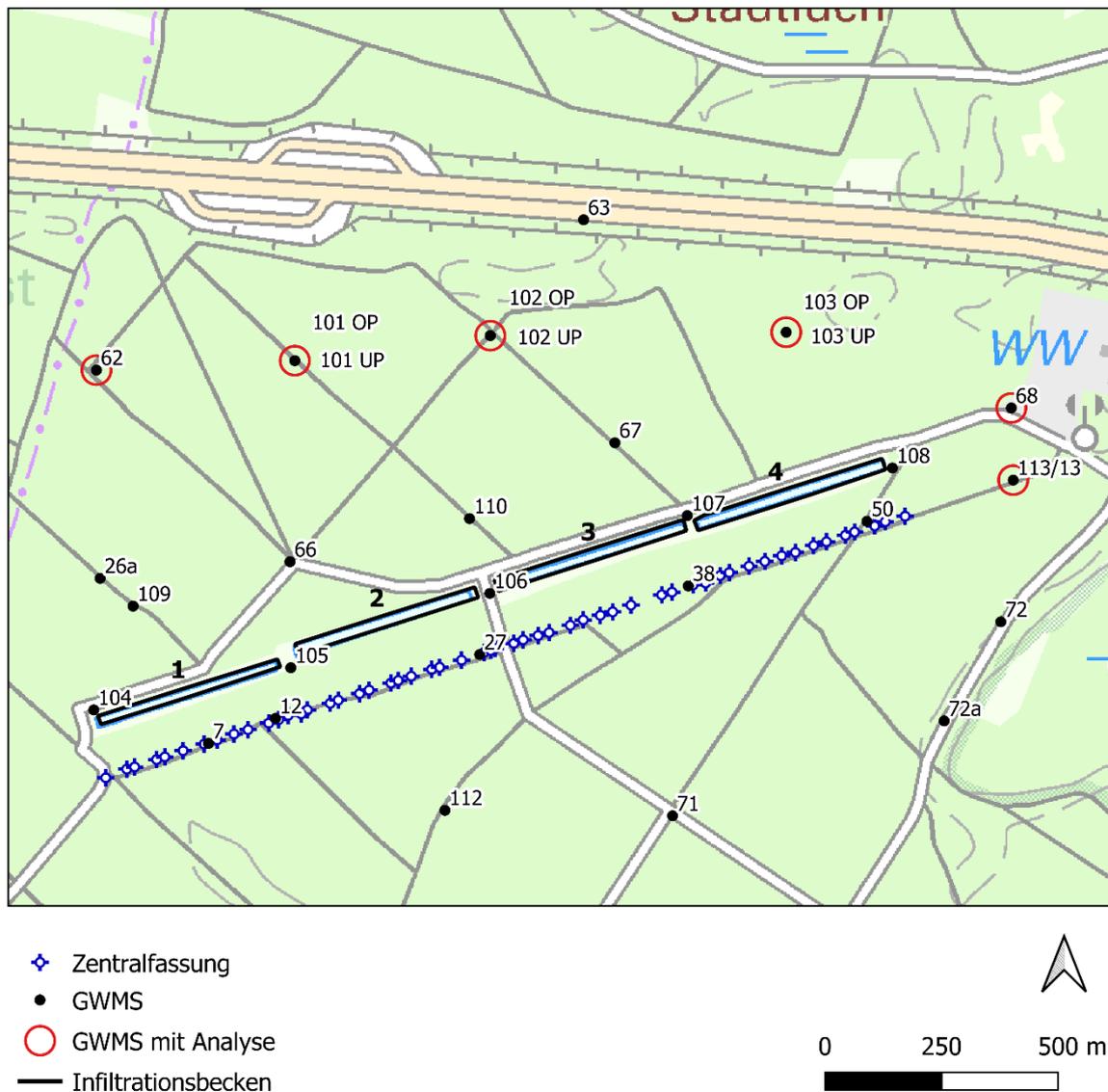


Abb. 3.19 GWMS im Umfeld der Zentralfassung. Rot umrandet sind die Messstellen für welche jährliche Sulfatwerte seit 2000 vorliegen (bei den Mehrfachmessstellen 101, 102 und 103 nur für die Oberpegel OP)

Die mittleren Konzentrationen von GWMS 101 OP und GWMS 62 (23 mg/l bzw. 61 mg/l), die sich im Nordwesten im Anstrom der Becken 1 und 2 befinden, liegen in der Größenordnung der im Abschnitt 3.3.4 abgeleiteten repräsentativen Sulfatkonzentration für das „Teilsystem Grundwasser“ (50 mg/l). Hingegen weisen die Konzentrationsganglinien der östlich gelegenen GWMS 102 OP, 103 OP, 68 und 113/13 auf einen deutlichen Einfluss der Grundwasseranreicherung hin:

- Die Sulfatkonzentration der GWMS 102 OP schwankt im Zeitraum 2000–2013 um 110 mg/l, sinkt im Jahr 2014 auf 70 mg/l, um dann bis 2019 auf 130 mg/l anzusteigen. Die geringste Konzentration wird im Jahr 2014 festgestellt, ein Jahr nach dem Jahr mit der geringsten Infiltrationsmenge.
- Zu Beginn der 2000er Jahre liegt die Sulfatkonzentration der GWMS 103 OP bei 100 mg/l, schwankt im Zeitraum 2003–2009 um 110 mg/l und steigt ab 2010 bis auf 165 mg/l an. Die andauernd hohe Konzentration legt nahe, dass das Infiltrationswasser diese GWMS immer erreicht.
- Eine ähnliche Entwicklung dokumentiert auch die Ganglinie der Sulfatkonzentration der östlich der GWMS 103 OP gelegenen GWMS 68, wobei deren Konzentrationen durchwegs niedriger und die kurzfristigen Konzentrationsschwankungen im Zeitraum des Großversuchs stärker sind. Bis 2005 beträgt die mittlere Konzentration 80 mg/l Sulfat. Die Konzentrationen nehmen dann bis zum Jahr 2012 zu und liegen seitdem bei ca. 120 mg/l.
- Die GWMS 113/13 wurde im Jahr 2013 südlich von GWMS 68 errichtet. In den Jahren 2014 und 2015 liegt die Konzentration auf dem Niveau der GWMS 68 (120 mg/l). Ab 2016 steigt die Konzentration über 160 mg/l und ist mit der Konzentration der GWMS 103 OP vergleichbar.

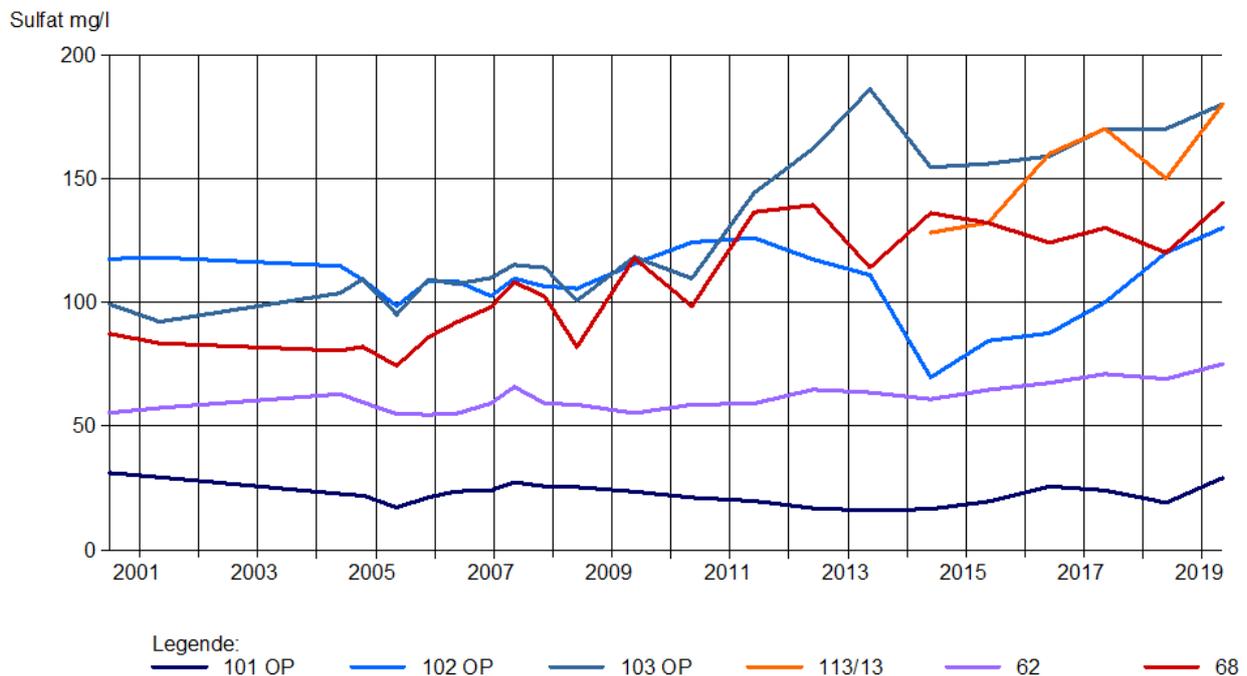


Abb. 3.20 Sulfatkonzentrationen der GWMS im Umfeld der Zentralfassung

3.6 Teilsystem Aufbereitung

3.6.1. Technisches Vorgehen

Das Rohwasser der Spreebogenfassung und der Zentralfassung wird gemischt und einer klassischen Aufbereitung im unmittelbar östlich der Zentralfassung gelegenen Wasserwerk zugeführt. Das Rohmischwasser wird zunächst mit technischem Sauerstoff angereichert. Dann werden die natürlicherweise im Wasser enthaltenen hohen Eisen- und Mangankonzentrationen mittels Filtration über 6 geschlossene Schnellfilter entfernt. Die Sulfatgehalte ändern sich während des Aufbereitungsprozesses nicht wesentlich (vgl. Abb. 3.21). Aufbereitungstechnologien zur Reduzierung der Sulfatkonzentration sind nicht vorhanden. Für eine eventuell erforderliche Desinfektion wird im Wasserwerk eine Zudosierungsanlage für die Chlorung des Trinkwassers vorgehalten. Das Trinkwasser wird über Fernleitungen und mit Hilfe von Zwischenspeichern im Versorgungsgebiet verteilt.

3.6.2. Sulfatkonzentrationen im Reinwasser

Unter den gegebenen Bedingungen bestimmen folgende Faktoren die Sulfatkonzentration des Rohmischwassers und damit des Reinwassers am Standort Briesen:

- (1) Betriebsweise im WW und das daraus resultierende Mischungsverhältnis aus sulfatreichem spreebürtigem Wasser und sulfatärmeren Grundwasser der unterirdischen Einzugsgebiete der Wasserfassungen
- (2) Sulfatkonzentrationen im Spreewasser und im Grundwasser

Abb. 3.21 zeigt die Konzentrationsentwicklung von Roh- und Reinwasser. Im Zeitraum 2000–2009 schwankt die Reinwasserkonzentration zwischen 150 und 200 mg/l Sulfat. Ein Ausreißer nach oben wurde am 05.02.2008 (223 mg/l) festgestellt. Während des „Großversuchs Sulfat“ von Oktober 2008 bis Mai 2015 (Abschnitt 3.5.4), der mit relativ hohen Grundwasserständen zusammenfiel, konnte die Sulfatkonzentration im Reinwasser trotz steigender Konzentration im spreebürtigen Infiltrationswasser deutlich unter 200 mg/l gehalten werden. Die Reinwasserkonzentration lag teilweise unter 150 mg/l Sulfat. Ab 2013 musste aufgrund des fehlenden Grundwasserangebots die Infiltrationsmenge wieder gesteigert werden. Somit steigt auch die Reinwasserkonzentration deutlich an und schwankt seitdem zwischen 160 mg/l und 230 mg/l Sulfat (Mittelwert: 195 mg/l, Median: 197 mg/l).

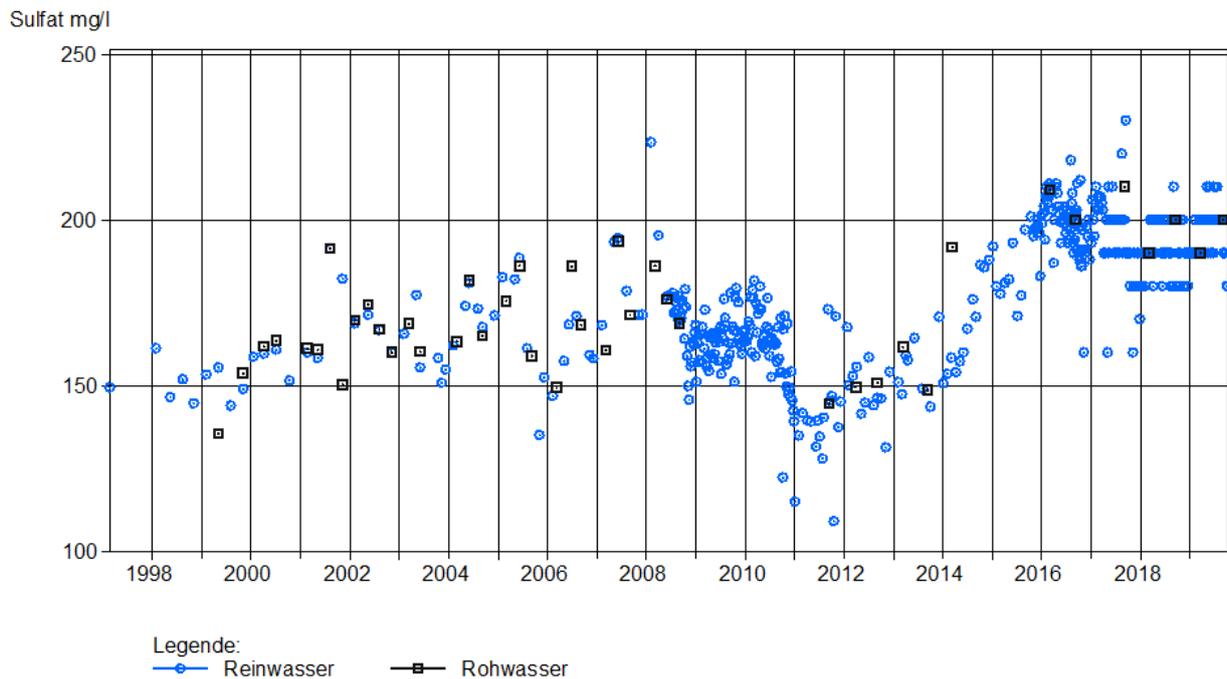


Abb. 3.21 Sulfatkonzentrationen im Rohmischwasser und im Reinwasser

3.7 Teilsystem Reinwasser

Das Trinkwasser wird in zwei Reinwasserzwischenbehältern mit jeweils 1.600 m³ Volumen werksseitig etwa 100 m westlich vom WW-Gebäude gespeichert und über eine Fernleitung in den Hochbehälter Rosengarten in Frankfurt (Oder) gepumpt, welcher der Versorgung der Stadt Frankfurt (Oder) vorbehalten ist. Von der Fernleitung zweigen weitere Leitungen in die anderen Versorgungsgebiete ab. Die Fernleitung wurde, wie das WW Briesen, Ende der 1960er Jahre errichtet. Eine Sanierung der Leitung fand in den Jahren 2006 bis 2008 statt.



4 Gefährdungsbereiche im Versorgungsgebiet

(verfasst vom MSGIV und den Gesundheitsämtern Frankfurt(Oder) und Landkreis Oder-Spree)

Im Versorgungsgebiet des Wasserwerksbetreibers soll ein Überblick über Bereiche erarbeitet werden, in denen Personengruppen mit Trinkwasser versorgt werden, für die eine mögliche Überschreitung des Grenzwertes für Sulfat eine Gefährdung darstellen könnte, sowie Bereiche der Lebensmittelindustrie, für die bestimmte Expositionen von Sulfat im Trinkwasser auch eine Gefährdung bedeuten kann. Als solche Bereiche gelten:

- Krankenhäuser mit Säuglings- und Kleinkinderstation bis zum Alter von 2 Jahren,
- Gemeinschaftseinrichtungen nach § 33 des Infektionsschutzgesetzes, in denen überwiegend Säuglinge und Kleinkinder bis zum Alter von 2 Jahren versorgt werden (Kinderkrippen, Kindergärten, Kindertagesstätten, Kinderhorte, Tagesmütter)
- Lebensmittelbetriebe mit einem Abnahmevolumen von mehr als 500 m³/d.

Die Situation in diesen Gefährdungsbereichen ist unter der Maßgabe einer gesundheitlichen Betroffenheit bzw. der Betroffenheit in der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit der Trinkwasserabnehmer der Lebensmittelindustrie darzustellen.

4.1 Versorgte Gemeinden

Das Trinkwasserversorgungsgebiet der FWA erstreckt sich über die Stadt Frankfurt (Oder) sowie die umliegenden Gemeinden. Zur Ausdehnung wird auf die Internetseite des Betreibers hingewiesen: <https://www.fwa-ffo.de/fwadocs/index.php>.

Zum Versorgungsgebiet des Wasserwerkes Briesen zählen:

- Stadt Frankfurt (Oder)
mit allen Ortsteilen (OT Booßen, OT Gündendorf, OT Hohenwalde, OT Kliestow, OT Lossow, OT Lichtenberg, OT Pagram, OT Rosengarten, OT Markendorf/Siedlung und OT Markendorf außer Gewerbegebiet TeGeCe, Wildbahn 19–94 und Igelweg 1–6b)
- Amt Odervorland
Gemeinde Jacobsdorf (OT Jacobsdorf, OT Petersdorf, OT Pillgram, OT Sieversdorf), Gemeinde Briesen/OT Biegen
- Amt Schlaubetal
Stadt Müllrose mit allen Ortsteilen (OT Dubrow, OT Kaisermühl, OT Biegenbrück)
- ZV Fürstenwalde
in das Versorgungsgebiet Briesen–Heinersdorf (LOS), Sieversdorf

4.2 Überwachung der Sulfatkonzentrationen

Nach Infektionsschutzgesetz muss Trinkwasser so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung der menschlichen Gesundheit nicht zu besorgen ist. Gestützt auf diesen Grundsatz werden mit der Trinkwasserverordnung in Umsetzung der Trinkwasserrichtlinie u. a. Parameter zur Beurteilung der Trinkwasserqualität vorgegeben, die mit einem einzuhaltenden Grenzwert belegt sind. Für den Parameter Sulfat wird in Anlage 3 Teil1 laufende Nummer 17 der Trinkwasserverordnung ein Grenzwert in Höhe 250 mg/l vorgegeben. Der Wasserversorger darf Trinkwasser nur abgeben, wenn u. a. die in Anlage 3 festgelegten Grenzwerte der dort aufgeführten Parameter nicht überschritten werden. Zur Feststellung, ob die in Anlage 3 festgelegten Grenzwerte und Anforderungen eingehalten werden, hat der Wasserversorger Untersuchungen durchzuführen, um sicherzustellen, dass das Trinkwasser an der Stelle, an der es in die Trinkwasser-Installation übergeben wird, den Anforderungen der Trinkwasserverordnung entspricht. Der Umfang und die Häufigkeit dieser Untersuchungen richtet sich nach den Vorgaben von Anlage 4 der Trinkwasserverordnung und wird im Rahmen der Probennahmeplanung festgelegt. Bei einer durchschnittlichen Wasserabgabe in Höhe von 12.000 m³/d sind 4 Untersuchungen auf den Parameter Sulfat pro Jahr vorgesehen.

4.2.1. Betreiberüberwachung

Aufgrund der Sulfat-Problematik werden vom Betreiber zusätzlich zu den Vorgaben zur Häufigkeit der Untersuchungen nach Trinkwasserverordnung Analysen zur Bestimmung der Sulfatkonzentration in Auftrag gegeben. Damit erhöht sich die Anzahl der Sulfatproben auf ca. 52 pro Jahr, die Bestandteil der mit dem Gesundheitsamt abgestimmten Probennahmeplanung sind.

4.2.2. Behördliche Überwachung

Gegenwärtig besteht keine Notwendigkeit im Rahmen der behördlichen Überwachung zusätzliche Untersuchungen zur Bestimmung der Sulfatkonzentration im Trinkwasser über die Häufigkeit nach Anlage 4 der TrinkwV hinaus in die Probennahmeplanung aufzunehmen. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Sulfatkonzentration nach Abgabe in das Trinkwasser-Verteilungsnetz nicht verändert, so dass weiterführende Untersuchungen im Leitungsnetz oder in der Trinkwasser-Installation nicht erforderlich sind.

4.3 Darstellung besonders sensibler Personengruppen

Unter streng toxikologischen Aspekten würde sich eine abgeschätzte Konzentration von etwa 600 mg/l ergeben, unterhalb derer auch bei empfindlichen Kollektiven noch nicht mit dem Auftreten adverser Effekte gerechnet werden muss. Unter Berücksichtigung des Vorsorgeaspektes in Verbindung mit der Beachtung des Besorgnisgrundsatzes ist jedoch die Herausstellung einer besonders empfindlichen Personengruppe, die Gruppe der Säuglinge und Kleinkinder bis zum Alter von zwei Jahren, in der weiteren Betrachtung gerechtfertigt. Dies lässt sich auch damit begründen, dass für diese Personengruppe ein Maßnahmenhöchstwert festgelegt wurde, der sich deutlich nach oben hin von dem für die anderen Personengruppen

unterscheidet. Der vom Umweltbundesamt festgelegte Maßnahmenhöchstwert für Säuglinge und Kleinkinder bis zu zwei Jahren liegt bei 500 mg/l. Für Erwachsene liegt er bei 1.000 mg/l. Bei Grenzwertüberschreitungen wird jeweils dieser Wert als obere Grenze für eine Orientierung für das Festlegen eines Maßnahmenwertes genutzt, der bis zur Wiederherstellung der Einhaltung des Grenzwertes nicht überschritten werden darf. Für Sulfat ist daher ein nach Personengruppen unterschiedliches Vorgehen nötig.

Damit ist nicht nur die geschmackliche Veränderung des Wassers (mit in 2 Studien relativ gut übereinstimmenden Ergebnissen) ab Konzentrationen von 250–500 mg/l bewertungsrelevant (EPA, 1999a; WHO, 2004). Bei der Abgabe von Trinkwasser muss sich neben den allgemeinen Anforderungen für einen unbeeinträchtigten Geschmack bzw. Erscheinungsbild des Trinkwassers auch daran orientiert werden, dass eine gesundheitliche Betroffenheit der o. g. besonders empfindlichen Personengruppe aufgrund der gesonderten Festlegung eines Maßnahmenhöchstwertes für diese Personengruppe gesehen werden muss.

4.3.1. Darstellung der Betroffenheit von besonders sensiblen Personengruppen

In einer Übersicht werden Einrichtungen mit den Adressdaten und Geo-Informationen dargestellt, bei denen mit der Anwesenheit von Säuglingen und Kleinkindern bis zum Alter von zwei Jahren zu rechnen ist. Dies sind:

- Krankenhäuser mit Säuglings- und Kleinkinderstation bis zum Alter von 2 Jahren,
- Gemeinschaftseinrichtungen nach § 33 des Infektionsschutzgesetzes, in denen überwiegend Säuglinge und Kleinkinder bis zum Alter von 2 Jahren versorgt werden (Kinderkrippen, Kindergärten, Kindertagesstätten, Kinderhorte, Tagesmütter)

4.3.2. Darstellung der Betroffenheit in der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit

Im Wasserversorgungsgebiet befindet sich ein Lebensmittelbetrieb mit einem Abnahmevolumen von mehr als 500 m³/d. Der Betreiber ist auf eine gleichmäßig gute Qualität des Trinkwassers und des Betriebswassers angewiesen.

4.4 Vorgehen im Fall einer Nichteinhaltung des Grenzwertes für Sulfat

Bei anzunehmenden Konzentrationen von Sulfat im Trinkwasser > 250 mg/l und < 500 mg/l kann aus gesundheitlicher Sicht nicht von einer „Gefährdungslage“ gesprochen werden. Es ist bei Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes in Höhe von 250 mg/l nicht von einer unmittelbaren Gesundheitsgefährdung unter toxikologischen Aspekten auszugehen. Insofern ist die hier zu betrachtende Gefährdungslage als das Ereignis anzusehen, bei der die Gefahr gegeben ist, dass der Trinkwassergrenzwert für Sulfat nicht mehr eingehalten werden kann. Nachfolgend wird daher der Fall betrachtet, der mit Konzentrationen > 250 mg/l

im Trinkwasser als eine Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes gegeben ist. Aufgrund der anzunehmenden Szenarien einer Belastung des Rohwassers braucht eine Sulfatkonzentration größer als 500 mg/l nicht betrachtet werden.

4.4.1. Vorgehen des Betreibers (Betreiberpflichten)

Nach § 16 Absatz 1 Satz 4 TrinkwV hat der Betreiber (Wasserversorger) dem Gesundheitsamt unverzüglich anzuzeigen, wenn ihm Belastungen des Rohwassers bekannt werden, die zu einer Überschreitung der Grenzwerte im Trinkwasser führen können. Nach § 16 Absatz 1 Satz 5 ist für den Fall der Nichteinhaltung von Grenzwerten oder Anforderungen geregelt, dass die Abgabe des Trinkwassers vom Zeitpunkt der Anzeige bis zur Entscheidung des Gesundheitsamtes über die zu treffenden Maßnahmen als erlaubt gilt, wenn nicht die Wasserversorgung ohnehin sofort zu unterbrechen ist.

Nach § 16 Absatz 1 Nummer 2 hat der Betreiber dem Gesundheitsamt unverzüglich die Nichteinhaltung von Grenzwerten für Parameter der Anlage 3 anzuzeigen.

Im Maßnahmenplan nach § 16 Absatz 5 ist festgelegt, welche Stellen im Fall einer festgestellten Abweichung zu informieren sind und wer zur Übermittlung dieser Informationen verpflichtet ist.

Mit der vom Betreiber beauftragten Untersuchungsstelle ist vertraglich sicherzustellen, dass sie unverzüglich den Betreiber über festgestellte Abweichungen von den festgelegten Grenzwerten und Anforderungen in Kenntnis zu setzen hat.

Der Betreiber ist nach § 16 Absatz 2 verpflichtet, bei Feststellung der o. g. Nichteinhaltung von Grenzwerten oder Veränderungen unverzüglich Untersuchungen zur Aufklärung der Ursache und Sofortmaßnahmen zur Abhilfe durchzuführen.

Nach § 21 hat der Betreiber den betroffenen Verbrauchern mindestens jährlich geeignetes Informationsmaterial über die Qualität des bereitgestellten Trinkwassers auf der Grundlage der Ergebnisse von Trinkwasseruntersuchungen zu übermitteln.

4.4.2. Vorgehen der Behörden

Das verpflichtende Handeln des Gesundheitsamtes als zuständige Behörde ergibt sich aus den Vorgaben der Trinkwasserverordnung. Wird dem Gesundheitsamt bekannt, dass im Wasserversorgungsgebiet ein Grenzwert nicht eingehalten wird, hat es unverzüglich zu entscheiden, ob dadurch die Gesundheit der betroffenen Verbraucher gefährdet ist und ob die betroffene Wasserversorgungsanlage oder Teile davon bis auf Weiteres weiterbetrieben werden können. Im Falle einer Grenzwertüberschreitung für den Parameter Sulfat bei Betrachtung der o. g. Szenarien einer möglichen Rohwasserbelastung kann davon ausgegangen werden, dass eine akute Schädigung der menschlichen Gesundheit nicht zu erwarten und auch eine Gefährdung der menschlichen Gesundheit nicht zu besorgen ist, die eine Unterbrechung der Trinkwasserversorgung notwendig werden lässt. Vielmehr ist nach § 9 Absatz 5 der TrinkwV zu prüfen, ob durch das Gesundheitsamt Maßnahmen zur Wiederherstellung der einzuhaltenden Trinkwasserqualität angeordnet

werden müssen. Dabei ist nicht nur zu prüfen, ob eine Schädigung der menschlichen Gesundheit zu besorgen ist, sondern auch, ob Auswirkungen auf die eingesetzten Materialien zu erwarten sind. In jedem Fall hat das Gesundheitsamt festzulegen, bis zu welchem Wert und für welchen Zeitraum die Nichteinhaltung des Grenzwertes geduldet wird. Eine unbefristete Duldung ist damit ausgeschlossen. Eine Verlängerung des Duldungszeitraums oder Neufestsetzung ist bei entsprechendem Erfordernis möglich. Es erfolgt eine Neubewertung durch das Gesundheitsamt im Vorfeld.

Im Weiteren werden die konkreten Handlungsschritte in Abstimmung der beiden beteiligten Gesundheitsbehörden, Gesundheitsamt des Landkreises Oder-Spree (GA LOS) und Gesundheitsamt der Stadt Frankfurt (Oder) (GA FF) beschrieben:

1. Bekanntwerden einer Nichteinhaltung des Grenzwertes für den Parameter Sulfat durch die FWA beim GA LOS und dem GA FF nach Alarmierungsplan der FWA bei Grenzwertüberschreitung (Havariedokument).
2. Information der in Abschnitt 4.3.1 aufgeführten Einrichtungen wie jeweils durch GA LOS und GA FF und Anordnung einer Verwendungseinschränkung des Trinkwassers für die Herstellung von Nahrung. Ersatzweise wird die Verwendung von Mineralwasser, das zur Herstellung von Säuglingsnahrung geeignet ist, empfohlen. Solches Mineralwasser darf nur bis zu einer Konzentration von 240 mg/l Sulfat enthalten, so dass über den Nahrungspfad eine übermäßige Belastung mit Sulfat durch Wasser ausgeschlossen werden kann.
3. Erstellung eines Verwaltungsaktes in Umsetzung von § 9 Absatz 5 zur Anordnung von Maßnahmen und zur Duldung der Nichteinhaltung des Grenzwertes durch das GA LOS.
4. Vollziehen des Verwaltungsaktes durch das GA LOS.
5. Prüfung auf Einhaltung der Anordnung und der Duldung durch GA LOS und GA FF.

4.5 Kommunikation im Fall einer Nichteinhaltung des Grenzwertes für Sulfat

Die Kommunikationswege sind grundsätzlich in der Trinkwasserverordnung aufgezeigt. Sie folgen dem in Abb. 4.1 gezeigten Schema.

Inhalte der Kommunikation werden bedarfsgerecht und in entsprechend gefordertem Umfang zwischen dem Betreiber des Trinkwassergewinnungsbetriebes und des dazugehörigen Leitungsnetzes entsprechend der Sachlage im Fall einer Nichteinhaltung des Trinkwassergrenzwertes abgestimmt.

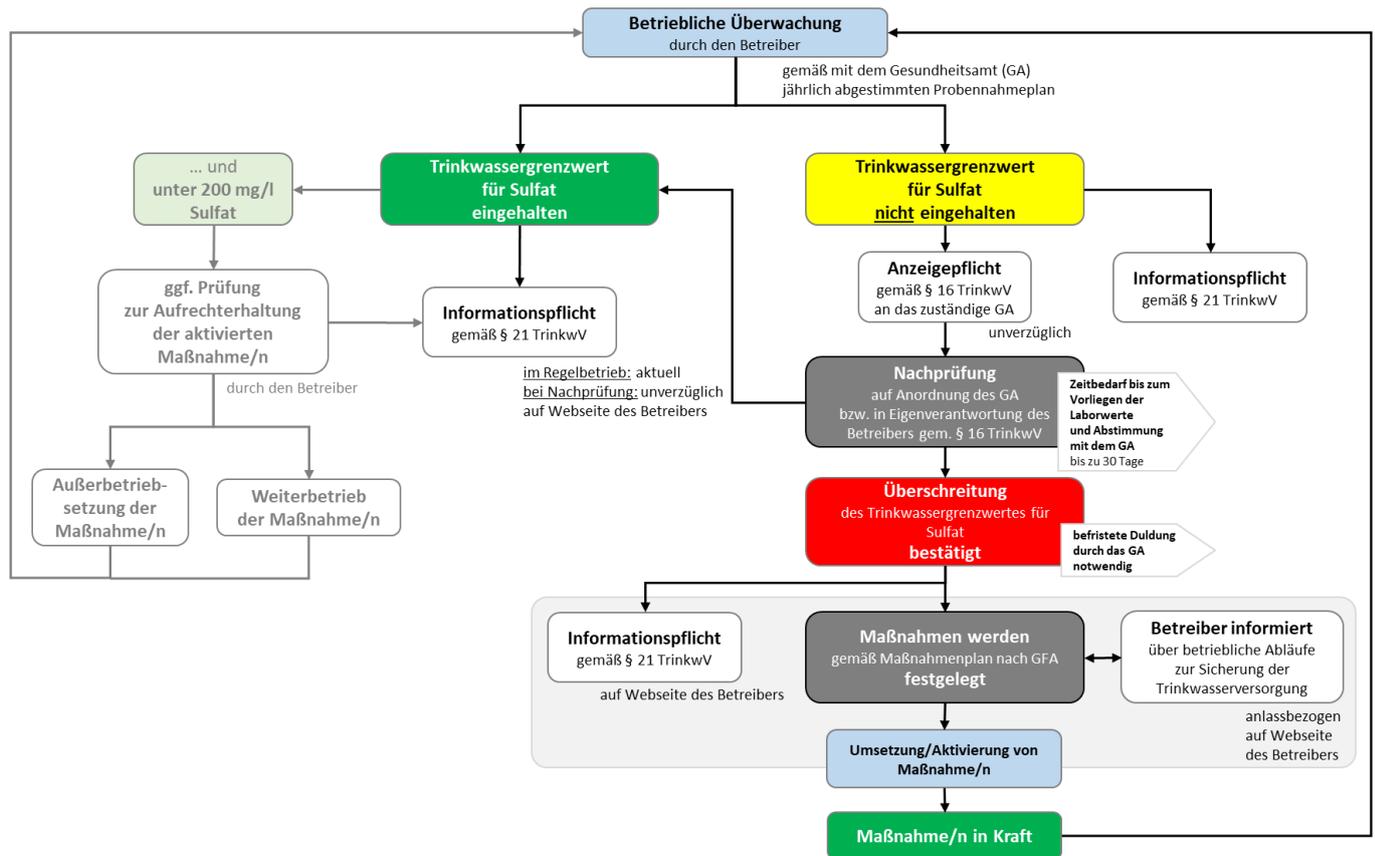


Abb. 4.1 Kommunikationswege bei einer Nichteinhaltung des Trinkwassergrenzwertes bzgl. des Parameters Sulfat

5 Gefährdungsanalyse

5.1 Einleitung

Gefährdungen können an verschiedenen Stellen im Trinkwasserversorgungssystem auftreten. Durch den Ansatz eines risikobasierten und prozessorientierten Managements nach der Norm DIN EN 15975-2 soll das Sicherheitsniveau der Trinkwasserversorgung erhöht werden. Mittels der in DIN EN 15975-2 und im DVGW-Merkblatt W 1001-B2 (M) beschriebenen Bausteine:

- Beschreibung des Versorgungssystems,
- Bewertung des Versorgungssystems,
- Risikobeherrschung,
- Nachweis der Versorgungssicherheit (Verifizierung)

und deren Dokumentation soll das Niveau der vom Versorger mit betriebsgewöhnlichen Mitteln und/oder Organisationsstrukturen beherrschbaren Betriebszustände und Prozesse inklusive Störungen betrachtet und deren Sicherheit kontinuierlich erhöht werden.

Während Wasserwerksbetreiber eine Vielzahl verschiedener Risiken zu betrachten haben, wird nachfolgend allein die Gefährdung für den Wasserwerksstandort Briesen bezüglich des chemischen Parameters Sulfat (als chemischer Gefährdungsfaktor) vorgenommen.

Die Sulfatkonzentration verändert sich während des Aufbereitungsprozesses vom Rohmischwasser zum Reinwasser bzw. Trinkwasser sowie auf dem Weg zum Endverbraucher nicht. Gefährdungen im Wasser-aufbereitungs- und -verteilungsprozess spielen folglich keine Rolle. Relevant sind nicht abzuwendende oder länger andauernde Ereignisse im Zuge der Rohwassergewinnung, die zur Sulfatkonzentration im Rohmischwasser oberhalb des Grenzwertes der TrinkwV (250 mg/l) führen. Die Rahmenbedingungen am Standort des WW Briesen zeigen auf, dass die Deckung des Wasserbedarfs nur über die Anreicherung des Grundwassers mit Spreewasser möglich ist (Kapitel 3). Seitdem das Spreewasser Qualitätsprobleme hinsichtlich der Sulfatkonzentration aufweist, besteht die Gefahr, dass das Reinwasser den Trinkwassergrenzwert überschreitet.

Unter den gegebenen Bedingungen können für die Gefährdung „Sulfatgrenzwertüberschreitung im Trinkwasser“ folgende Gefährdungsereignisse (= Ereignisse, die die Gefährdung herbeiführen können) abgeleitet werden:

- (1) hoher Anteil des Spreewassers an der Gesamtförderung
- (2) hohe Sulfatkonzentrationen des Spreewassers

Um diese Gefährdungsereignisse in der Risikoabschätzung (Kapitel 7) abzubilden, sind in einer interdisziplinären Arbeitsgruppe vier Betriebszustände zur Betrachtung des obigen Punktes 1 (Abschnitt 5.2) und zwei Sulfatereignisse des Sulfatprognosemodells für die Spree (Abschnitt 5.3) zur Betrachtung des Punktes 2 herausgearbeitet worden. Die Betriebszustände repräsentieren unterschiedliche Förderungs- und Infiltrationsbedingungen. Eine Spannweite des Wasserbedarfs wird über den Ist-Zustand (Zustand „NORMAL“) und

den prognostizierten Mehrbedarf (Zustand „MEHR“) beschrieben. Eine technische Havarie, welche zum Anstieg der Sulfatkonzentration im Reinwasser führen könnte, ist der Ausfall der Spreebogenfassung (Zustand „AUSFALL SF“). Des Weiteren wird die Änderung des Grundwasserdargebots aufgrund klimatischer Veränderung betrachtet (Zustand „TROCKEN“).

Aus den vier Betriebszuständen und zwei Sulfatereignissen ergeben sich acht relevante Gefährdungsszenarien (Abschnitt 5.4) für die jeweils die theoretische Reinwasserkonzentration ermittelt wurde.

Zunächst werden mit Hilfe eines Grundwasserströmungsmodells für jeden Betriebszustand die prozentualen Anteile der drei Rohwasserkomponenten an der Gesamtfördermenge ermittelt:

- Anteil Infiltrat aus Spreewasser
- Anteil Uferfiltrat der Spree
- Anteil Grundwasser aus den Einzugsgebieten der Wasserfassungen.

Unter Ansatz der ermittelten Anteile und Sulfatkonzentrationen des Spree- und des Grundwassers wird über eine Mischungsrechnung die Sulfatkonzentration des Rohmischwassers berechnet. Diese Konzentration kann als hypothetische Reinwasserkonzentration für das Gefährdungsszenarios betrachtet werden (Abschnitt 6.2), da Sulfat im Wasserwerksprozess derzeit technisch nicht reduziert wird.

5.2 Vier ausgewählte Wasserwerksbetriebszustände

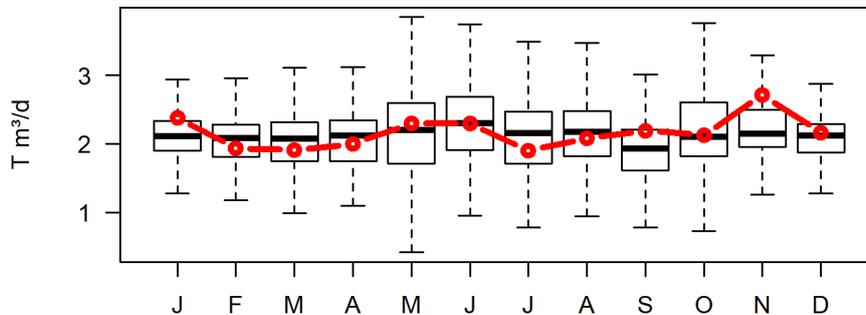
(1) Normalbetrieb („NORMAL“)

Der „Normalbetrieb“ (Kurzbezeichnung „NORMAL“) ist darauf ausgelegt, den zum Zeitpunkt der Gefährdungsbeurteilung festzustellenden mittleren Zustand abzubilden. Er dient außerdem als Referenzbetriebszustand.

Der mittlere Zustand wird bestimmt aus mittleren Förder- und Infiltrationsmengen, die repräsentativ verteilt sind, sowie mittleren hydrologischen und hydrodynamischen Gegebenheiten. Letztere herrschten nach Information des Landesamts für Umwelt (LfU) im Land Brandenburg u. a. im Jahr 2015, für welches ein landesweiter Grundwassergleichenplan erarbeitet wurde. Im Jahr 2015 lief jedoch noch der „Großversuch Sulfat“ (2008–2015), so dass an der Zentralfassung keine repräsentativen Förderbedingungen anzutreffen sind (Abschnitt 3.5.4). Die Wasserstandsganglinien von Grundwassermessstellen am Standort des WW Briesen (Abb. 3.6) zeigen, dass vor dem Jahr 2008 und im Jahr 2016 ebenfalls mittlere Wasserstände auftraten. Da die Datenlage vor dem Jahr 2008 lückenhaft ist, wurde das Jahr 2016 näher betrachtet. In diesem Jahr sind wieder alle Becken gleichmäßig mit Spreewasser beaufschlagt worden (Abb. 3.14), wie es beispielhaft der Grundwassergleichenplan vom April 2016 belegt (Abb. 3.16). Aus Abb. 5.1 ist zudem abzulesen, dass die Monatssummen der Förderung (Spreebogenfassung, Zentralfassung) und der Infiltration im Jahr 2016 innerhalb des Interquartilsbereichs (innerhalb der Box, 25-Perzentil bis 75-Perzentil) und meist nahe am Median (schwarzer Balken) liegen. Lediglich im Monat November gibt es größere Abweichungen, die aus der regulär betriebenen, verstärkten Grundwasseranreicherung vor dem Winter resultieren. Dieser Monat beeinflusst den über das Jahr gemittelten Betriebszustand jedoch nicht. Mit dem Jahr

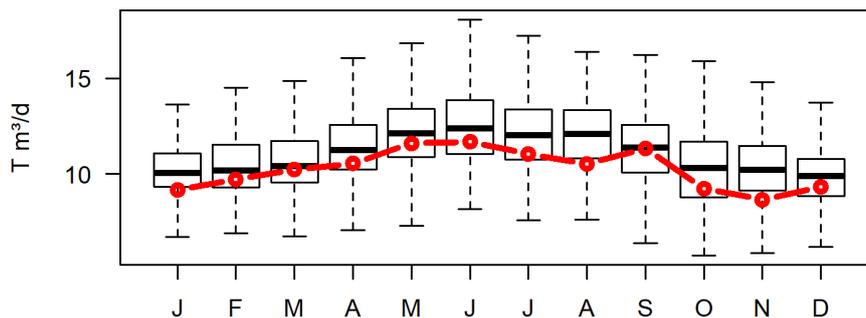
2016 sind folglich die langjährigen mittleren Betriebsbedingungen gut repräsentiert. Das Jahr 2016 ist damit als Referenzjahr im Rahmen dieser Gefährdungsbeurteilung ausgewählt worden.

Spreebogenfassung



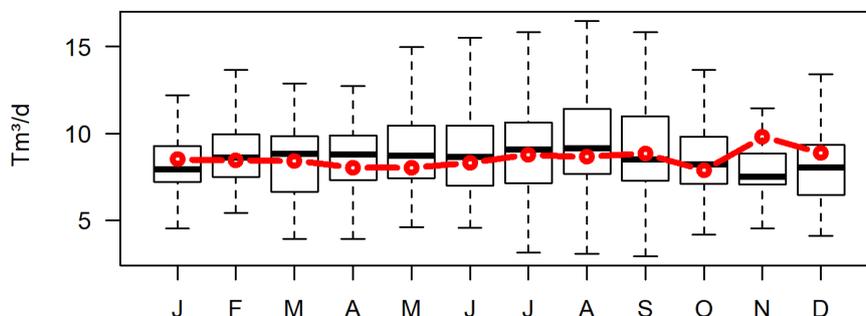
$Q_{SF, \text{Mittel 2016}}$
 $= 2.165 \text{ m}^3/\text{d}$

Zentralfassung



$Q_{ZF, \text{Mittel 2016}}$
 $= 10.268 \text{ m}^3/\text{d}$

Infiltration



$Q_{\text{Infil, Mittel 2016}}$
 $= 8.455 \text{ m}^3/\text{d}$

Abb. 5.1 Spannweiten der mittleren monatlichen Förder- und Infiltrationsmengen in Tm^3/d . In die Boxplot-Diagramme flossen die Fördermengen von 2008 bis Oktober 2019 ein. Bei der Infiltration wird der Zeitraum des Großversuchs nicht berücksichtigt (Oktober 2008 – Juli 2015). In Rot dargestellt sind die mittleren Monatswerte für das Jahr 2016

(2) Hohe Entnahme („MEHR“)

Für die Betriebsvariante einer hohen Entnahme (Mehrbedarf, „MEHR“) wird davon ausgegangen, dass die wasserrechtliche Erlaubnis ausgeschöpft wird. Dazu dürfen von den genehmigten 23.500 m³/d (Q₃₆₅) 2.000 m³/d mit der Spreebogenfassung und 21.500 m³/d mit der Zentralfassung gefördert werden. Um 21.500 m³/d mit der Heberbrunnenanlage der Zentralfassung technisch störungsfrei entnehmen zu können, erfordert dies eine Infiltration von ca. 19.500 m³/d Spreewasser. Andernfalls könnte die Heberbrunnenanlage ausfallen, weil die Grundwasserstände unter die betriebstechnisch zulässige Höhe absinken. AKS (2002) konnte nachweisen, dass das Neubildungsbedingte („natürliche“) Grundwasserdargebot im Einzugsgebiet der bestehenden Heberbrunnenanlage lediglich ca. 2.000 m³/d ausmacht. Dies entspricht weniger als einem Drittel der im (VEB Hydrogeologie, 1977) prognostizierten Grundwasserdarbotmenge von 6.700 m³/d (siehe auch Abschnitt 3.2).

(3) Ausfall der Spreebogenfassung („AUSFALL SF“)

Das dritte Szenario beschreibt einen Havarie-Zustand, bei dem die Spreebogenfassung für 2 Monate ausfällt. Das ist der ungünstigste Fall, von dem FWA ausgeht, wenn sich ein Defekt am Rohrleitungssystem oder ein standortbedingter Stromausfall einstellt und behoben werden muss. In der Vergangenheit kam es wegen eines Kabelschadens bisher einmal zu einem zweiwöchigen Ausfall der Spreebogenfassung.

Für diesen Betriebszustand wird ein Jahr unter mittleren hydrologischen Bedingungen und einer mittleren Entnahmemenge betrachtet. Es wird angenommen, dass es im Sommer zu einem zweimonatigen Ausfall der Spreebogenfassung kommt. Dies impliziert eine Steigerung der Förder- und Infiltrationsmenge an der Zentralfassung um den Betrag der Fördermenge der Spreebogenfassung (Annahme 2.165 m³/d). Das Szenario baut auf dem Betriebszustand „NORMAL“ auf. Daher werden die dort verwendeten Fördermengen der Spreebogenfassung auf den Betriebszustand „AUSFALL SF“ übertragen.

(4) 50 % Grundwasserneubildung („TROCKEN“)

In den Jahren 2018 bis 2020 ist landesweit ein starker Rückgang der Grundwasserstände infolge dreier Jahre unterdurchschnittlicher Grundwasserneubildung (GWN) zu verzeichnen. Die Grundwasserstände sind nach den Jahren sehr hoher Grundwasserneubildung (2010 und 2011) wieder auf das landesweit sehr niedrige Niveau des Jahres 2006 zurückgefallen (Bsp. GWMS 59 in Abb. 3.6).

Bei der Modellierung dieses Betriebszustandes wird im Strömungsmodell eine 50% geringere Grundwasserneubildung als im Normalzustand angesetzt. Die Entnahme entspricht mittleren Werten (s. Zustand „NORMAL“). Die Infiltration wird dagegen so angepasst, dass der defizitäre Grundwasseranteil ausgeglichen und der Wasserstand an der Heberleitung eine betriebstechnisch ausreichende Höhe aufweist.

5.3 Zwei Sulfatereignisse im Spreewasser

Das zweite Gefährdungsereignis besteht in der Sulfatkonzentration der Spree. Die in naher Zukunft zu erwartenden Konzentrationen der Spree sind von DHI WASY (2017 und 2019) mit dem Sulfatprognosemodell (SPM) ermittelt worden. Dieses Modell liefert für drei verschiedene Perioden (Periode „2020“ von 2018 bis 2022, Periode „2025“ von 2023 bis 2027 und Periode „2030“ von 2028 bis 2032) mittlere monatliche zu erwartende Sulfatkonzentrationen der Spree für Ereignisse mit vier unterschiedlichen Wiederkehrintervallen (T). Für die vorliegende Untersuchung wurde auf die Periode 2025 gemäß SPM 2019 zurückgegriffen, da diese die nähere Zukunft beschreibt und die höchsten Sulfatkonzentrationen aufweist (worst-case-Betrachtung). Abb. 5.2 zeigt die Ganglinien der Monatswerte der Periode 2025 gemäß SPM 2019 für die vier Wiederkehrintervalle.

In der interdisziplinären Arbeitsgruppe wurden zwei Wiederkehrintervalle ausgewählt, welche als repräsentativ für die Entwicklung der Sulfatkonzentration der Spree angesehen und bei der Gefährdungsbeurteilung berücksichtigt werden ($T = 2\text{ a}$, $T = 10\text{ a}$).

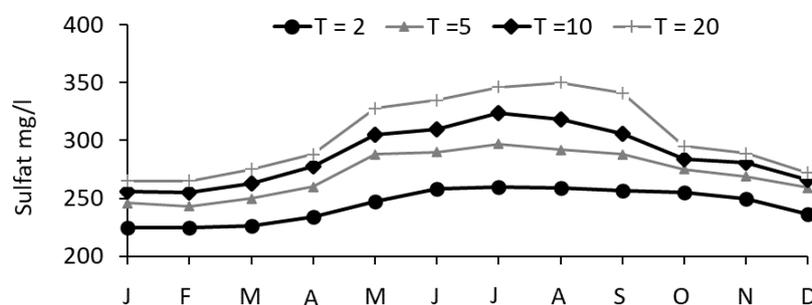


Abb. 5.2 Mittlere Sulfatkonzentrationen aus dem Sulfatprognosemodell (DHI WASY) für die Spree im Abschnitt Briesen für die Periode 2025. In schwarz dargestellt sind die in der vorliegenden Untersuchung berücksichtigten Wiederkehrintervalle $T = 2\text{ a}$ und $T = 10\text{ a}$

(a) mittleres Sulfatereignis $T = 2\text{ a}$

Das mittlere Sulfatereignis weist ein Wiederkehrintervall von 2 Jahren auf. Die maximale monatliche Konzentration liegt dem Sulfatprognosemodell zufolge bei 260 mg/l im Juni und Juli (Abb. 5.2). Dieses Ereignis spiegelt die in den letzten Jahren gemessenen Sulfatkonzentrationen der Spree wider. Es ist das Ereignis, welches von den vier im Sulfatprognosemodell betrachteten Ereignissen am wahrscheinlichsten eintritt.

(b) ausgeprägtes Sulfatereignis T = 10 a

Das ausgeprägte Sulfatereignis weist ein Wiederkehrintervall von 10 Jahren auf. Es erreicht nach dem Sulfatprognosemodell eine maximale monatliche Konzentration von 324 mg/l in Juli (Abb. 5.2). Dieses Ereignis wurde ausgewählt, da vergleichbare Konzentrationen bereits in den Jahren 2013 und 2014 beobachtet wurden und deren erneutes Auftreten möglich erscheint. Hinzu kommt, dass sich das ausgeprägte Sulfatereignis nur in fünf Monaten signifikant vom extremen Ereignis mit einem Wiederkehrintervall von 20 Jahren (T = 20 a) unterscheidet. Für den Arbeitskreis „Wasserbeschaffenheit“ der AG Flussgebietsbewirtschaftung dient dieses Ereignis ebenfalls als Referenz zur Betrachtung erhöhter Sulfatbelastungen.

5.4 Acht Gefährdungsszenarien

Die Kombination der vier Betriebszustände mit den zwei Sulfatereignissen ergibt acht Gefährdungsszenarien (Tab. 5.1). Für jedes Gefährdungsszenario wird der Anteil der Rohwasserkomponenten und die theoretische Reinwasserkonzentration ermittelt. Diese sind die Basis für die folgende Risikoabschätzung (Kapitel 7).

Tab. 5.1 Übersicht über die Gefährdungsszenarien

Gefährdungsszenario	Betriebszustand	Sulfatereignis
1a	NORMAL	T = 2 a
1b	NORMAL	T = 10 a
2a	MEHR	T = 2 a
2b	MEHR	T = 10 a
3a	AUSFALL SF	T = 2 a
3b	AUSFALL SF	T = 10 a
4a	TROCKEN	T = 2 a
4b	TROCKEN	T = 10 a

6 Rohwasserkomponenten und theoretische Sulfatkonzentrationen im Reinwasser

6.1 Rohwasserkomponenten

Zur Ermittlung der anteiligen Rohwasserkomponenten wurde ein numerisches Grundwasserströmungsmodell mit dem Simulator FEFLOW® erstellt (DHI; 2020). Das Modell wurde mit Hilfe der vorhandenen Daten stationär für den Betriebszustand „NORMAL“ (Abschnitt 5.2) kalibriert. Mit dem FEFLOW®-Werkzeug „Exit Probability“ sind anschließend die Einzugsgebiete der beiden Wasserfassungen (ZF und SF) ermittelt worden. Innerhalb deren unterirdischen Einzugsgebiete wurden die anteiligen Rohwasserkomponenten Infiltrationswasser, Uferfiltrat und Grundwasser an der Gesamtentnahme bilanziert.

Für die weiteren Betriebszustände wurden die Eingangsparameter Fördermenge, Infiltrationsmenge und Grundwasserneubildung (GWN) wie in Tab. 6.1 dargestellt variiert. Alle weiteren Modellparameter wurden aus dem kalibrierten Modell übernommen. Die Bilanzierung der Rohwasserkomponenten wurde für alle Betriebszustände für den stationären Fall vorgenommen.

Um die Reaktionszeit des Systems beim Ausfall der Spreebogenfassung abschätzen zu können, wurde eine instationäre Rechnung durchgeführt. Diese zeigt, dass sich nach rund 14 Tagen nach Erhöhung der Infiltrationsmenge ein neuer stationärer Zustand des Systems einstellt.

Tab. 6.1 Übersicht über die Infiltrations- und Fördermengen der einzelnen Gefährdungsszenarien in m³/d

Betriebszustand	SF m ³ /d	ZF m ³ /d	Infiltration m ³ /d				GWN %	
			gesamt	Becken 1	Becken 2	Becken 3		Becken 4
NORMAL	2.165	10.268	8.455	2.470	2.466	2.112	1.407	100
MEHR	2.000	21.500	19.500	4.875	4.875	4.875	4.875	100
AUSFALL SF	0	12.433	10.620	2.660	2.655	2.653	2.651	100
TROCKEN	2.165	10.268	9.361	2.345	2.340	2.339	2.337	50

In Abb. 6.1 sind die mit dem FEFLOW®-Werkzeug „Exit Probability“ ermittelten Einzugsgebiete der Wasserfassungen im GWL 1 für den Betriebszustand „NORMAL“ dargestellt. In Rot sind die Flächen gekennzeichnet, von denen das Wasser mit einer Wahrscheinlichkeit von 100 % den Brunnen zuströmt. In den hellblauen Bereichen ist es noch zu 55 % wahrscheinlich, dass das Wasser zu den Brunnen strömt. Da es zwischen den Einzugsgebieten der vier Betriebszustände keine signifikanten Unterschiede gibt, wurde auf die Darstellung der Einzugsgebiete in den übrigen drei Betriebszuständen verzichtet.

Das Einzugsgebiet der Zentralfassung umfasst eine Fläche von 8,42 km² und reicht bis zum Rand der nord-westlichen Hochfläche. Die eigentliche Hochfläche wird von der ZF nicht erfasst. Dies liegt begründet in der Aufragung / Schwelle des GWS a im GWL 1 (vgl. Abb. 3.2) und der guten Anbindung der Madlitzer-Petersdorfer-Seenkette an den GWL 1. Im Bereich des Nord-Süd-verlaufenden Pagenfließes wird das Einzugsgebiet der Zentralfassung in zwei Gebiete aufgeteilt, weil am Pagenfließ ein Feuchtgebiet mit überwiegender Grundwasserzehrung ausgebildet ist.

Das Einzugsgebiet der Spreebogenfassung umschließt die Zentralfassung im Westen und Osten und erhält außerdem einen Zustrom von Süden (Unterströmung der Spree). Der Anstrombereich der Spreebogenfassung umfasst eine Fläche von etwa 6,9 km² und ist damit nur 20 % kleiner als das Einzugsgebiet der Zentralfassung. Der Uferabschnitt der Spree, welcher im ermittelten Einzugsgebiet der Spreebogenfassung liegt, ist insgesamt 1,3 km lang. Entlang eines Abschnitts von 500 m wird die Spree unterströmt. Der westliche Teil des Einzugsgebietes reicht bis in die Aufstiegszone von geogen salinarem Tiefenwasser der Falkenberger Rinne.

Die ermittelten prozentualen Anteile der Rohwasserkomponenten Grundwasser, Uferfiltrat und Infiltrat sind für die Betriebszustände in Abb. 6.2 dargestellt. Dabei handelt es sich um die Resultate von stationären Modellrechnungen.

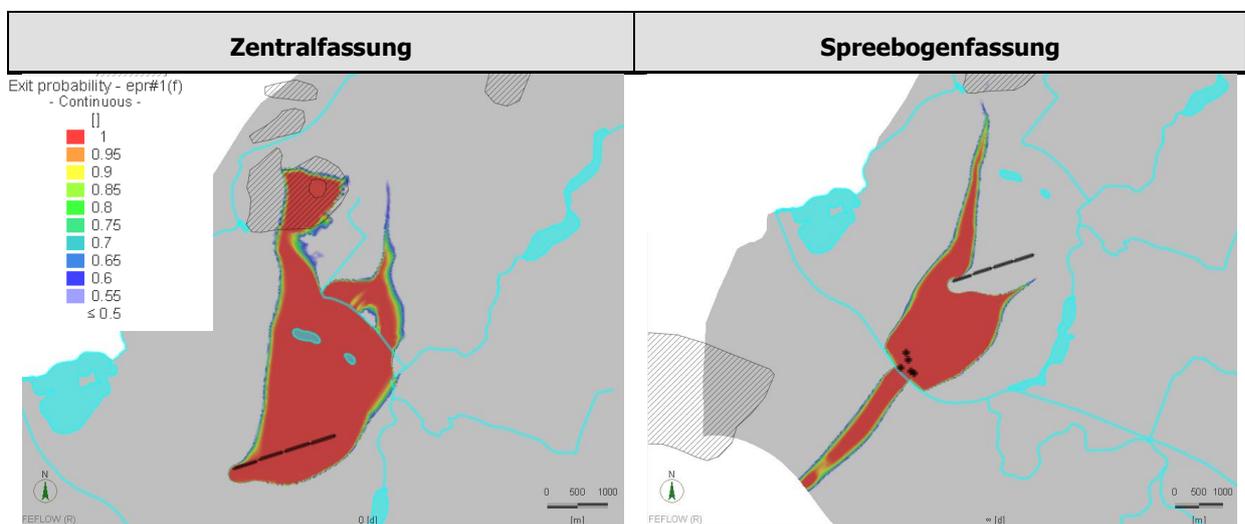


Abb. 6.1 Einzugsgebiete der Zentral- und Spreebogenfassung im GWL 1 für die Modellvariante „NORMAL“ (Kalibrierzustand) . Gebiete, aus denen das Grundwasser zu 100% die Brunnen erreicht, sind rot gefärbt (Exit probability = 1). Fehlstellen des GWL 1 sind schraffiert.

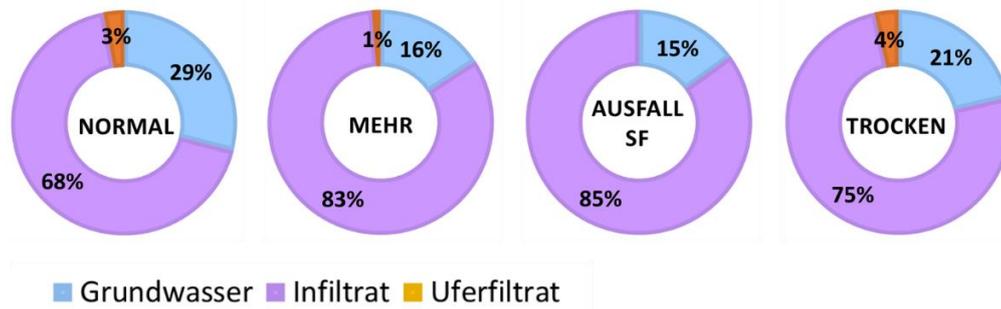


Abb. 6.2 Prozentualer Anteil der einzelnen Komponenten am geförderten Rohwasser für die vier Betriebszustände

Die Modellierungsergebnisse zeigen die starke Abhängigkeit des WW Briesen vom Spreewasser. Der Anteil der Rohwasserkomponente „Infiltrat“ beträgt im Normalfall bereits mehr als $\frac{2}{3}$ und steigt für den Betriebszustand „AUSFALL SF“ auf 85 % an. Der Uferfiltratanteil ist mit weniger als 5 % bei allen Betriebszuständen am kleinsten. Berücksichtigt man neben dem Infiltratwasser auch das Uferfiltrat als sulfatreiches Spreewasser, dann ist das Verhältnis zwischen sulfatreichem zu sulfatarmen Wasser für die Betriebszustände „MEHR“ und „AUSFALL SF“ nahezu gleich (5,66 : 1 bzw. 5,61 : 1).

Die gehobene Grundwassermenge an der Zentralfassung liegt im Betriebszustand „NORMAL“ bei 2.050 m³/d. Dies entspricht der Menge von rund 2.000 m³/d verfügbaren Grundwassers, welche bereits im hydrogeologischen Gutachten (AKS, 2002) angegeben wurde. Eine Differenzierung des geförderten Grundwassers nach Zentral- und Spreebogenfassung zeigt, dass beide Fassungen vergleichbare Mengen an neubildungsbürtigem Grundwasser liefern (Abb. 6.3). Dies macht die zentrale Bedeutung der Spreebogenfassung im Trinkwasserversorgungssystem deutlich. Die Spreebogenfassung trägt trotz ihrer insgesamt deutlich niedrigeren Fördermenge maßgeblich zur Bereitstellung von sulfatarmen Wasser bei.



Abb. 6.3 Anteile der Spreebogenfassung (SF) und der Zentralfassung (ZF) an der Gesamtmenge gehobenen sulfatarmen Grundwassers aus dem unterirdischen Einzugsgebiet für die Betriebszustände „NORMAL“ und „MEHR“

6.2 Berechnung der Sulfatkonzentrationen

Für jedes der acht Gefährdungsszenarien wird auf Basis der modellgestützt ermittelten Anteile der Rohwasserkomponenten über eine Mischungsrechnung die hypothetische Rohmischwasser- und damit Reinwasserkonzentration ermittelt. Für die Komponenten Infiltrationswasser und Uferfiltrat wird die Spreewasserkonzentration der gewählten Datenreihen aus dem Sulfatprognosemodell (Periode 2025, Wiederkehrintervall $T = 2$ a, $T = 10$ a, s. Abschnitt 5.3) und für die Komponente Grundwasser konstant 50 mg/l Sulfat angesetzt (s. Abschnitt 3.3.4). Da die Sulfatereignisse des Sulfatprognosemodells mittlere monatliche Werte vorgeben, wurden Mischungsrechnungen für die einzelnen Monate des Kalenderjahres durchgeführt. Dabei werden im Falle der Betriebszustände 1, 2 und 4 die Anteile der Komponenten (Mischungsanteile) über das Jahr hinweg konstant angenommen. Im Falle des Betriebszustandes 3 „AUSFALL SF“ werden dessen Mischungsanteile für zwei Monate (Juni, Juli) und im Rest des Jahres die Mischungsanteile des Betriebszustandes „NORMAL“ verwendet. Die Ausfallmonate Juni und Juli zeigen innerhalb der gewählten Datenreihen des Sulfatprognosemodells die höchsten Sulfatkonzentrationen in der Spree (worst-case-Betrachtung).

Plausibilitätsprüfung des Berechnungsansatzes anhand gemessener Daten

Für die Plausibilitätsprüfung werden die modellgestützt ermittelten Anteile der Rohwasserkomponenten des Betriebs-/ Referenzzustandes „NORMAL“ verwendet. In die Mischungsrechnung für die Plausibilitätsprüfung gehen die gemessenen Sulfatkonzentrationen der Spree des Jahres 2016 ein, aus denen Monatsmittelwerte gebildet wurden. Pro Monat lagen 3 bis 9 Sulfatanalysen für die Mittelwertbildung vor. Die resultierenden hypothetischen monatlichen Sulfatkonzentrationen des Rohmisch- bzw. Reinwassers stimmen gut mit den laboranalytisch im Reinwasser bestimmten Sulfatkonzentrationen überein (Abb. 6.4). Im Jahresmittel ist die berechnete Konzentration 9 mg/l höher als die gemessene. Die Abweichung lässt sich u.a. darauf zurückführen, dass die Mischungsrechnung die Auswirkungen des unterschiedlichen Infiltrationsgeschehens (innerjährliche Betriebsanpassungen) und der Grundwasserpassage nicht berücksichtigt werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass das Jahr 2016 hydrologisch und hydrodynamisch einen mittleren Zustand der letzten Jahre repräsentiert, die Sulfatkonzentration der Spree jedoch etwas nach oben abweicht. Die gemessenen Konzentrationen sind mit denen des Wiederkehrintervalls $T = 5$ a des Sulfatprognosemodells (DHI WASY, 2017 und 2019) vergleichbar, die in Abschnitt 5.3 dokumentiert sind.

Der Median des pro Monat im Jahr 2016 bestimmten Anteils des Infiltrationswassers an der Gesamtförderung liegt bei 70 % und steht somit in guter Übereinstimmung mit dem vom Modell ermittelten Anteil in Höhe von 68 % (vgl. Abb. 6.4). Innerjährlich schwankt der Anteil der Infiltrationsmenge im Jahr 2016 zwischen 59 % und 86 %. FWA nahm in der Vergangenheit die Infiltrationsmenge zu einem gewissen Grad zurück, wenn die Sulfatkonzentration in der Spree anstieg. In den Monaten November und Dezember eines Jahres wird grundsätzlich mehr infiltriert, um abzusichern, dass in den Monaten Januar und Februar ausreichend Grundwasser zur Verfügung steht, da die Infiltrationsbecken in diesen Monaten zufrieren könnten und in diesem Fall eine Infiltration unmöglich würde.

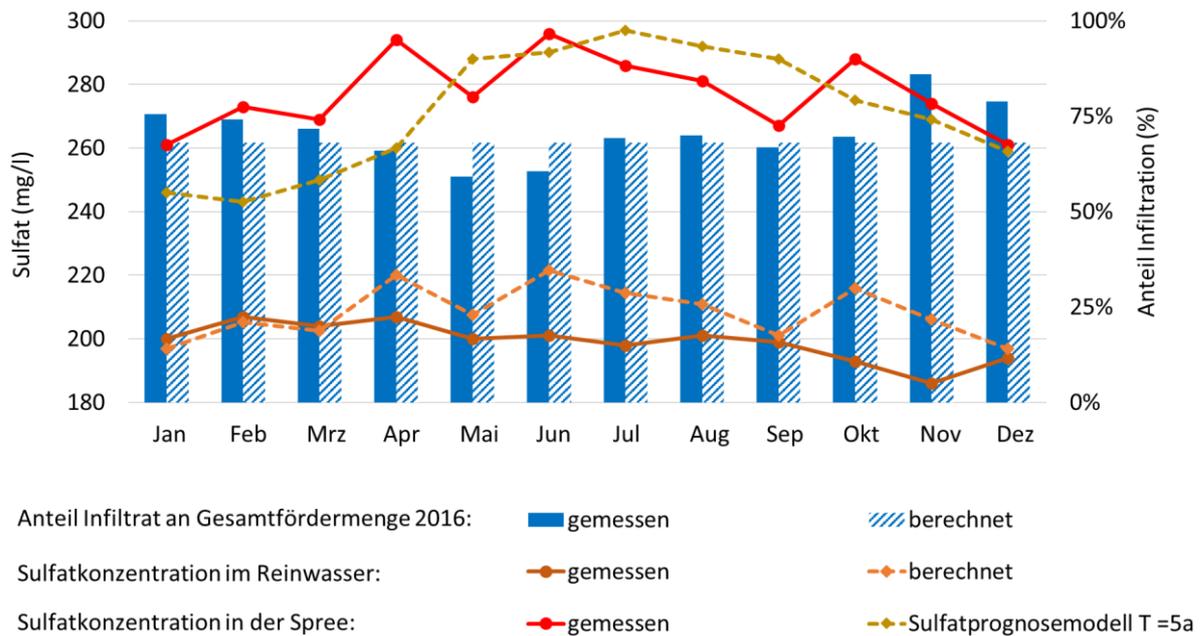


Abb. 6.4 Gegenüberstellung gemessener und berechneter Größen auf Grundlage von Daten des Jahres 2016 („Normal-Zustand“): Anteil der Infiltration an der Gesamtförderung, Sulfatkonzentration im Reinwasser

Ergebnisse für die Reinwasserkonzentration in den Gefährdungsszenarien

Die Ergebnisse der Mischungsrechnung sind für jeden Betriebszustand in den Abb. 6.5 bis Abb. 6.8 dargestellt. Die Diagramme zeigen die wesentlichen Eingangsgrößen für die jeweilige Mischungsrechnung. Im unteren Diagrammbereich werden die prozentualen Anteile der Rohwasserkomponenten als Balken gezeigt (blau = Grundwasser, rosa=Infiltrat, orange = Uferfiltrat). Die Linien dokumentieren die Sulfatkonzentration der Spree für die Sulfatereignisse T = 2 a (Punkte) und T = 10 a (Quadrate) aus dem Sulfatprognosemodell im Jahresgang (rosa) und die berechnete Sulfatkonzentration im Reinwasser (schwarz). Somit enthält jedes Diagramm je zwei Gefährdungsszenarien gebündelt entsprechend der Nummerierung aus Tab 5.1. Die Farben im Hintergrund der Sulfatganglinien unterstützen die Einordnung in die folgenden Konzentrationsbereiche für Sulfat:

- < 200 mg/l (grün)
- 200–250 mg/l (gelb) – „Vorwarnstufe“ (250 mg/l minus Messfehler minus operationeller Puffer)
- > 250 mg/l (rot) – Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes

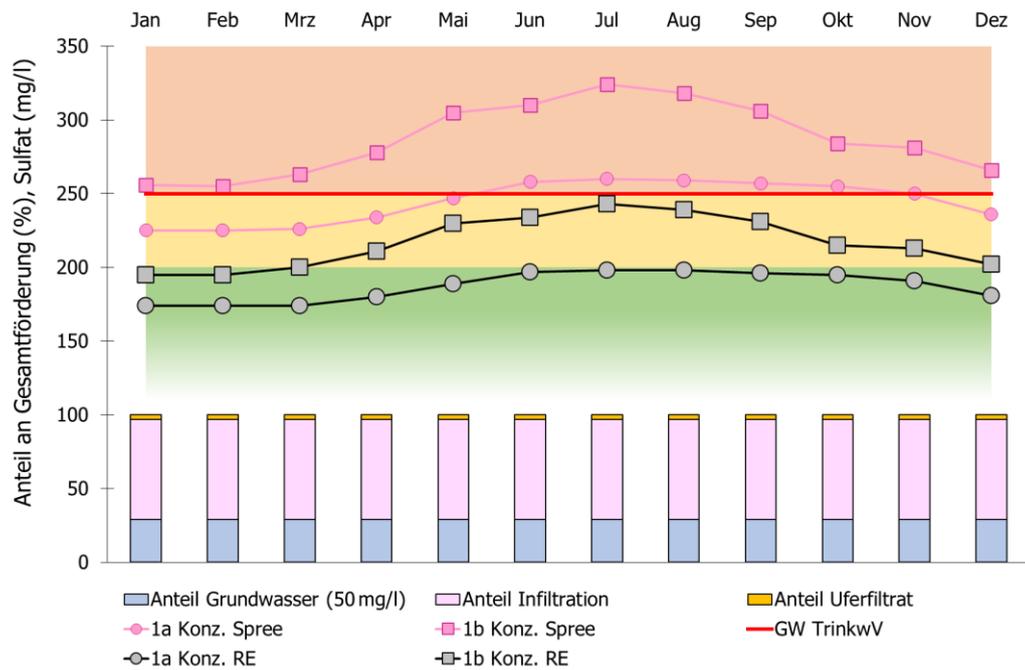


Abb. 6.5 Betriebszustand (1) „NORMAL“. Unten: Rohwasseranteile in %. Ganglinien der Sulfatkonzentrationen der Spree für die Sulfatereignisse T = 2 a (Punkte) und T =10 a (Quadrate) aus dem Sulfatprognosemodell (rosa). Errechnete Reinwasserkonzentration (schwarz)

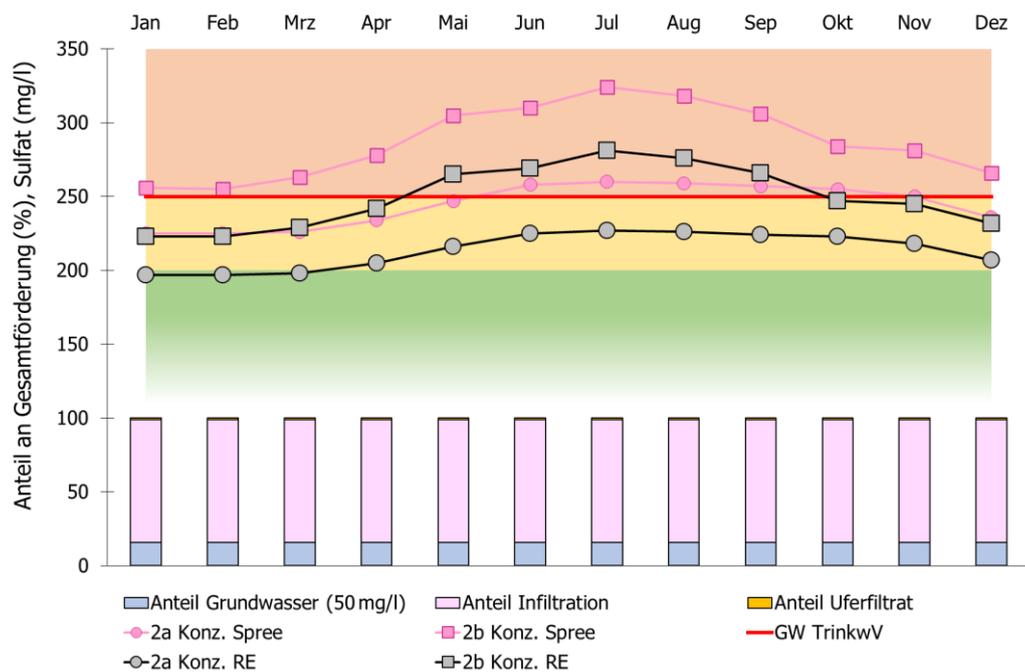


Abb. 6.6 Betriebszustand (2) „MEHR“. Unten: Rohwasseranteile in %. Ganglinien der Sulfatkonzentrationen der Spree für die Sulfatereignisse T = 2 a (Punkte) und T =10 a (Quadrate) aus dem Sulfatprognosemodell (rosa). Errechnete Reinwasserkonzentration (schwarz)

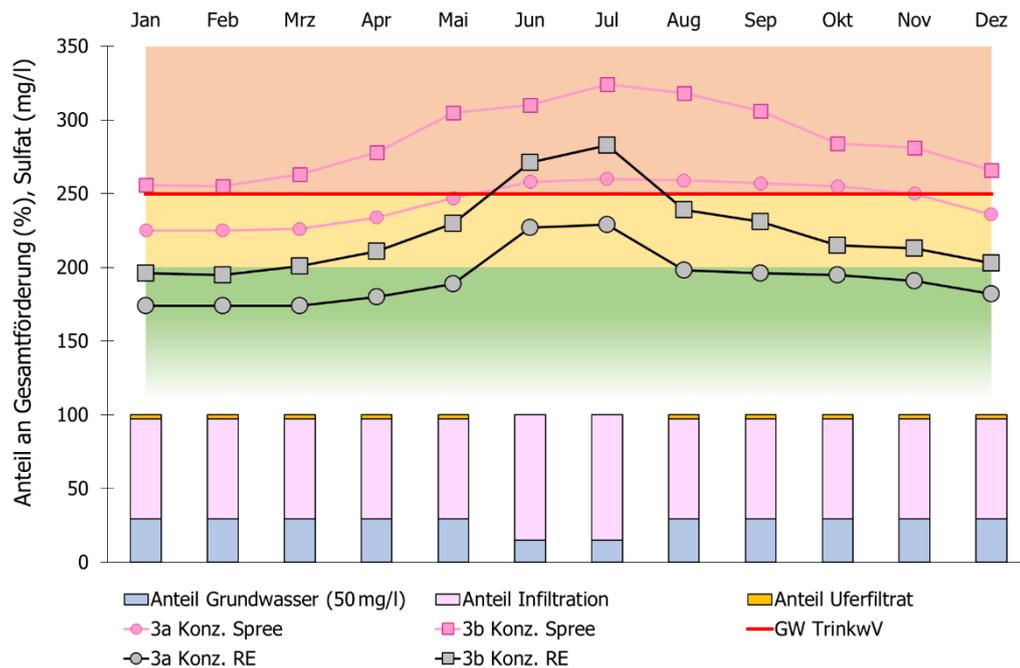


Abb. 6.7 Betriebszustand (3) „AUSFALL SF“. Unten: Rohwasseranteile in %. Ganglinien der Sulfatkonzentrationen der Spree für die Sulfatereignisse T = 2 a (Punkte) und T = 10 a (Quadrate) aus dem Sulfatprognosemodell (rosa). Errechnete Reinwasserkonzentration (schwarz)

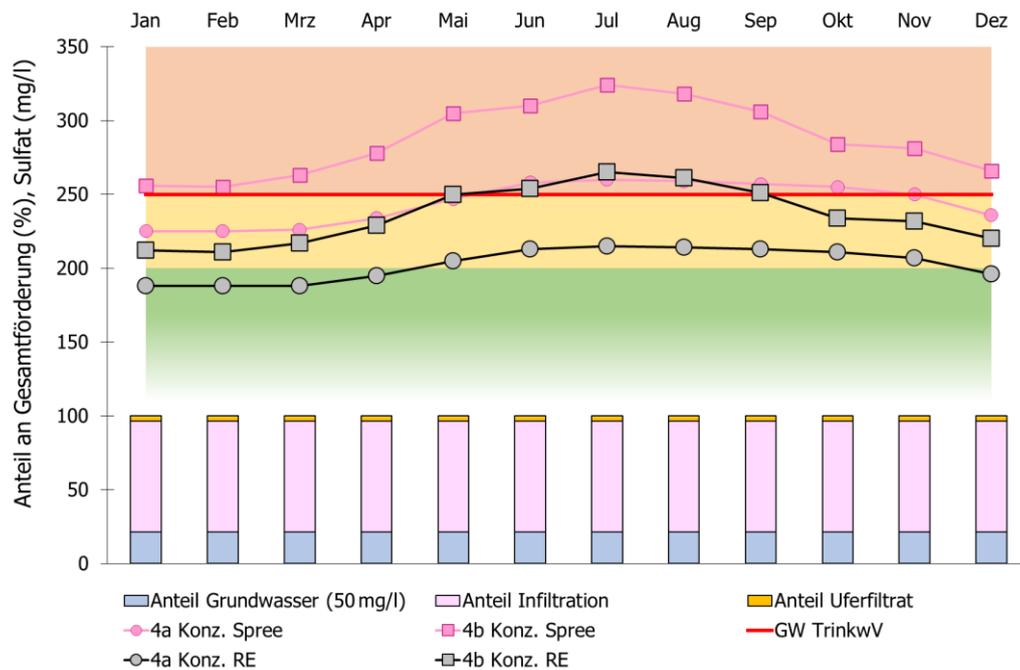


Abb. 6.8 Betriebszustand (4) „TROCKEN“. Unten: Rohwasseranteile in %. Ganglinien der Sulfatkonzentrationen der Spree für die Sulfatereignisse T = 2 a (Punkte) und T = 10 a (Quadrate) aus dem Sulfatprognosemodell (rosa). Errechnete Reinwasserkonzentration (schwarz)

Für jeden Betriebszustand wird die theoretische Sulfatkonzentration der Spree ermittelt, bei der die Reinwasserkonzentration 200 mg/l bzw. 250 mg/l überschreitet (Tab. 6.2). Zur Überschreitung von 200 mg/l liegt sie je nach Betriebszustand zwischen 226 mg/l und 262 mg/l Sulfat. Dies entspricht etwa dem Konzentrationsbereich des gewählten Sulfatprognosemodells mit dem Wiederkehrintervall $T = 2$ a (225 – 260 mg/l). Damit ergibt sich, dass lediglich im Betriebszustand „NORMAL“ die 200 mg/l ganzjährig knapp unterschritten werden. Bei den anderen Betriebszuständen ist mit einer regelmäßigen Überschreitung von 200 mg/l zu rechnen (Abb. 6.9).

Eine Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes kann im Betriebszustand „NORMAL“ beim Wiederkehrintervall $T = 20$ a erwartet werden. Beim Betriebszustand „MEHR“ und „AUSFALL SF“ ist bereits ab dem Wiederkehrintervall $T = 5$ a und beim Betriebszustand „TROCKEN“ ab dem Wiederkehrintervall $T = 10$ a mit einer Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes für Sulfat zu rechnen (Abb. 6.9).

Tab. 6.2 Theoretische Sulfatkonzentrationen in der Spree, welche bei den Mischungsverhältnissen der vier Betriebszustände zu einer Überschreitung von 200 mg/l bzw. 250 mg/l Sulfat im Reinwasser führen

Betriebszustand	Theoretische Konzentration in der Spree (mg/l)	
	für Reinwasser > 200 mg/l	für Reinwasser > 250 mg/l
1 NORMAL	262	333
2 MEHR	228	288
3 AUSFALL SF	226	285
4 TROCKEN	241	304

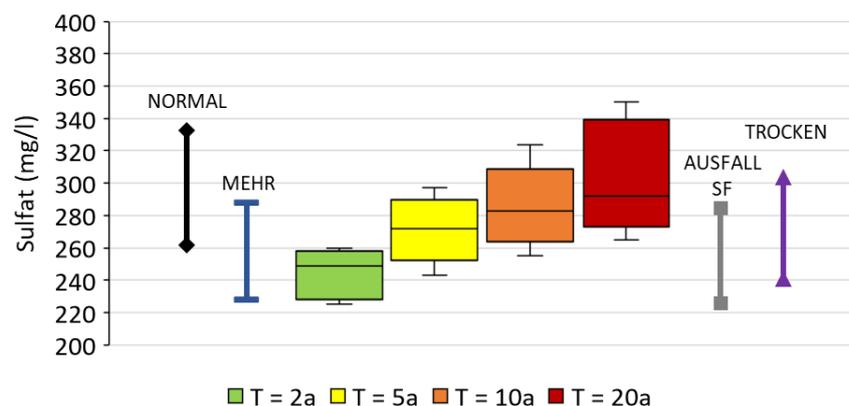


Abb. 6.9 Boxplots der Sulfatkonzentration der Wiederkehrintervalle aus dem Sulfatprognosemodell für die Periode 2025 (DHI, 2017 und 2019). Spannweite der theoretischen Sulfatkonzentration der Spree für jeden Betriebszustand, bei dem 200 mg/l (untere Markierung) und 250 mg/l (obere Markierung) im Reinwasser überschritten werden

7 Risikoabschätzung

7.1 Einleitung

Die Risikoabschätzung umfasst nach DIN EN 15975-2 die Risikoanalyse (Abschnitt 7.2) und die Risikobewertung (Abschnitt 7.3) der in Abschnitt 5.4 definierten Gefährdungsszenarien. Ein Risiko setzt sich zusammen aus den Risikokomponenten Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Szenarios bezeichnet die Möglichkeit, dass ein Szenario eintritt (gering bis hoch). Das Schadensausmaß beschreibt die Größe des zu erwartenden eintretenden Schadens (klein bis schwer). Dabei ist es unerheblich, auf welcher Grundlage die Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß bestimmt werden (objektiv/ subjektiv; qualitativ/ quantitativ). Wichtig ist, dass jeweils individuelle Skalen zur Abstufung der Risikokomponenten in einer interdisziplinären Arbeitsgruppe entwickelt und abgestimmt werden. Dies hat den Vorteil, dass z. B. Erfahrungen aus dem Betrieb mit objektiven Kennzahlen kombiniert werden können und somit eine große Bandbreite aus harten und weichen Faktoren Eingang in die Betrachtung finden können.

Bei der Risikoanalyse wird für jedes Gefährdungsszenario das Risiko ermittelt, üblicherweise indem die Eintrittswahrscheinlichkeit mit dem Schadensausmaß multipliziert wird. Stellt man dieses Ergebnis in einer Risikomatrix dar, erhält man eine übersichtliche Darstellung der Risiken der einzelnen Gefährdungsszenarien. Die Festlegung der Risikoklassen, d. h. die Definition dessen, was ein kleines, mittleres und großes Risiko darstellt, erfolgt individuell.

Im Rahmen der Risikobewertung wird ein Vergleich und eine Priorisierung der Risiken in Bezug auf deren Wirkung auf die Integrität des Trinkwasserversorgungssystems vorgenommen. Dies soll herausstellen, für welche Risiken vorrangig Maßnahmen zur Risikobeherrschung entwickelt werden müssen.

7.2 Risikoanalyse

Das Vorgehen der Risikoanalyse für das WW Briesen ist in Abb. 7.1 dargestellt. Die Grundlage dafür bildet die Gefährdungsanalyse mit den Betriebszuständen, den Sulfatereignissen und der Mischungsrechnung (Kapitel 5 und 6). In einer interdisziplinären Arbeitsgruppe aus MWAE, LBGR, MSGIV, Gesundheitsämtern LOS und Frankfurt (Oder), FWA GmbH, AKS GmbH und GCI GmbH wurden die Kriterien für die Eintrittswahrscheinlichkeit, das Schadensausmaß und das Risiko ermittelt und abgestimmt. Die Ergebnisse des Abstimmungsprozesses werden im Folgenden dargelegt.

Es wurden vier **Eintrittswahrscheinlichkeiten (E)** festgelegt (Tab. 7.1). Als Rahmen für die Ermittlung der Wahrscheinlichkeitsklassen dienen die Wiederkehrintervalle der Sulfatszenarien.

Nach der vorliegenden Klassifizierung ist ein Sulfatereignis, welches im Normalbetrieb alle 2 Jahre auftritt (Szenario 1a), sehr wahrscheinlich ($E = 4$). Das 10-jährige Sulfatereignis im Normalbetrieb (Szenario 1b) erhält die Klassifizierung „möglich“ ($E = 2$).

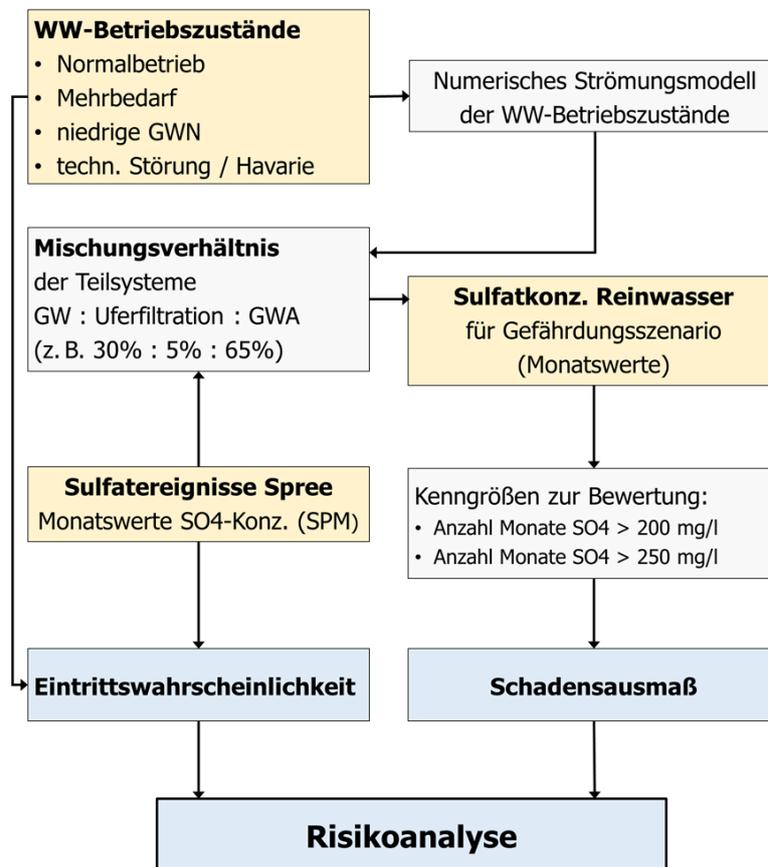


Abb. 7.1 Vorgehen der Risikoanalyse für das WW Briesen auf Grundlage der DIN EN 15975-2

Tab. 7.1 Klassifizierung der Eintrittswahrscheinlichkeiten für die Risikoanalyse WW Briesen.

Eintrittswahrscheinlichkeit (E)	Kennung	Beschreibung
E = 1	unwahrscheinlich	Ein Ereignis tritt deutlich seltener als alle 10 Jahre ein.
E = 2	möglich	Es ist möglich, dass dieses Ereignis in einem Zeithorizont von 10 Jahren eintritt. Dieser Zeitraum wurde analog zum Wiederkehrintervall $T = 10a$ der prognostizierten Sulfatwerte gewählt.
E = 3	wahrscheinlich	Mit dem Eintreten dieses Ereignisses ist in einem Zeithorizont zwischen 2 und 10 Jahren zu rechnen.
E = 4	sehr wahrscheinlich	Diese Ereignisse treten sehr häufig auf und entsprechen dem Wiederkehrintervall $T = 2a$ des Sulfatprognosemodells.

Zur Ermittlung des **Schadensausmaßes (S)** wurde der Trinkwassergrenzwert herangezogen. Wird dieser im Jahresgang der Reinwasserkonzentration auch nur einmal überschritten, handelt es sich um die höchste Schadensklasse. Als Vorwarnstufe wurde der Konzentrationsbereich zwischen 200 und 250 mg/l festgelegt. Wird dieser Konzentrationsbereich im Jahresgang einmal erreicht, handelt es sich um einen mittleren Schaden. Bei Konzentrationen unter 200 mg/l liegt kein Schaden vor (Tab. 7.2).

Tab. 7.2 Schadensausmaß für die Risikoanalyse des WW Briesen

Schadensausmaß (S)	Reinwasserkonzentration Sulfat (mg/l)	Beschreibung
S = 1	≤ 200 mg/l	Keine Gefährdung der Trinkwasserversorgung
S = 2	> 200 und ≤ 250	Vorwarnstufe, potenzielle Gefährdung angezeigt
S = 3	> 250	Überschreitung des Trinkwassergrenzwerts, akuter Handlungsbedarf seitens Versorger und Behörden

Das **Risiko (R)** eines Gefährdungsszenarios ergibt sich, wenn die Koordinaten (Eintrittswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß) eines Gefährdungsszenarios in eine Matrix eingetragen werden (Abb. 7.2). Dabei stehen der geringste Schaden (1) und das seltenste Ereignis (1) links oben und der größte Schaden (3) und die größte Eintrittswahrscheinlichkeit (4) rechts unten. Um eine Einordnung der Risiken vornehmen zu können, müssen Risikoklassen definiert werden. Um die Besonderheiten der Risikoanalyse für das WW Briesen hinsichtlich des Parameters Sulfat abbilden zu können, wurde statt der einfachen Multiplikation von E und S zur Ermittlung von R eine angepasste Belegung der Risikoklassen in der Matrix abgestimmt. Die folgenden drei Risikoklassen werden verwendet:

1. Geringes Risiko – kein Handlungsbedarf erforderlich (grün hinterlegte Felder der Matrix, Abb. 7.2). Darunter fallen alle Gefährdungsszenarien mit $S = 1$, unabhängig davon wie häufig sie auftreten, da die Sulfatkonzentrationen ganzjährig unter 200 mg/l liegen. Auch ein Ereignis mit mittlerem Schadensausmaß ($S = 2$) und mit unwahrscheinlichem Eintreten ($E = 1$) stellt kein Risiko dar
2. Signifikantes Risiko – Handlungsbedarf angezeigt (gelb hinterlegte Felder der Matrix, Abb. 7.2). Diese Klasse umfasst Ereignisse mit mittlerem Schadensausmaß ($S=2$) und möglichem sowie wahrscheinlichem Eintreten ($E = 2$ und $E = 3$). Aufgrund des unwahrscheinlichen Auftretens wird auch ein Ereignis mit $E = 1$ und $S = 3$ dieser Klasse zugeordnet.
3. Hohes Risiko – Handlungsbedarf erforderlich (rot hinterlegte Felder der Matrix, Abb. 7.2). Darunter fallen alle Ereignisse mit einem hohen Schadensausmaß ($S = 3$) bei Eintrittswahrscheinlichkeiten von $E \geq 2$, da der Trinkwassergrenzwert häufiger überschritten wird. Ein hohes Risiko wird auch dem

Ereignis mit einem mittleren Schadensausmaß ($S=2$) mit einem sehr wahrscheinlichen Eintreten ($E = 4$) zugeordnet. In diesem Fall wird der Trinkwassergrenzwert zwar nicht überschritten, jedoch liegt die mittlere Sulfatkonzentration dauerhaft im Bereich der Vorwarnstufe. Es kann nicht ausgeschlossen, dass z. B. bei einer höher aufgelösten zeitlichen Betrachtung (z. B. Tage oder Wochen) es zu einer Grenzwertüberschreitung kommen kann. Ein Szenario, bei dem mindestens alle zwei Jahre ein solcher Konzentrationsverlauf auftritt, wird damit wegen des andauernden Vorsorgeaufwands als hohes Risiko gewertet.

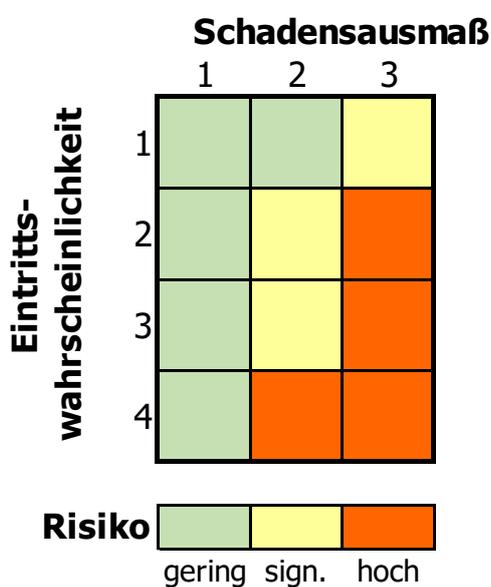


Abb. 7.2 Abgestimmte Risikomatrix für die Risikoanalyse WW Briesen bezüglich Sulfatbelastungen des Reinwassers

7.2.1. Eintrittswahrscheinlichkeiten der Gefährdungsszenarien

Tab. 7.3 zeigt die ermittelten Eintrittswahrscheinlichkeiten (E) für die acht Gefährdungsszenarien.

Tab. 7.3 Eintrittswahrscheinlichkeiten (E) der Gefährdungsszenarien

Gefährdungsszenario	Eintrittswahrscheinlichkeit (E)	Begründung
1a	4 (sehr wahrscheinlich)	Ist-Zustand (Normalzustand mit 2-jährigem Sulfatereignis)
1b	2 (möglich)	Normalzustand mit 10-jährigem Sulfatereignis
2a	4 (sehr wahrscheinlich)	FWA geht davon aus, dass in naher Zukunft der Wasserbedarf steigen wird; die Ausnutzung der wasserrechtlich erlaubten Menge ist eingeplant. Damit hat der Mehrbedarf die gleiche Wahrscheinlichkeit wie der Normalbedarf.
2b	2 (möglich)	Mehrbedarf mit 10-jährigem Sulfatereignis (analog Szenario 1b)
3a	1 (unwahrscheinlich)	Ausfall der Spreebogenfassung tritt seltener als alle 10 Jahre auf
3b	1 (unwahrscheinlich)	Ausfall der Spreebogenfassung tritt seltener als alle 10 Jahre auf
4a	2 (möglich)	Die jüngsten klimatischen Bedingungen zeigen, dass längere Trockenphasen alle 10 Jahre möglich sind; die Trockenphase fällt mit dem sehr wahrscheinlichen Sulfatereignis mit einem Wiederkehrintervall von 2 Jahren zusammen
4b	1 (unwahrscheinlich)	Ein Zusammenfallen einer längeren Trockenphase mit einem 10-jährigen Sulfatereignis ist deutlich weniger wahrscheinlich als das Zusammenfallen mit dem 2-jährigen Ereignis im Szenario 4a

7.2.2. Schadensausmaß der Gefährdungsszenarien

Die im Jahr 2016 gemessenen und mit dem Mischungsansatz berechneten monatlichen Sulfatkonzentrationen im Reinwasser (Abb. 6.4) werden für die Plausibilisierung der Schadensausmaßbestimmung herangezogen. Bei einer Bewertung des Schadensausmaßes auf Basis der Monatsmittelwerte der gemessenen Reinwasserkonzentration ergeben sich 5 Monate mit Überschreitung von 200 mg/l und damit ein Schadensausmaß $S = 2$. Allerdings liegen die mittleren gemessenen Reinwasserkonzentrationen in vier weiteren Monaten sehr nahe an der Grenze von 200 mg/l. Schon geringe Veränderungen der Eingangsdaten können zu einer Überschreitung führen. Wären die Sulfatkonzentrationen 1–3 mg/l höher, käme es an insgesamt 9 Monaten zur Überschreitung.

Bei der Berechnung der Reinwasserkonzentration aus den Mischungsverhältnissen und aus den Monatsmittelwerten der gemessenen Spree-Konzentration ergeben sich 10 Monate mit Überschreitung von 200 mg/l und damit ebenfalls ein Schadensausmaß $S = 2$ (Abb. 6.4).

Es lässt sich schlussfolgern, dass mit dem vorliegenden Ansatz das Schadensausmaß der Gefährdungsszenarien plausibel abgebildet werden kann.

Aus den Abb. 6.5 bis Abb. 6.8 ergeben sich für die acht Gefährdungsszenarien die in Tab. 7.4 aufgeführten Schadensausmaße.

Tab. 7.4 Schadensausmaß (S) der Gefährdungsszenarien

Gefährdungsszenario	Schadensausmaß (S)	Begründung
1a	1	Konzentrationen immer unter 200 mg/l
1b	2	Konzentrationen > 200 und ≤ 250 werden in 9 Monaten erreicht
2a	2	Konzentrationen > 200 und ≤ 250 werden in 9 Monaten erreicht
2b	3	Konzentrationen > 250 mg/l werden in 5 Monaten erreicht
3a	2	Konzentrationen > 200 und ≤ 250 werden in 2 Monaten erreicht
3b	3	Konzentrationen > 250 mg/l werden in 2 Monaten erreicht
4a	2	Konzentrationen > 200 und ≤ 250 werden in 7 Monaten erreicht
4b	3	Konzentrationen > 250 mg/l werden in 4 Monaten erreicht

7.2.3. Risikomatrix

Anhand der ermittelten Eintrittswahrscheinlichkeit (E) und des Schadensausmaßes (S) wurde jedes Gefährdungsszenario in die Risikomatrix eingetragen (Abb. 7.3). Die vorher definierten Risikoklassen ermöglichen nun eine schnelle Ermittlung des individuellen Risikos der Gefährdungsszenarien:

- Ein geringes Risiko weisen die Szenarien 1a und 3a auf.
- Die Szenarien 3b, 4a und 4b weisen ein signifikantes Risiko auf. Im Fall 3b und 4b würde es tatsächlich zu Grenzwertüberschreitungen kommen. Allerdings ist eher unwahrscheinlich, dass diese Ereignisse eintreten.
- Die Szenarien des Mehrbedarfs (2a und 2b) haben beide ein hohes Risiko. Im Fall von 2a liegen die mittleren Reinwasserkonzentrationen bereits 9 Monate oberhalb von 200 mg/l, jedoch noch unterhalb des Trinkwassergrenzwertes. Es besteht folglich die Gefahr, dass es bei kleineren Schwankungen der Bewirtschaftungsform oder Sulfatkonzentrationen im Spreewasser zu Grenzwertüberschreitungen kommen kann. Im Fall 2b wird der Trinkwassergrenzwert fünf Monate in Folge überschritten und es ist möglich, dass dieses Ereignis ungefähr alle 10 Jahre auftritt.

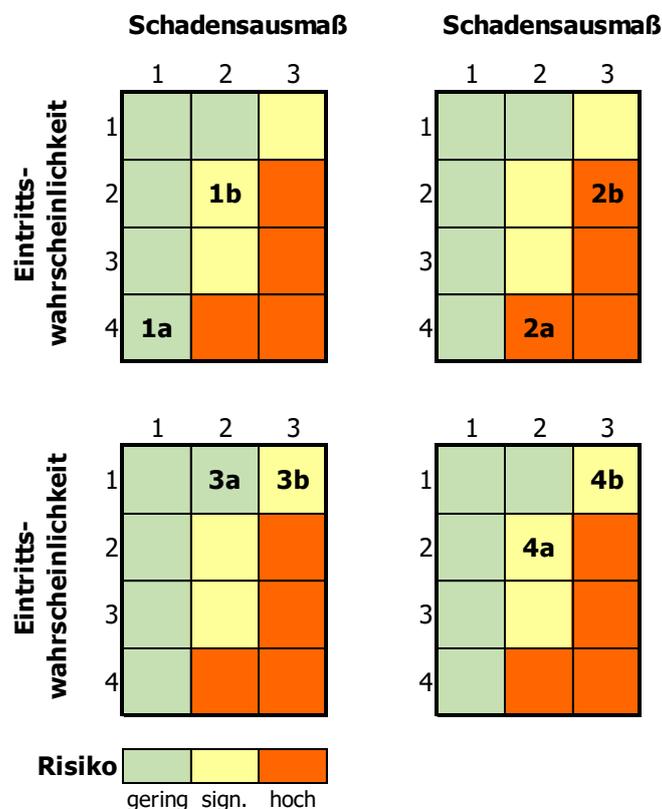


Abb. 7.3 Einordnung der acht Gefährdungsszenarien in die Risikomatrix und Zuordnung der Risikoklasse

7.3 Risikobewertung

Die Gefährdungsszenarien wurden hinsichtlich ihrer Risikoklasse wie folgt priorisiert:

1. hohe Risiken: für diese Risiken ist eine Entwicklung von Maßnahmen zur Risikobeherrschung zwingend erforderlich
2. signifikante Risiken: mittel- bis langfristig sollten Maßnahmen vorliegen, welche diese Risiken beherrschen können
3. geringe Risiken: keine Maßnahmen zur Risikobeherrschung erforderlich

Die Priorisierung der Gefährdungsszenarien für die Entwicklung von Maßnahmen ist in Tab. 7.5 zusammenfassend dargestellt. Die Abstufung der Priorität innerhalb einer Risikoklasse ist in der Spalte „Begründung“ näher erläutert.

Tab. 7.5 Priorität der Gefährdungsszenarien für die Ableitung von Maßnahmen zur Risikobeherrschung

Priorität	Gefährdungsszenario Betriebszustand/ Wiederkehrintervall	Risiko- klasse	E	S	Begründung zur Priorität für die Maßnahmenentwicklung
1	2b „MEHR“/T=10a	hoch	2	3	Überschreitung Trinkwassergrenzwert alle ≈ 10 a
2	2a „MEHR“/T=2a	hoch	4	2	sehr häufig (alle ≈ 2 a) deutliche, fast ganzjährige Überschreitung 200 mg/l mit wenig Puffer zu 250 mg/l
3	1b „NORMAL“/T=10a	signif.	2	2	entspricht aktuellem Normalbetrieb mit Sulfatgehalten zwischen 255 und 324 mg/l in der Spree
4	4a „TROCKEN“/T=2a	signif.	2	2	Konzentrationsverlauf etwas niedriger als in Szenario 1b; zudem wird in Trockenphasen geringere Sulfatkonzentration in der Spree erwartet als vom SPM berechnet
5	4b „TROCKEN“/T=10a	signif.	1	3	Trinkwassergrenzwert wird überschritten, aber Szenario sehr selten; zudem wird in Trockenphasen geringere Sulfatkonzentration in der Spree erwartet als vom SPM berechnet
6	3b „AUSFALL SF“/T=10a	signif.	1	3	Trinkwassergrenzwert wird überschritten, aber Szenario sehr selten; Maßnahmen zur Beherrschung Ausfall SF würden andere Risiken nicht beherrschen
7	3a „AUSFALL SF“/T=10a	gering	1	2	geringer Schaden, aber sehr selten
8	1a „NORMAL“/T=2a	gering	4	1	häufig, aber kein Schaden

8 Maßnahmen zur Risikobeherrschung

8.1 Einleitung

Aus der Risikoanalyse (Abschnitt 7.2) geht hervor, dass bei den betrachteten Abweichungen vom mittleren Betriebszustand (NORMAL) damit zu rechnen ist, dass der Grenzwert nach Trinkwasserverordnung zwei bis fünf Monate am Stück überschritten wird.

In der Risikobewertung (Abschnitt 7.3) wird herausgestellt, dass prioritär Maßnahmen für die Beherrschung der Gefährdungsszenarien des Mehrbedarfs zu entwickeln sind, da diese das größte Risiko der Sulfatgrenzwertüberschreitung darstellen. Dafür wurde ein Maßnahmenkatalog nach dem S-T-O-P-Prinzip erarbeitet. Dieser Maßnahmenkatalog wird einer Nutzwertanalyse unterzogen, um eine Vorzugsvariante abzuleiten.

8.2 Maßnahmenvorschläge nach dem S-T-O-P-Prinzip

Zur Maßnahmenentwicklung wurde das im Risikomanagement häufig verwendete S-T-O-P – Prinzip herangezogen und um einen Punkt („U“) ergänzt. Die Maßnahmen werden in folgender Rangfolge berücksichtigt:

S	Substitution. Darunter fallen in diesem Projekt Maßnahmen, die darauf abzielen, den Anteil an Infiltrationswasser durch die Erschließung andere Wasserquellen zu ersetzen bzw. zu reduzieren.
T	Technische Maßnahmen. Dies beinhaltet Maßnahmen zur technischen Behandlung des Rohwassers
O	Organisatorische Maßnahmen. Auf diese Handlungsansätze wird zurückgegriffen, um mit der bestehenden Situation umzugehen.
P	Persönliche Schutzmaßnahmen
U	Verhaltensbezogene Maßnahmen zum Umgang mit den Sulfateinflüssen. Dieser Punkt wurde ergänzt, um die nötigen Kommunikationsmaßnahmen zwischen Betreiber, Gesundheitsämtern und Verbrauchern zu berücksichtigen.

Unter den gegebenen Bedingungen am WW Briesen sind substituierende und technische Maßnahmen vorrangig zu betrachten, da diese in der Lage sind, den Wasserbedarf zu sichern und die Sulfatkonzentration zu senken. Organisatorische Maßnahmen allein sind nicht ausreichend, wie auch der „Großversuch Sulfat“ gezeigt hatte, und nur in Kombination mit substituierenden und technischen Maßnahmen zielführend.

Der betrachtete Maßnahmenkatalog beruht auf einer Zusammenstellung der von FWA 2015 konzipierten und im Zuge der Gefährdungsabschätzung ergänzten Maßnahmen. In Abb. 8.1 sind die möglichen Maßnahmen zum Umgang mit dem Parameter Sulfat für das WW Briesen nach den Kategorien des S-T-O-P-U – Prinzips zusammengestellt. Die Karte in Abb. 8.2 ordnet die Maßnahmen räumlich ein. In den Abschnitten 8.2.1 und 8.2.2 werden die Maßnahmen näher erläutert.

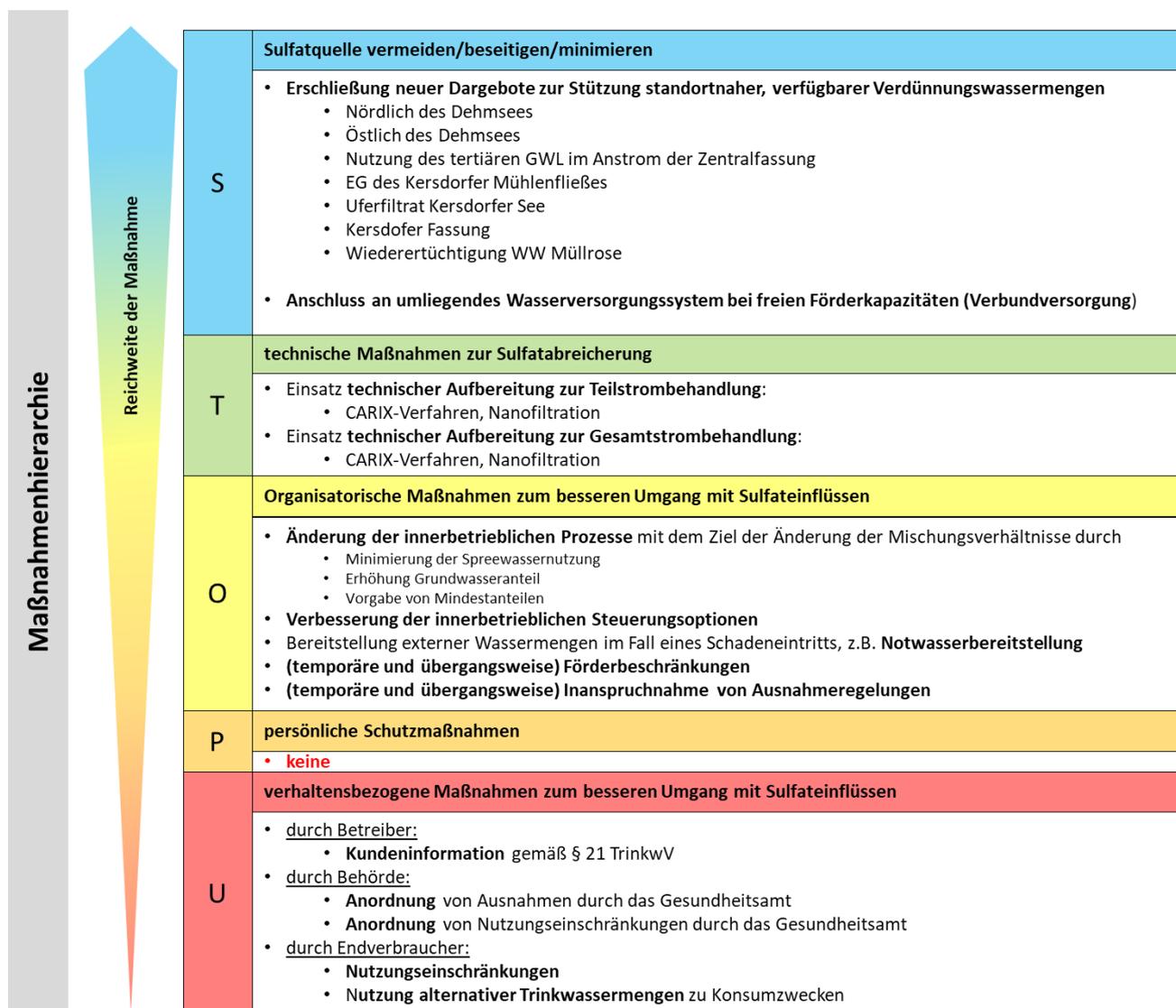


Abb. 8.1 Maßnahmenübersicht nach dem S-T-O-P-U-Prinzip

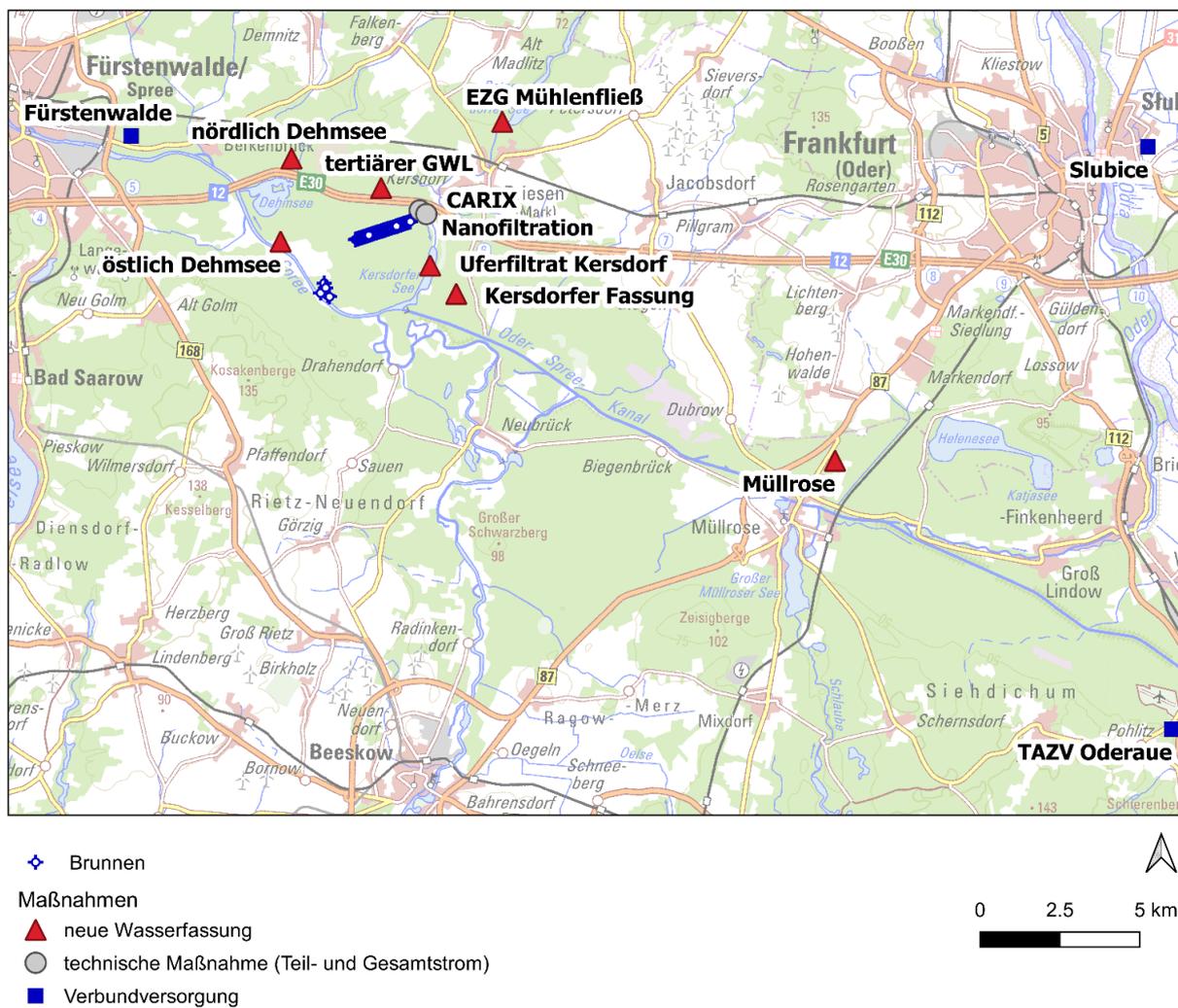


Abb. 8.2 Räumliche Übersicht der Maßnahmen zur Risikobeherrschung

8.2.1. Substituierende Maßnahmen

(a) Neue Wasserfassungen

Wasserfassung nördlich des Dehmsees

Ein noch unerschlossener Standort zur Grundwasserförderung befindet sich nördlich des Dehmsees zwischen Autobahn und Eisenbahnlinie. Damit würde die neue Fassung zwischen den bestehenden Fassungen Berkenbrück (Zweckverband Fürstenwalde) im Westen und der Zentralfassung (FWA) im Osten liegen. Eine Abschätzung des verfügbaren Grundwasserdargebots liegt nicht vor. Es wird hier aufgrund der Geologie von einer hinreichenden Menge ausgegangen.

Altdaten von 1985 (LBGR) weisen darauf hin, dass mit einer Sulfatkonzentration von 80 mg/l gerechnet werden kann. Es ist unklar, ob der Standort eine geogen salinare Beeinflussung bzw. Gefährdung aufweist.

Der Bau der Fassung umfasst den Bau von Brunnen zur Rohwasserförderung, den Bau einer Anschlussleitung zum WW Briesen und GWMS für das Monitoring.

Wasserfassung östlich des Dehmsees

Die Ausweisung einer zweiten Spreebogenfassung wurde bereits in VEB Hydrogeologie (1977) vorgenommen. Diese Fassung wäre östlich des Dehmsees und westlich der bestehenden Spreebogenfassung gelegen und würde sowohl Grundwasser aus dem nördlichen und südlichen Anstrom als auch Uferfiltrat fördern.

Die Schätzungen des Grundwasserdargebots belaufen sich nach VEB Hydrogeologie (1977) auf 6.800 m³/d. Die Sulfatkonzentration sollte im Bereich des geogenen Hintergrundes von 50 mg/l liegen. Der Fassungsstandort liegt nach LBGR und AKS (2002) im Einflussbereich geogen salinärer Tiefenwässer. Somit ist fraglich, ob die ausgewiesene Menge ohne eine Versalzung der Brunnen gefördert werden kann.

Der Bau der Fassung umfasst den Bau von Brunnen zur Rohwasserförderung, den Bau einer Anschlussleitung zum WW Briesen und GWMS für das Monitoring.

Nutzung des tertiären Grundwasserleiters im nördlichen Anstrom der Zentralfassung

Über den tertiären Grundwasserleiter (GWL) nördlich der Zentralfassung ist bekannt, dass das Grundwasser niedrige Sulfatkonzentrationen aufweist (< 30 mg/l). Hinzu kommt, dass für diesen Bereich bereits ein Wasserrecht vorliegt und somit keine weiteren Genehmigungen zur Wasserentnahme erforderlich wären. Schätzungen über das verfügbare Grundwasserdargebot liegen nicht vor. LBGR und AKS (2002) weisen eine großflächige Verbreitung salinar alkalisierter Wässer im tertiären GWL nach, die bei der Wahl des Fassungsstandortes und der Auslegung des Dargebots zu berücksichtigen sind.

Der Bau der Fassung umfasst den Bau von Brunnen zur Rohwasserförderung, den Bau einer Anschlussleitung zum WW Briesen und GWMS für das Monitoring.

Nutzung des Einzugsgebietes des Kersdorfer Mühlenfließes

Das Kersdorfer Mühlenfließ ist die Vorflut für den GWL 1 auf der nördlichen Hochfläche. Das Grundwasser-einzugsgebiet des Fließes erstreckt sich überwiegend auf den westlichen Teil der Hochfläche, da im Osten eine Aufragung von Geschiebemergel das Einzugsgebiet des Fließes begrenzt. Damit kommt als Standort für die Fassung nur die westliche Hochfläche in Frage. Das Fließ ist stark in die Hochfläche eingeschnitten und die Uferabschnitte bis zum Petershagener See sind sehr steil, somit muss die Fassung entweder direkt auf der Hochfläche errichtet werden oder zwischen dem Petershagener See und der Ortschaft Briesen.

Das geschätzte Grundwasserdargebot beläuft sich auf 2.400 m³/d. Wie hoch die Sulfatkonzentrationen im Einzugsgebiet des Fließes liegen, muss erkundet werden. Daten von 1985 (LBGR) weisen eine Spannbreite von 48 bis 301 mg/l Sulfat auf der Hochfläche auf (s. a. Abb. 3.7).

Der Bau der Fassung umfasst den Bau von Brunnen zur Rohwasserförderung, den Bau einer Anschlussleitung zum WW Briesen und GWMS für das Monitoring.

Uferfiltrat aus dem Kersdorfer See

Der Kersdorfer See ist der südlichste See der Madlitzer-Petershagener-Kersdorfer Seenkette. Er wird über das Kersdorfer Mühlenfließ und über das Grundwasser aus den GWL 1 und 2 gespeist (VEB Hydrogeologie, 1987). Der staureguliert See weist geringe Wasserstandsschwankungen auf. Seit 2009 steht der natürlich eutrophe See und seine Uferbereiche unter Naturschutz (<https://bravors.brandenburg.de/de/verordnungen-212418>). Das Grundwasser entlang des westlichen und nördlichen Ufers ist nach LBGR und AKS (2018) durch salinar alkalisiertes Tiefenwasser beeinflusst. Als potenzieller Standort für eine Uferfiltratfassung kommt ausschließlich das östliche Ufer in Frage.

Über die tatsächlich verfügbare Menge liegen keine Abschätzungen vor. Es gilt zu berücksichtigen, dass der Wasserstand des Sees gehalten werden muss.

Über die Sulfatkonzentration im Uferfiltrat liegen keine Informationen vor.

Der Bau der Fassung umfasst den Bau von Brunnen zur Rohwasserförderung, den Bau einer Anschlussleitung zum WW Briesen und GWMS für das Monitoring.

Kersdorfer Fassung

Der potenzielle Fassungsstandort befindet sich etwa 1,5 km östlich des Kersdorfer Sees. Im Gegensatz zu den anderen Standorten könnte mit dieser Fassung Grundwasser aus dem GWL 2 (bedeckter GWL) entnommen werden. Das Einzugsgebiet der Fassung würde sich auf die nordöstliche Hochfläche erstrecken, welche eine komplizierte Geologie aufweist. Erste Erkundungsarbeiten durch das LBGR und AKS (2015) deuten darauf hin, dass der GWL 2 im Bereich der geplanten Fassung sowohl mit dem GWL 1 als auch mit dem GWL 3 in Verbindung steht. Damit besteht für diesen Standort ebenfalls eine Versalzungsgefahr durch Zutritt geogen salinaren Tiefenwassers.

Aus einem ersten Pumpversuch am Standort lässt sich eine mittlere mögliche Förderrate von 4.500 m³/d abschätzen.

Messungen der Sulfatkonzentration von 2019 zeigen Sulfatkonzentrationen im Bereich von 10 – 80 mg/l (LBGR).

Der Bau der Fassung umfasst den Bau von Brunnen zur Rohwasserförderung, den Bau einer Anschlussleitung zum WW Briesen und GWMS für das Monitoring.

Wiederertüchtigung Wasserwerk Müllrose

Die FWA fördert am WW-Standort Müllrose bisher 100 m³/d, um ein Gewerbegebiet und einige wenige Grundstücke zu versorgen. Damit wird die wasserrechtliche Erlaubnis von 3.200 m³/d nicht ausgeschöpft. Diese Wassermenge kann zuverlässig gefördert werden, da diese Menge bis Anfang der 1990er Jahre erreicht wurde. Das Einzugsgebiet der Fassung, welches 1994 ausgewiesen wurde, wies keine Altlasten auf.

Die Sulfatwerte im Grundwasser liegen bei etwa 75 mg/l.

Neben der Erneuerung der Rohwasserförderungs- und Aufbereitungsanlage am Standort Müllrose beinhaltet diese Maßnahme eine Fernleitung zur Versorgungsstrasse, welche den Hochbehälter Rosengarten in Frankfurt (Oder) speist.

(b) Verbundversorgung

Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserentsorgung Fürstenwalde und Umland

Das zum Zweckverband Fürstenwalde gehörende Wasserwerk Fürstenwalde (Fassung Berkenbrück) wäre nur unter mittleren Förderbedingungen in der Lage, Rohwasser an die FWA abzugeben. Damit ist keine konstante Mengenabgabe an die FWA möglich.

Die Sulfatkonzentration im Reinwasser des WW Fürstenwalde liegt im Jahr 2019 im Mittel bei 88 mg/l. An der Fassung Berkenbrück wurde ein geogen salinärer Tiefenwassereinfluss nachgewiesen. Aus diesem Grund bezieht der Zweckverband Fürstenwalde Reinwasser von der FWA, um eine Versalzung der Brunnen infolge zu starker Absenkung zu verhindern.

Um eine Wasserabgabe an die FWA zu ermöglichen, müssten zwei zusätzliche Brunnen und eine Fernleitung neu angelegt werden.

Ślubice

Seit 1992 gibt es Bestrebungen einer Zusammenarbeit der Städte Ślubice und Frankfurt (Oder) hinsichtlich der Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung. Am WW-Standort Ślubice können 8.800 m³/d gefördert werden, von denen 4.000 m³/d an die FWA zur Versorgung der Stadt Frankfurt (Oder) abgegeben werden könnten. Weitere Grundwasservorräte müssten erkundet werden.

Da es sich bei dem Förderhorizont um den ersten bedeckten GWL handelt, ist nicht mit Qualitätsproblemen zu rechnen.

Eine Verbundversorgung mit Ślubice erfordert den Bau neuer Trinkwasserbrunnen, eine Rohwasserleitung, eine Aufbereitungsanlage und eine die Oder querenden Fernleitung zur Speisung des Hochbehälters in Rosengarten.

Es wird zu bedenken gegeben, dass es sich hierbei um ein grenzüberschreitendes Vorhaben mit Polen handelt, das gesonderte Anforderungen stellen wird.

Trink- und Abwasserzweckverband (TAZV) Oderaue

Die Wasserwerke Pohlitz und Rautenkranz des TAZV Oderaue besitzen ein Wasserrecht von 16.000 m³/d. Die Entnahmen im Jahr 2018/19 belaufen sich auf 8.200 m³/d. Damit wäre eine Wasserabgabe an die FWA in Höhe von 7.800 m³/d wasserrechtlich möglich.

Die Sulfatkonzentration im Reinwasser schwankt zwischen 40 und 80 mg/l.

Um eine Verbundversorgung über den TAZV Oderaue zu ermöglichen, müssten die Förderleistung am WW Pohlitz erweitert werden. Außerdem müsste eine Fernleitung zum Hochbehälter in Rosengarten gelegt werden, die hauptsächlich durch bebauten Gebiet führt. Abhängig von der Topografie könnte eine Anlage zur Druckerhöhung erforderlich sein.

8.2.2. Technische Maßnahmen

Mit technischen Maßnahmen kann die Sulfatkonzentration im Reinwasser reduziert werden. Dabei ist sowohl eine Behandlung des Gesamtstroms als auch eine Aufbereitung nur eines Teilstroms möglich. Mit einer Teilstrombehandlung kann im Fall von Sulfatkonzentrationen über dem Trinkwassergrenzwert gezielt ausreichend sulfatarmes Verdünnungswasser hergestellt werden, um die Gesamtkonzentration unter den Grenzwert abzusenken. Dafür ist eine kleinere Anlage mit entsprechend niedrigeren Energiekosten und Abwassermengen erforderlich als bei der Gesamtstrombehandlung.

CARIX-Verfahren

Beim CARIX Verfahren handelt es sich um ein Ionenaustauschverfahren, welches zur Teilentsalzung von Wässern eingesetzt wird (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-). Diese Verfahren basieren auf einem periodischen Wechsel zwischen Beladung eines Austauschermittels und dessen Regeneration (DVGW, 2004): über ein stark basisches Austauscherharz wird das Rohwasser geleitet, wobei die Salze aus dem Rohwasser an den Austauscher gebunden werden. Beim Austauschvorgang werden Wasserstoff-Ionen (H^+) vom Austauscher an das Wasser abgegeben, so dass anschließend eine Entsäuerung stattfinden muss. Der Austauscher wird mit Kohlendioxid regeneriert, d. h. die am Austauscher gebundenen Salze werden zurückgelöst und die dabei entstehende Lösung (Eluat) muss entsorgt werden.

Die Verwendung der Anlage setzt eine Enteisung und Entmanganung voraus, welche an einem Wasserwerksstandort i. d. R. zu den vorhandenen Aufbereitungstechnologien gehört. Die Austauscherharze haben eine Standzeit von 25–30 Jahren. Das benötigte Kohlendioxid kann zu rund 95 % im Prozess wiederverwendet werden.

Aufgrund des großen Raumbedarfs der Anlage müsste für dieses Verfahren ein neuer Gebäudekomplex errichtet werden. Sofern eine Einleitung der Eluate in die Spree genehmigungsfähig wäre, müsste vom WW Briesen eine ca. 5,3 km lange Abwasserleitung zur Spree gebaut und ein Pumpwerk errichtet werden.

Der Automatisierungsgrad und der Energiebedarf des Verfahrens sind hoch. Es entstehen hohe Entsorgungskosten, falls eine Ableitung in die Spree nicht möglich ist.

Nanofiltration

Bei der Nanofiltration handelt es sich um ein Membranverfahren. Damit können Moleküle im Größenbereich 0,01 bis 0,001 μm , d. h. vorrangig zweiwertige Ionen, aus dem Wasser entfernt werden. Das Aufbereitungsverfahren basiert auf dem Prinzip der Umkehrosmose (DVGW, 2004): auf den beiden Seiten der Membran besteht ein Potentialunterschied, so dass ein Stoffstrom durch die Membran stattfindet (osmotischer Druckausgleich). Wird auf einer Seite zusätzlich ein Druck aufgeprägt, werden die nicht erwünschten Stoffe zurückgehalten (Konzentrat) und das Wasser wird durch die Membran gepresst (Umkehrosmose). Die Größe des verwendeten Druckunterschiedes entscheidet über die Reinigungsleistung. In der Nanofiltration werden Druckunterschiede zwischen 3 und 10 bar eingesetzt. Das entstehende Konzentrat ist ein flüssiges Abfallprodukt und muss entsorgt werden.

Die Verwendung der Anlage setzt eine Enteisung und Entmanganung voraus, welche an einem Wasserwerksstandort i. d. R. zu den vorhandenen Aufbereitungstechnologien gehört. Des Weiteren müssen Störstoffe entfernt werden, die die Membran verstopfen würden (organischer Aufwuchs, anorganische Ausfallprodukte). Dies erfordert eine Absenkung des pH-Wertes auf 5 – 6,5, eine Zugabe von Antiscalant-Mitteln und die regelmäßige Reinigung und Spülung der Membranen. Nach der Filtration muss der pH-Wert mit Natronlauge wieder angehoben werden. Die Standzeit der Membranen beträgt ca. 5 Jahre.

Die Anlage könnte in die bestehenden Gebäude integriert werden. Sofern eine Einleitung der Abfallprodukte in die Spree genehmigungsfähig wäre, müsste vom WW Briesen eine ca. 5,3 km lange Abwasserleitung zur Spree gebaut und ein Pumpwerk errichtet werden.

Der Automatisierungsgrad und der Energiebedarf des Verfahrens sind hoch. Es entstehen hohe Entsorgungskosten, falls eine Ableitung in die Spree nicht möglich ist.

8.3 Nutzwertanalyse

8.3.1. Einleitung

Die Nutzwertanalyse (NWA) ist ein Werkzeug, mit dem die verschiedenen Maßnahmen systematisch anhand definierter Bewertungskriterien verglichen werden können (Abb. 8.3). Nach einer Vorauswahl der Maßnahmen anhand von Ausschlusskriterien werden Bewertungskriterien definiert, wobei es sich um qualitative und quantitativ messbare Kriterien handeln kann. Jedem Kriterium wird ein Gewicht zugeordnet, da jedes Kriterium einen unterschiedlichen Beitrag zum Allgemeinnutzen leistet. Die Summe aller Gewichte muss 100 % betragen. Bei der Bewertung der Maßnahmen werden für jedes Kriterium Punkte auf einer Skala von 1 (schlecht) bis 6 (sehr gut) verteilt. Anschließend werden die Punkte mit dem Gewicht des Kriteriums multipliziert und ergeben die Gesamtpunktzahl des Kriteriums. Eine Addition der Gesamtpunktzahlen ergibt den Nutzwert. Die Maßnahme mit dem höchsten Nutzwert ist nach dem zur Bewertung vorliegendem Kenntnisstand am besten für die Risikobeherrschung geeignet.

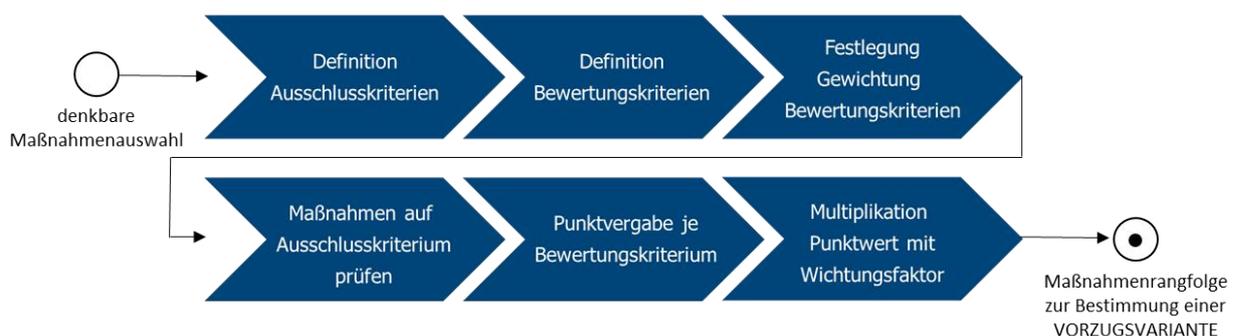


Abb. 8.3 Vorgehen Nutzwertanalyse

8.3.2. Ausschlusskriterien

Die Definition der Ausschlusskriterien dient dazu, die Mindestanforderungen an eine Maßnahme festzulegen, deren Erfüllung zwingend erforderlich ist. Maßnahmen, die die Ausschlusskriterien nicht erfüllen, werden in der Nutzwertanalyse nicht weiter betrachtet (Ausschlussprinzip).

Als vorrangiges Ausschlusskriterium ist eine Mindestmenge an Verdünnungswasser festzulegen, die eine Maßnahme bereitstellen muss, um eine effektive Verdünnung für am WW Briesen gewonnenes Rohwasser zu gewährleisten. Die Ermittlung der Verdünnungswassermenge basiert auf den Fördermengen und den Reinwasserkonzentrationen der acht Gefährdungsszenarien. Für jedes Szenario wurden mit einer Mischungsrechnung die erforderlichen Verdünnungswassermengen berechnet, um die Reinwasserkonzentration auf 250 mg/l (Grenzwert TrinkwV) bzw. 200 mg/l (Grenzwert der TrinkwV minus 50 mg/l Puffer) zu

senken (Tab. 8.1). Als Sulfatkonzentration des Verdünnungswassers wurde zunächst **50 mg/l** angenommen, was der **mittleren Konzentration im Anstrom des WW Briesen** entspricht (vgl. Abschnitt 3.3.4). Auf dieser Basis ergibt sich im Mittel eine Verdünnungsmenge von etwa 2.500 m³/d, welche ausreichend wäre, um die Sulfatkonzentrationen sicher im Mittel im Bereich von 200 mg/l zu halten (siehe Tab. 8.1, fett geschriebene Zahl in der Spalte „Verdünnung auf 200 mg/l“). Eine Ausnahme bildet das Szenario 2b, das den Extremfall an Verdünnungswasserbedarf darstellt (erhöhte Förderung des WW Briesen und gleichzeitig ausgeprägtes Sulfatereignis der Spree). In diesem Fall würden die 2.500 m³/d dennoch ausreichen, um im Mittel 250 mg/l Sulfat im Trinkwasser zu unterschreiten. Anhand der Mischungsrechnung sind im Szenario 2b im Mittel ca. 2.300 m³/d Verdünnungswasser mit einer Konzentration von 50 mg/l notwendig, um den Grenzwert der TrinkwV gerade einzuhalten (siehe Tab. 8.1, fett geschriebene Zahl in der Spalte „Verdünnung auf 250 mg/l“).

Tab. 8.1 Übersicht über die je Gefährdungsszenario benötigten Mengen an Verdünnungswasser bei einer Sulfatkonzentration von 50 mg/l (= mittlere Konzentration des von der Infiltration unbeeinflussten Grundwassers am Standort WW Briesen)

Szenario	Fördermenge (m ³ /d)	Verdünnungswassermenge (m ³ /d)					
		Verdünnung auf 200 mg/l Sulfat			Verdünnung auf 250 mg/l Sulfat		
		Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
1a	12.300	0	0	0	0	0	0
1b	12.300	1.645	162	2.740	0	0	0
2a	23.500	2.596	758	3.585	0	0	0
2b	23.500	5.683	3.124	8.240	2.255	1.640	3.154
3a	12.300	1.457	473	1.993	0	0	0
3b	12.300	3.059	1.697	4.382	1.280	964	1.742
4a	12.300	845	397	1.118	0	0	0
4b	12.300	2.300	840	3.719	450	61	858
Mittelwert der Verdünnungswassermengen > 0		2.512	162	8.240	1.329	61	3.154

Nach den **Hintergrundwerten** der HÜK200 (2014) ist im Jungpleistozän und in den Urstromtälern Brandenburgs mit Medianen der Sulfatkonzentration zwischen 55 und 59 mg/l und 75-Perzentilen von 100 mg/l zu rechnen. Das Verdünnungswasser sollte deutlich unter dem genannten 75-Perzentil liegen, damit die Verdünnungswassermengen nicht zu groß werden. Setzt man **80 mg/l** als Verdünnungswasserkonzentration an, würden im Mittel rund 3.200 m³/d und im Szenario 2b ca. 3.000 m³/d benötigt werden (Tab. 8.2). Die Betrachtungen der Verdünnungswassermengen unterschiedlicher Konzentration zeigen, dass die absoluten Mengen sich abhängig von der Verdünnungswasserkonzentration unterscheiden, aber die benötigten

Mengen für Verdünnung von Szenario 2b auf 250 mg/l und Verdünnung der übrigen Szenarien auf 200 mg/l jeweils in ähnlichen Größenordnungen liegen.

Es ergibt sich folgendes Ausschlusskriterium: eine Maßnahme muss im Mittel die Einhaltung des Grenzwerts von 250 mg/l (insbesondere im Szenario 2b) sicherstellen können.

Die Einhaltung des Grenzwerts von 250 mg/l im Szenario 2b kann durch Zumischung am WW Briesen beispielsweise durch 1.800 m³/d sulfatfreies Verdünnungswasser (aus technischen Verfahren wie CARIX und Nanofiltration), 2.300 m³/d Verdünnungswasser mit 50 mg/l (Grundwasseranstrom WW Briesen) oder 3.000 m³/d Verdünnungswasser mit 80 mg/l (angenommener Hintergrundwert Land Brandenburg) sichergestellt werden. Bei anderen Verdünnungswasserkonzentrationen kann die erforderliche Menge über eine entsprechende Mischungsrechnung bestimmt werden.

Tab. 8.2 Übersicht über die je Gefährdungsszenario benötigten mittleren Mengen an Verdünnungswasser bei einer Sulfatkonzentration von 80 mg/l (= angenommener Hintergrundwert für Grundwasser nach HÜK200 zwischen Median und 75-Perzentil)

Szenario	Fördermenge (m ³ /d)	Verdünnungswassermenge (m ³ /d)					
		Verdünnung auf 200 mg/l			Verdünnung auf 250 mg/l		
		Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
1a	12300	0	0	0	0	0	0
1b	12300	1.974	202	3.245	0	0	0
2a	23500	3.825	1.808	4.947	0	0	0
2b	23500	7.114	4.316	9.744	3.056	2.362	4.012
3a	12300	2.098	1.033	2.653	0	0	0
3b	12300	3.810	2.394	5.170	1.708	1.352	2.199
4a	12300	1.037	492	1.367	0	0	0
4b	12300	2.725	1.033	4.322	525	72	997
Gesamt (ohne Nullwert)		3.226	202	9.744	1.763	72	4.012

Neben der konzentrationsabhängigen Verdünnungswassermenge wurden folgende weiteren Ausschlusskriterien festgelegt:

- Sulfatkonzentration ist deutlich höher als 80 mg/l (Verdünnungswassermenge wäre dann mit > 3.000 m³/d sehr hoch)
- sonstige zu erwartende Qualitätsprobleme bei der Bereitstellung des Verdünnungswassers (z. B. Versalzung, Nitrat etc.)
- sehr hohe Abwassermengen
- staatsgrenzenüberschreitende Maßnahme und der damit verbundene hohe Planungs- und Genehmigungsaufwand

Die Anwendung der Ausschlusskriterien auf die im Abschnitt 8.2 vorgestellten Maßnahmen ist in Tab. 8.3 dargestellt. Im Ergebnis verbleiben sechs Maßnahmen (Tab. 8.3, fett), welche im Weiteren in der Nutzwertanalyse betrachtet werden.

Tab. 8.3 Bewertung der Maßnahmen nach den Ausschlusskriterien (fett: kein Ausschluss)

Maßnahme	ausgeschlossen aufgrund
Fassung nördlich des Dehmsees	–
Fassung östlich des Dehmsees	Qualitätsprobleme (Versalzung)
Nutzung des tertiären GWL im nördlichen Anstrom der Zentralfassung	Qualitätsprobleme (Versalzung)
Nutzung des Einzugsgebietes des Kersdorfer Mühlenfließes	zu geringe bzw. unsichere Menge, zu hohe Sulfatkonzentration
Uferfiltrat aus dem Kersdorfer See	zu geringe bzw. unsichere Menge
Kersdorfer Fassung	–
Wiederertüchtigung Wasserwerk Müllrose	–
Verbundversorgung Zweckverband Wasserversorgung und Abwasserentsorgung Fürstenwalde und Umland	keine konstante Abgabemenge möglich und Qualitätsprobleme im Zuge höherer Fördermengen zur Abgabe in das FWA-Versorgungsgebiet (Versalzung)
Verbundversorgung Słubice	staatsgrenzenüberschreitende Maßnahme
Verbundversorgung Trink- und Abwasserzweckverband (TAZV) Oderaue	–
CARIX-Verfahren Gesamtstrombehandlung	zu hohes Abwasseraufkommen
CARIX-Verfahren Teilstrombehandlung	–
Nanofiltration Gesamtstrombehandlung	zu hohes Abwasseraufkommen
Nanofiltration Teilstrombehandlung	–

8.3.3. Bewertungskriterien

Für die NWA wurden folgende neun Bewertungskriterien festgelegt. Die Kriterien sind voneinander unabhängig, damit derselbe Sachverhalt nicht durch zwei Kriterien abgebildet wird (s. Tab. 8.4).

Tab. 8.4 Bewertungskriterien der Nutzwertanalyse

Nr.	Kriterium	Beschreibung
1	Wirksamkeit	Die Beurteilung der Wirksamkeit einer Maßnahme basiert auf dem Gefährdungsszenario 2b, für dessen Beherrschung prioritär Maßnahmen entwickelt werden müssen (Abschnitt 7.3). Eine Maßnahme, welche die Sulfatkonzentration im Reinwasser ganzjährig unter 250 mg/l halten kann (vgl. Verdünnungswassermenge in Spalte „Max“ in Tab. 8.1 und Tab. 8.2), ist wirksamer als eine Maßnahme, die nur im Mittel die Grenzwertüberschreitung verhindert (vgl. Verdünnungswassermenge in Spalte „Mittel“ in Tab. 8.1 und Tab. 8.2), also zeitweise noch mit Überschreitungen zu rechnen ist.
2	Genehmigungsfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Naturschutzbelange in höherem Maße zu berücksichtigen - Baugenehmigungen einzuholen - weitere Raumwiderstände erkennbar
3	Umsetzungszeitraum	<p>Dieses Kriterium zielt auf mögliche Umsetzungshindernisse sowie den zeitlichen Horizont ab, der benötigt wird, bis eine Maßnahme wirksam ist. Dabei gilt zu berücksichtigen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vorhandene Planung / noch bestehender Planungsaufwand - Dauer der Umsetzung der Bauvorhaben - Platzbedarf / Bereitstellung notwendiger Flächen
4	Robustheit	<p>Eine Maßnahme ist unter verschiedenen Randbedingungen robust, wenn</p> <ul style="list-style-type: none"> - Redundanzen vorhanden sind oder geschaffen werden können - Kenntnisse zu Menge und Wasserqualität liegen vor (Kenntnisstand „sicher“ oder nur „wahrscheinlich“) - beständige Kooperationen mit anderen WVU vorhanden bzw. als möglich eingeschätzt
5	Investitionskosten	Dieses Kriterium basiert auf den von der FWA ermittelten überschlägigen Investitionskosten.
6	Betriebskosten	Dieses Kriterium basiert auf den Schätzungen der FWA über zu erwartende Betriebskosten.

Nr.	Kriterium	Beschreibung
		Die Maßnahme bietet die Möglichkeit flexibel auf sich verändernde Bedingungen zu reagieren. Dabei werden zwei zeitliche Horizonte berücksichtigt:
7	Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> - kurzfristig (Maßnahme ist anpassungsfähig, um einmalige Spitzen abzufangen) - langfristig (Maßnahme kann ggf. erweitert werden, um auf längerfristige Veränderungen – auch unabhängig von Sulfat – zu reagieren)
8	Akzeptanz	Hier wird die Akzeptanz seitens der Bevölkerung / der Verbraucher (wahrgenommene Qualitätseinbußen/-verbesserungen, ökologische Auswirkungen, Wasserpreis, Einsatz von Chemikalien zur Aufbereitung, Entsorgung) sowie unterschiedlicher Interessensgruppen berücksichtigt.
		Dieses Kriterium berücksichtigt weitere Auswirkungen einer Maßnahme auf die Wasserversorgung:
9	Nebeneffekte	<ul style="list-style-type: none"> - Positive Effekte (beispielsweise Verbesserung der Wasserqualität allgemein, bessere Kenntnisse über das Einzugsgebiet, geringere Empfindlichkeit der Wasserversorgung gegenüber Auswirkungen durch Trockenheit und Versalzung, Stärkung des Regionalverbundes durch Kooperation usw.) - Negative Effekte (beispielsweise erhöhte Komplexität bei der Steuerung des Versorgungssystems, Beeinflussung anderer Entnahmen, Ausgestaltung von Wasserlieferverträgen und Preisstabilität usw.)

8.3.4. Gewichtung der Bewertungskriterien

In der Arbeitsgruppe wurde diskutiert, welchen Anteil die o. g. Bewertungskriterien für den Gesamtnutzen haben. Eine prozentuale Gewichtung wurde abgestimmt. Die Gewichtung und Begründung sind in Tab. 8.5 zusammengefasst.

Tab. 8.5 Wichtungsfaktoren der Bewertungskriterien

Nr.	Kriterium	Priorität	Begründung	Gewicht (%)
1	Wirksamkeit	sehr hoch	Es ist das übergeordnete Ziel der Maßnahmen, der Sulfatgrenzwertüberschreitung entgegen zu wirken	25
2	Genehmigungsfähigkeit	hoch	Eine Maßnahme muss auch umgesetzt werden können und darf nicht an einer fehlenden Genehmigung scheitern	20
3	Umsetzungszeitraum	mittel	Es muss sichergestellt werden, dass die Maßnahme in einem überschaubaren Zeithorizont umgesetzt werden kann. Es ist in näherer Zukunft mit erhöhten Sulfatkonzentrationen der Spree zu rechnen.	10
4	Robustheit	mittel	Eine Maßnahme sollte unter verschiedenen Randbedingungen und eventuellen Störungen stabil funktionieren	10
5	Investitionskosten	mittel	Zusammen betrachtet haben die Kosten eine hohe Priorität. Die Untergliederung in Investitions- und Betriebskosten er-	10
6	Betriebskosten	mittel	laubt allerdings eine bessere Differenzierung.	10
7	Flexibilität	mäßig	Diese Kriterien können eine Maßnahme auf- oder abwerten,	6
8	Akzeptanz	mäßig	sind aber für die übergeordnete Zielerreichung nicht ent-	6
9	Nebeneffekte	gering	scheidend	3

8.3.5. Ergebnis

Im Folgenden wird die Punktevergabe (1 = schlecht, 6 = sehr gut) für die einzelnen Bewertungskriterien erläutert. Es wurde die gleiche Punktzahl vergeben, wenn zwei oder mehr Maßnahmen ein Bewertungskriterium ähnlich gut erfüllen. Die maßnahmenbezogene Einschätzung erfolgt je Bewertungskriterium in tabellarischer Form (Tab. 8.7 bis Tab. 8.15).

Die erwarteten Sulfatkonzentrationen des Verdünnungswassers der untersuchten Maßnahmen führen zu unterschiedlichen erforderlichen Verdünnungswassermengen für das Gefährdungsszenario 2b. Die Tab. 8.6 stellt die ermittelten Verdünnungswassermengen den verfügbaren Mengen gegenüber. Die angegebenen maximal erforderlichen Verdünnungswassermengen würden schätzungsweise das ganze Jahr über für Reinwasserkonzentrationen unterhalb des Trinkwassergrenzwertes sorgen. Die mittleren Mengen sollten dafür ausreichen, dass die Reinwasserkonzentration im Jahresmittel unter dem Grenzwert liegen. Es kann zeitweise jedoch Überschreitungen des Grenzwertes geben.

Tab. 8.6 Verdünnungswassermengen für das Gefährdungsszenario 2b für die untersuchten Maßnahmen

Maßnahme	erwartete Sulfat-Konz. im Verdünnungswasser (mg/l)	Erforderliche Verdünnungswassermenge (m ³ /d)		Verfügbare Verdünnungswassermenge (m ³ /d)
		Mittel	Max.	
Nanofiltration	< 1	1.183	1.980	beliebig für Teilstrom
CARIX-Verfahren	< 1	1.183	1.980	beliebig für Teilstrom
Fassung nördlich des Dehmsees	80	3.056	4.012	unbekannt
Kersdorfer Fassung	45	2.111	3.000	4.500 (vermutet)
WW Müllrose	75	2.959	3.917	3.200
Verbundversorgung	80	3.056	4.012	8.000

Tab. 8.7 Bewertung der Wirksamkeit der Maßnahmen

Maßnahme	Wirksamkeit	Punkte
Nanofiltration	<ul style="list-style-type: none"> - Teilstrombehandlung kann nur Spitzen kappen - Bei sehr hohen Sulfatkonzentrationen entstehen große Abwassermengen 	1
CARIX-Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - Teilstrombehandlung kann nur Spitzen kappen - Bei sehr hohen Sulfatkonzentrationen entstehen große Abwassermengen, allerdings weniger als bei der Nanofiltration 	2
Fassung nördlich des Dehmsees	<ul style="list-style-type: none"> - Über die tatsächlich verfügbare Menge gibt es keine Abschätzungen, da der Standort noch nicht erkundet wurde - nicht mehr wirksam, wenn geogen salinares Tiefenwasser in die Brunnen gelangt 	3
Kersdorfer Fassung	<ul style="list-style-type: none"> - Nach den vorliegenden Schätzungen würde die benötigte Verdünnungswassermenge zur Verfügung stehen. Ein tatsächlicher Nachweis fehlt noch. - nicht mehr wirksam, wenn geogen salinares Tiefenwasser in die Brunnen gelangt - Da die Menge zwar möglicherweise höher als beim WW Müllrose, aber noch nicht sicher belegt ist, und da ein salinärer Tiefenwasserzutritt nicht auszuschließen ist, erhält diese Maßnahme eine geringere Punktzahl als das WW Müllrose 	4
WW Müllrose	<ul style="list-style-type: none"> - die nach Wasserrecht genehmigte Fördermenge Q_{365} 3.200 m³/d kann das Gefährdungsszenario 2b im Mittel abdecken 	5
Verbundversorgung	<ul style="list-style-type: none"> - die verfügbare Verdünnungswassermenge von 8.000 m³/d kann das Gefährdungsszenario 2b ganzjährig abdecken. 	6

Tab. 8.8 Bewertung der Genehmigungsfähigkeit der Maßnahmen

Maßnahme	Genehmigungsfähigkeit	Punkte
Fassung nördlich des Dehmsees	sehr schwierig (Naturschutzbelange, Feuchtgebiet „Glienigmoor“ im Einzugsgebiet, Anschluss an WW Briesen, Wasserrecht erforderlich)	1
Kersdorfer Fassung	schwierig (Naturschutzbelange, Feuchtgebiet im Abstrom, Anschluss an WW Briesen, Wasserrecht erforderlich)	2
Verbundversorgung	gegeben (u. a. zum Rohrleitungsbau erforderlich)	3
CARIX-Verfahren	gegeben (u. a. Entsorgungs- und Baugenehmigung)	4
Nanofiltration	gegeben (u. a. Entsorgungsgenehmigung)	5
WW Müllrose	gegeben (u. a. Wasserrecht vorhanden, Planungen seitens FWA nahezu abgeschlossen, Bauantrag zur Wiederertüchtigung zu stellen, Neuausweisung des Trinkwasserschutzgebietes nachträglich erforderlich und als machbar eingeschätzt)	6

Tab. 8.9 Bewertung des Umsetzungszeitraums der Maßnahmen

Maßnahme	Umsetzungszeitraum	Punkte
Fassung nördlich des Dehmsees	- lang (> 10 Jahre) - keine Planungen, Erkundungen, Kostenabschätzungen, Genehmigungen, Wasserschutzgebiete vorhanden	1
Kersdorfer Fassung	- lang (> 10 Jahre) - erste Erkundungen und Kostenschätzungen durchgeführt - noch keine Genehmigungs- und Schutzgebietsverfahren begonnen	2
Verbundversorgung	- mittel (rund 5 Jahre) - Planung für den Leitungsbau und die Genehmigung liegen nicht vor - erforderlicher Liefervertrag mit Verbundpartner ist zu verhandeln	3
WW Müllrose	- kurz bis mittel (< 3 Jahre) - abgeschlossene Planung für WW und Fernleitung zum Hochbehälter Rosengarten - ausstehend: Genehmigungsverfahren (Baugenehmigungen 3–6 Monate)	4
CARIX-Verfahren	- kurz (≈1–2 Jahre) - Errichtung eines Betriebsgebäudes, Errichtung der Anlage am Standort WW Briesen	5
Nanofiltration	- sehr kurz (≈1 Jahr) - Errichtung der Anlage im vorhandenen Betriebsgebäude am Standort WW Briesen	6

Tab. 8.10 Bewertung der Robustheit der Maßnahmen

Maßnahme	Robustheit	Punkte
Fassung nördlich des Dehmsees	<ul style="list-style-type: none"> - Hoher Unsicherheitsgrad über das tatsächlich nutzbare Grundwasserdargebot - sollte die Fassung im Laufe der Zeit ein unvermeidbares Qualitätsproblem erhalten (potentiell: Aufsalzung durch Zustrom geogen salinaren Tiefenwasser) oder sich dadurch ein Mengenproblem ergeben (z. B. nur geringere Förderung möglich als benötigt), steht im Einzugsgebiet der Fassung keine Alternative für die Förderung zur Verfügung 	1
Kersdorfer Fassung	<ul style="list-style-type: none"> - wie Fassung nördlich Dehmsee 	1
CARIX-Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - technische Maßnahmen können durch Bau einer weiteren Aufbereitungsstrecke redundant gestaltet werden - Aufgrund der Größe der Anlage muss nach FWA für eine einzelne Anlage ein neues Gebäude errichtet werden. Um Redundanz zu schaffen (weitere Anlage), müsste ein weiteres bzw. größeres Gebäude errichtet werden 	3
Nanofiltration	<ul style="list-style-type: none"> - Um Redundanz zu schaffen, müsste eine zweite Anlage vorgehalten werden. - Diese wäre voraussichtlich ebenfalls im bestehenden WW-Gebäude integrierbar 	4
Verbundversorgung	<ul style="list-style-type: none"> - Schaffung einer Doppelleitung für Redundanz möglich - mehrere Brunnen verfügbar (ausfallsicher) - Abhängigkeit vom Verbundpartner, um Maßnahmen umzusetzen 	5
WW Müllrose	<ul style="list-style-type: none"> - Schaffung einer Doppelleitung für Redundanz möglich - mehrere Brunnen verfügbar (ausfallsicher) - keine Abhängigkeit von Dritten, da FWA Betreiber des WW - vergleichbar sichere Erkenntnisse über die Gewinnungsverhältnisse aus dem Förderzeitraum von 1978 bis 1992 	6

Tab. 8.11 Bewertung der Investitionskosten der Maßnahmen

Maßnahme	von FWA geschätzte Investitionskosten (Mio. Euro)	Punkte
Verbundversorgung	12	1
Nanofiltration	11,5	2
CARIX-Verfahren	11,3	3
WW Müllrose	10,4	4
Fassung nördlich des Dehmsees	9,0	5
Kersdorfer Fassung	8,5	6

Tab. 8.12 Bewertung der Betriebskosten der Maßnahmen

Maßnahme	Betriebskosten	Punkte
Nanofiltration	sehr hoch (u. a. wartungsaufwändige Anlage mit hohem Einsatz an Verbrauchsmitteln: nach FWA ca. 858 T€/a)	1
CARIX-Verfahren	sehr hoch (u. a. wartungsaufwändige Anlage, Einsatz an Verbrauchsmitteln geringer als bei Nanofiltration: nach FWA ca. 530 T€/a), außerdem im Abstand von mehreren Jahren Gebäudeinstandhaltung	2
Verbundversorgung	hoch (Betrieb der Fernleitung, ggf. hohe/höhere Wasserpreise des Kooperationspartners)	3
WW Müllrose	mittel (Betrieb der Brunnen und Aufbereitung an einer weiteren Betriebsstätte, und Fernleitung zum Hochbehälter Rosengarten)	4
Fassung nördlich des Dehmsees	gering (Brunnenbetrieb und Aufbereitung am WW-Standort Briesen)	6
Kersdorf Fassung	gering (Brunnenbetrieb und Aufbereitung am WW-Standort Briesen)	6

Tab. 8.13 Bewertung der Flexibilität der Maßnahmen

Maßnahme	Flexibilität	Punkte
Nanofiltration	<ul style="list-style-type: none"> - kurzfristig sehr flexibel, da die Spitzen schnell gekappt werden können - Maßnahme ist aber wenig geeignet für lang andauernde Belastungsfälle oder sehr hohe Konzentrationen 	2
CARIX-Verfahren	<ul style="list-style-type: none"> - kurzfristig sehr flexibel, da die Spitzen schnell gekappt werden können - Maßnahme ist aber wenig geeignet für lang andauernde Belastungsfälle oder sehr hohe Konzentrationen 	2
WW Müllrose	<ul style="list-style-type: none"> - Wasser wird laut Planung vor dem Hochbehälter in der Fernleitung zum Hochbehälter Rosengarten zugemischt. Damit keine Verdünnung des Wassers aus Briesen für die Abnehmer vor dem Hochbehälter möglich. Hier wären ggf. weitere Maßnahmen erforderlich (s. a. Abschnitt 8.4.11). 	3
Verbundversorgung	<ul style="list-style-type: none"> - Wassermenge kann im vertraglich vereinbarten Umfang flexibel abgenommen werden - Geometrie Fernleitung setzt Obergrenze für mögliche Überleitungsmenge - Mischung erfolgt im Hochbehälter Rosengarten. Damit keine Verdünnung des Wassers aus Briesen für die Abnehmer vor dem Hochbehälter möglich. Hier wären ggf. weitere Maßnahmen erforderlich (analog zu WW Müllrose, s. a. Abschnitt 8.4.11). 	4
Fassung nördlich des Dehmsees	<ul style="list-style-type: none"> - Mischung des Rohwassers in Briesen, damit erhalten alle Abnehmer die gleiche Wasserqualität 	6
Kersdorfer Fassung	<ul style="list-style-type: none"> - wie Fassung nördlich des Dehmsees 	6

Tab. 8.14 Bewertung der Akzeptanz der Maßnahmen

Maßnahme	Akzeptanz	Punkte
Nanofiltration	- sehr gering (dem Verbraucher ist die Erforderlichkeit von technischen Aufbereitungsverfahren i.d.R. schwer zu vermitteln, Einsatz von Chemikalien; Anfall von Abfällen/Abwasser)	1
CARIX-Verfahren	- sehr gering (dem Verbraucher ist die Erforderlichkeit von technischen Aufbereitungsverfahren i.d.R. schwer zu vermitteln, Einsatz von Chemikalien, allerdings deutlich weniger bzw. als weniger problematisch wahrgenommene Stoffe als bei der Nanofiltration; Anfall von Abfällen/Abwasser)	2
Fassung nördlich des Dehmsees	- gering (wahrscheinlich werden Natur/Umwelt im Umfeld der potenziellen Wasserfassung beeinflusst; vollständige Neuerkundung und Neubau angesichts (teilweise) vorhandener Lösungen andernorts schwerer vermittelbar)	3
Kersdorfer Fassung	- gering (wahrscheinlich werden Natur/Umwelt im Umfeld der potenziellen Wasserfassung beeinflusst; neues WW mit Waldeinzugsgebiet sollte zumindest Anklang beim Verbraucher finden)	4
WW Müllrose	- hoch (WW und Schutzzone besteht bereits, Leitungstrasse zum Übergabepunkt in die Fernleitung bereits geplant) - Schutzzone muss vergrößert werden, ggf. Einsprüche (ggf. Einwände Landwirte und Forst)	5
Verbundversorgung	- sehr hoch (WW und Schutzzone besteht bereits, jedoch Widerspruch gegen Leitungstrasse denkbar)	6

Tab. 8.15 Bewertung der Nebeneffekte der Maßnahmen

Maßnahme	Nebeneffekte	Punkte
Fassung nördlich des Dehmsees	- Beeinflussung durch benachbartes WW Berkenbrück zu erwarten	1
Kersdorf Fassung	- keine zu erwarten	2
CARIX-Verfahren	- zusätzliche qualitative Aufwertung des Wassers, da weitere Stoffe entfernt werden (z. B. Enthärtung)	3
Nanofiltration	- zusätzliche qualitative Aufwertung des Wassers, da weitere Stoffe entfernt werden (z. B. Enthärtung, org. Inhaltsstoffe, Mikroorganismen)	4
WW Müllrose	- erhöht die Versorgungssicherheit insgesamt - damit kann auf Bevölkerungsentwicklung der Stadt Frankfurt (Oder) reagiert werden	5
Verbundversorgung	- erhöht die Versorgungssicherheit insgesamt - damit kann auf Bevölkerungsentwicklung der Stadt Frankfurt (Oder) reagiert werden - stärkt die Region, fördert Zusammenarbeit und Zusammenhalt	6

Tab. 8.16 Ergebnis der Nutzwertanalyse

Nr.	Bewertungs-kriterium/ Maßnahme	Gewicht (%)	1		2		3		4		5		6	
			Müllrose	Kersdorfer Fassung	nördlich Dehmsee	Verbundbetrieb mit WW Pohlitz	Nanofiltration (Teilstrom-behandlung)	CARIX (Teilstrom-behandlung)						
1	Wirksamkeit	25	5	125	4	100	3	75	6	150	1	25	2	50
2	Genehmigungs-fähigkeit	20	6	120	2	40	1	20	3	60	5	100	4	80
3	Umsetzungs-zeitraum	10	4	80	2	40	1	20	3	60	6	120	5	100
4	Robustheit	10	6	60	1	10	1	10	5	50	4	40	3	30
5	Investitions-kosten	10	4	40	6	60	5	50	1	10	2	20	3	30
6	Betriebskosten	10	4	40	6	60	6	60	3	30	1	10	2	20
7	Flexibilität	6	3	18	6	36	6	36	4	24	2	12	2	12
8	Akzeptanz	6	5	30	4	24	3	18	6	36	1	6	2	12
9	Nebeneffekte	3	5	15	2	6	1	3	6	18	4	12	3	9
Nutzwert			528		376		292		438		345		343	
Rang			1		3		6		2		5		4	

Die Multiplikation des Punktwerts einer Maßnahme mit dem Wichtungsfaktor ergibt den Gesamtpunktwert für das jeweilige Kriterium. Der Nutzwert einer Maßnahme wird über die Addition der Gesamtpunktwerte bestimmt (Tab. 8.16).

Das Ergebnis der NWA zeigt, dass der Nutzwert der Neubau einer „Fassung nördlich des Dehmsees“ mit 292 am niedrigsten ist (Rang 6). Dies liegt daran, dass diese Maßnahmenvariante mit der größten Unsicherheit behaftet ist. So kann keine gesicherte Aussage über die verfügbare Menge und die Grundwasserqualität getroffen werden. Die Genehmigung ist fraglich, da die Förderung voraussichtlich ein Feuchtgebiet beeinflussen würde. Der Umsetzungszeitraum ist für die erforderliche zeitnahe Reaktion auf die Sulfatproblematik wahrscheinlich zu lang.

Die technischen Verfahren zur Aufbereitung eines Teilstroms haben nahezu identische Nutzwerte von 343 (CARIX-Verfahren) und 345 (Nanofiltration) und liegen damit auf Rang 5 und 4 in der Maßnahmenhierarchie. Diese Maßnahmen punkten vor allem aufgrund ihrer schnellen Umsetzbarkeit und Genehmigungsfähigkeit, übersteigen u. a. bei den Betriebskosten jedoch alle anderen Verfahren. Beide Verfahren sind besonders geeignet, um Spitzen zu kappen und bieten sich somit in Zeiten mit Spitzenwerten als zusätzliche Maßnahmen an. Die Beurteilung der beiden technischen Verfahren wurde hinsichtlich der übergebenen Informationen aus dem Jahr 2015 vorgenommen. Falls es erforderlich wird, auf diese Verfahren zurückzugreifen, wird eine Neubewertung konkret für eine Teilstrombehandlung und auf Grundlage des aktuellen technischen Standes empfohlen.

Der Neubau der Kersdorfer Fassung erhält einen Nutzwert von 376 (Rang 3) und liegt damit nur knapp vor den technischen Verfahren. Diese Fassung hat den Vorteil, dass im Unterschied zur Fassung nördlich des Dehmsees erste Erkundungen bereits durchgeführt wurden und erste Abschätzungen hinsichtlich der verfügbaren Mengen vorliegen. Dennoch ist die Umsetzung dieser Maßnahmen für eine zeitnahe Reaktion auf die Sulfatproblematik als zu lang einzuschätzen. Zudem besteht wie bei der Fassung nördlich des Dehmsees nach längerem Betrieb der Fassung die Gefahr, dass geogen salinares Tiefenwasser zutritt.

Die Verbundversorgung mit dem TAZV Oderaue hat einen Nutzwert von 438 und liegt damit auf Rang 2 der Maßnahmenhierarchie. Bei dieser Maßnahme handelt es sich nach den vorliegenden Abschätzungen der FWA um die teuerste Variante hinsichtlich der Investitionskosten, da die sehr lange Rohrleitung teilweise durch bebautes Gebiet gelegt werden müsste. Dies birgt auch Risiken im Havariefall. Die Abschätzung der Betriebskosten sind mit großen Unsicherheiten verbunden, da diese davon abhängig sind, ob eine Druckerhöhungstation erforderlich wäre oder nicht. Dennoch weist diese Maßnahme die größte Wirksamkeit und Flexibilität auf, da diese Maßnahme die größte Menge an Verdünnungswasser zur Verfügung stellen würde.

Die Maßnahme „Ertüchtigung WW Müllrose“ hat nach der dargelegten Nutzwertanalyse mit dem ebenfalls dargelegten Kenntnisstand den größten Nutzwert (528) und ist danach als Vorzugsvariante (Rang 1) herausgearbeitet worden. Auf diese Variante wird abstimmungsgemäß im folgenden Kapitel detaillierter eingegangen.

8.4 Vorzugsvariante Ertüchtigung WW Müllrose

8.4.1. Lage

Das Wasserwerk Müllrose ist seit Mitte der 1970er Jahre Wasserwerkstandort im Raum Frankfurt (Oder). Es liegt nördlich der Stadt Müllrose (Abb. 8.2, Abb. 8.7).

8.4.2. Hydrogeologische Bedingungen

Die Brunnen des WW Müllrose sind in saale- und weichselglazifluvialen Sanden des oberen unbedeckten GWL des Berliner Urstromtals ausgebaut (Hydrogeologie Berlin – Brandenburg, 1992 und 1994). Die wassererfüllte Mächtigkeit des Förderhorizontes beträgt im Mittel 20 m. In den oberen 6 m herrschen Feinsande vor. Im Ausbauhorizont der Brunnen sind hauptsächlich Mittel- bis Grobsande anzutreffen (Abb. 8.4). Der GWL wird im Liegenden durch Braunkohleschluffe einer tertiären Hochlage begrenzt. Das Einzugsgebiet der Fassung erstreckt sich nach einer Stichtagmessung von 1994 (Hydrogeologie Berlin- Brandenburg GmbH, 1994) bis zu 8 km auf die Lebuser Hochfläche im Norden hinein. Der dort unter dem Geschiebemergel anstehende bedeckte GWL korrespondiert mit dem unbedeckten GWL am Förderstandort. In der HYK50, Blatt L3752 (LBGR, 2010) ist im Hochflächenbereich ein Stauchungsgebiet ausgewiesen, so dass von einer komplizierten Geologie im Hochflächenbereich auszugehen ist.

Die Grundwasserfließrichtung ist von der Hochfläche in Richtung Urstromtal, nach Süden, gerichtet. Das Grundwasser entlastet in den Oder-Spree-Kanal, der im alten Flussbett der Schlaube ausgebaut wurde (vgl. Abb. 8.7).

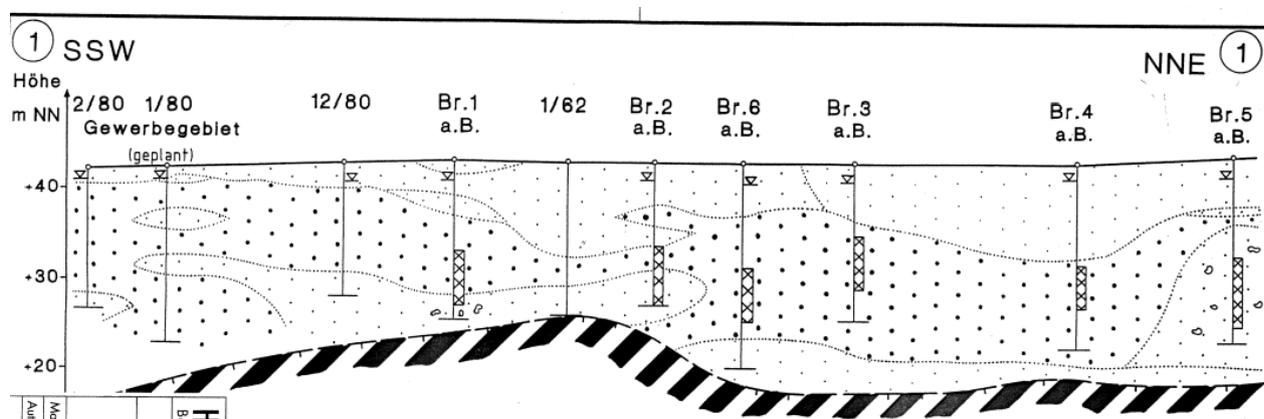


Abb. 8.4 Geologischer Schnitt durch die Fassung Müllrose aus Hydrogeologie Berlin-Brandenburg GmbH (1992)

8.4.3. Wasserrecht und maximal zur Verfügung stehende Verdünnungswassermenge

Das seit 2002 von der FWA betriebene Wasserwerk dient der Versorgung des Gewerbegebietes TeGeCe in Müllrose sowie zweier Straßenzüge in Frankfurt (Oder), OT Markendorf (Igelweg 1–6b, Wildbahn 19–94). FWA fördert dazu ca. 100 m³/d Grundwasser von den genehmigten 3.200 m³/d (Q_{365}) (Wasserrechtliche Erlaubnis Reg.-Nr. OWB/019/16/WE vom 26. Januar 2017). Es besteht folglich eine Kapazität von 3.100 m³/d, die als Verdünnungswasser für das Wasser des WW Briesen maximal verwendet werden kann.

8.4.4. Realisierte Förderung

Bis Anfang der 1990er Jahre bestand die Wasserfassung Müllrose aus 10 Brunnen. Diese wurden wechselnd betrieben. Von 1978–1992 wurden im Mittel 3.300 m³/d gefördert (vgl. Abb. 8.5), wobei Mitte bis Ende der 1980er Jahre die mittlere tägliche Förderung bei 3.700 m³/d lag. Ab 1990 ist die Förderung rückläufig. Für den Zeitraum 1992–2001 liegen keine Fördermengen vor.

Seit der Übernahme des WW Müllrose im Jahr 2002 durch FWA werden nur noch drei Brunnen (Br. 3, Br. 4 und Br. 5) betrieben. Bis 2008 beträgt die mittlere jährliche Förderung 120 bis 130 m³/d und ab 2009 nur noch ca. 90 m³/d.

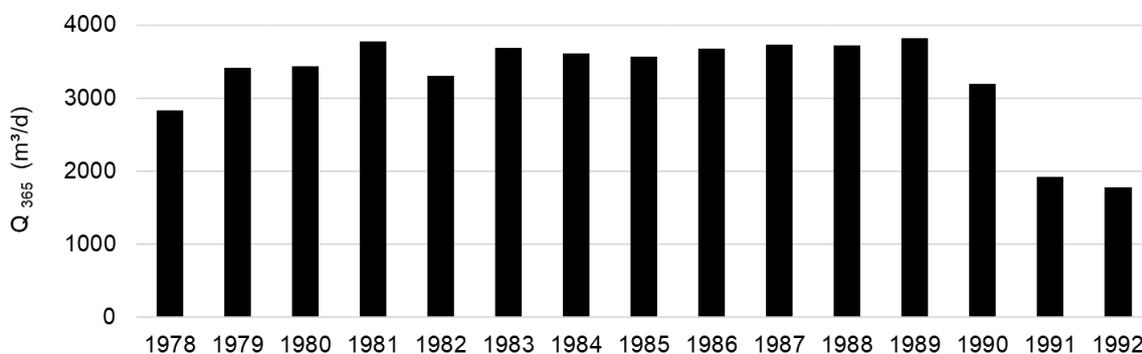


Abb. 8.5 Mittlere Fördermengen (Q_{365}) des WW Müllrose 1978–1992 (Quelle: FWA und Hydrogeologie Berlin-Brandenburg (1994))

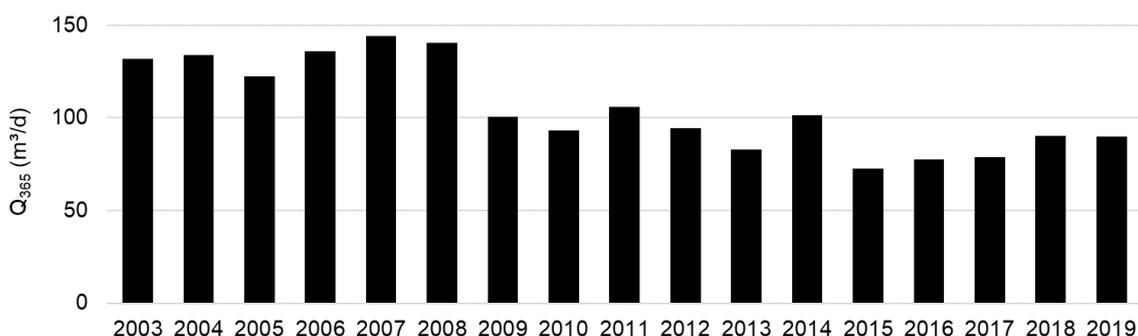


Abb. 8.6 Mittlere Fördermengen (Q_{365}) des WW Müllrose 2002–2019 (Quelle FWA)

8.4.5. Kenntnisse zur Sulfatkonzentration und Ableitung des Erwartungswertes für das Verdünnungswasser

Der vorliegende Datenbestand von Sulfatkonzentrationen im Grundwasser ist von 1992 (Hydrogeologie Berlin- Brandenburg GmbH, 1992; Abb. 8.7). Die damaligen Konzentrationen zeigen eine Spannweite von 36 bis 311 mg/l Sulfat. Besonders hohe Werte treten im Bereich der Kontaminationsquellen „Deponie“ und „Laugenlagerstätte des Straßenbauamtes“ auf. Diese liegen nach Auswertungen von Hydrogeologie Berlin- Brandenburg GmbH jedoch nur im Einzugsgebiet der Fassung, wenn mehr als 3.200 m³/d gefördert würden. Für den östlichen und nördlichen Bereich des Einzugsgebietes liegen keine Sulfatanalysen vor.



Abb. 8.7 Sulfatkonzentration im Grundwasser im Umfeld des WW Müllrose, Mai 1992 (Hydrogeologie Berlin-Brandenburg GmbH, 1992)

Sulfatkonzentrationen in den Brunnen und im Reinwasser liegen nicht für die Jahre 1978 bis 1989 vor, in denen das Fördervolumen von 3.200 m³/d erreicht wurde. Seit Mitte der 1990 Jahre werden nach Empfehlung von Hydrogeologie Berlin-Brandenburg GmbH (1994) lediglich die östlichen Brunnen 3, 4 und 5 genutzt. Am Brunnen 3 wurde 1994 eine Sulfatkonzentration von 64 mg/l bestimmt. Die Konzentrationen der Brunnen 4 und 5 waren mit 79 mg/l bzw. 76 mg/l etwas höher. Anfang der 1990er Jahre wurde mit etwa 1.000 m³/d das 10fache der Entnahmen seit 2003 realisiert (Abb. 8.5 und Abb. 8.8). Die Konzentrationen aus dem Jahr 2002 sind mit denen aus dem Jahr 1994 vergleichbar. Allerdings ist die Förderung im Jahr 2002 nicht bekannt. Seit 2002 sind die Konzentrationen tendenziell niedriger. Am auffälligsten ist der Rückgang bei Brunnen 3 in Höhe von 30 mg/l. Die Ursache des Rückgangs ist unklar. Er könnte darauf zurückgeführt werden, dass die Brunnen bei einer Entnahme von nur 100 m³/d ein Einzugsgebiet erschließen, welches sulfatärmeres Wasser aufweist als das Einzugsgebiet bei höherer Förderung. 2018 bzw. 2019 wurden 61 mg/l Sulfat an Brunnen 5, 69 mg/l an Brunnen 4 und 31 mg/l an Brunnen 3 ermittelt. Es muss davon ausgegangen werden, dass die Sulfatgehalte mit Zunahme der Förderung wieder ansteigen werden, zumindest auf Konzentrationen, wie sie 2002 festgestellt wurden.

Die Ganglinie der Sulfatkonzentration des Reinwassers dokumentiert, dass die Brunnen im Wechsel gefahren werden (Abb. 8.9). So sind niedrigere Sulfatkonzentrationen von etwa 25 mg/l dem Betrieb von Brunnen 3 zuzuordnen und die höheren Werte den Brunnen 4 und 5.

Ausgehend von den Sulfatanalysen der Brunnen aus dem Jahr 1994 (Mittelwert 73 mg/l) bzw. der Reinwasseranalyse aus dem Jahr 2002 (74 mg/l) können **75 mg/l Sulfat** als Erwartungswert für die Konzentration des Verdünnungswassers aus Müllrose angenommen werden (Abb. 8.8 und Abb. 8.9).

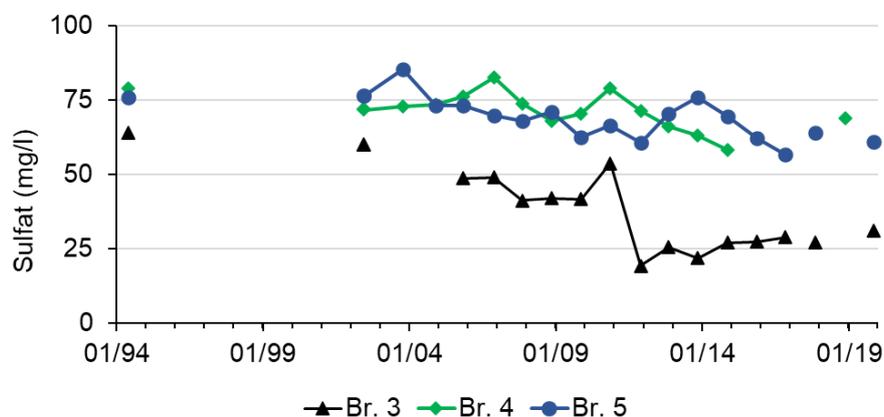


Abb. 8.8 Entwicklung der Sulfatkonzentrationen der Brunnen 3, 4 und 5 des WW Müllrose

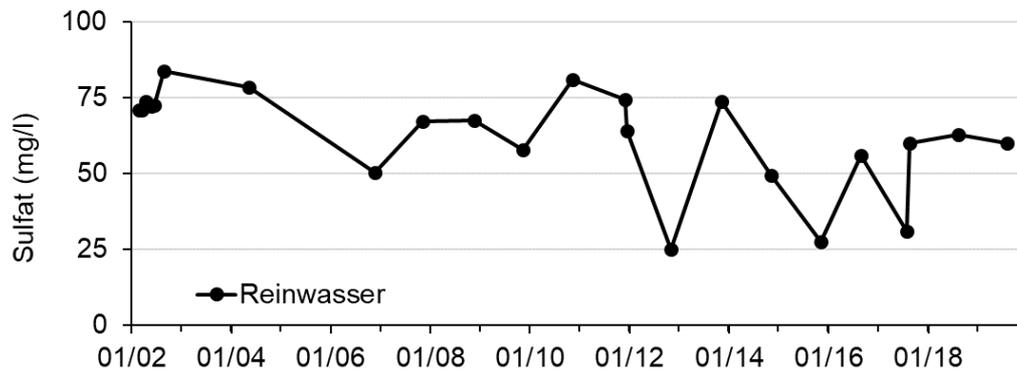


Abb. 8.9 Entwicklung der Sulfatkonzentration im Reinwasser des WW Müllrose

8.4.6. Erforderliche Verdünnungswassermenge Gefährdungsszenarios 2b

Unter Zugrundelegung der Konzentration von 75 mg/l werden für eine Verdünnung des Reinwassers aus Briesen im Falle des Gefährdungsszenarios 2b 3.917 m³/d aus Müllrose benötigt, um ganzjährig unter dem Trinkwassergrenzwert zu bleiben (s. Tab. 8.17, Spalte „Max“ in Zeile „2b“). Diese Wassermenge kann das WW Müllrose nach derzeitigem Wasserrecht jedoch nicht zur Verfügung stellen. Allerdings reicht die verfügbare Menge aus, um zu erreichen, dass die Reinwasserkonzentration im Jahresmittel unter dem Grenzwert liegt. Zeitweise käme es also zu Überschreitungen (s. Tab. 8.17, Spalte „Mittel“ in Zeile „2b“), auf die ggf. mit zusätzlichen organisatorischen oder technischen Maßnahmen reagiert werden müsste (Maßnahmenkombination).

Als flankierende organisatorische Maßnahme wird ein Unterszenario „2b_reduziert“ betrachtet, bei dem im Fall eines bedeutenden Sulfatereignisses in der Spree (T = 10 a) am WW Briesen 3.100 m³/d (max. Zuzugsmenge aus dem WW Müllrose) weniger Spreewasser über die Versickerungsbecken infiltriert und gefördert werden. Die Gesamtmenge zur Trinkwasserbereitstellung in Höhe von 23.500 m³/d in das Versorgungsgebiet Frankfurt (Oder) und Umgebung bleibt dadurch unverändert. Allerdings ist in diesem Fall die Gesamtfördermenge am WW Briesen auf eine Höhe von maximal 20.400 m³/d zu beschränken und durch die bereitstellbaren Verdünnungswassermengen aus dem WW Müllrose zu ergänzen. Aufgrund reduzierter Infiltrationsmengen an Spreewasser am WW Briesen sind zur Verdünnung des Briesener Reinwassers auf 250 mg/l Sulfat dann nur maximal 2.900 m³/d aus dem WW Müllrose erforderlich, um ganzjährig unter dem Grenzwert zu bleiben (s. Tab. 8.17, Spalte „Max“ in Zeile „2b_reduziert“). Mit einer Menge von 2.057 m³/d aus dem WW Müllrose würde unter diesen Randbedingungen erreicht, dass die Reinwasserkonzentration im Jahresmittel unter dem Grenzwert liegt. Im Falle eines maximalen Wasserbedarfs und hoher Sulfatgehalte in der Spree wäre folglich die Infiltration und Förderung nach dem Unterszenario „2b_reduziert“ anzustreben (bedarfsgerechte Förderanpassung).

Tab. 8.17 Verdünnungswassermengen bei 75 mg/l Sulfat des Verdünnungswassers (= Erwartungswert WW Müllrose) für die Gefährdungsszenarien 2a und 2b und die zugehörigen Unterszenarien „2a_reduziert“ und „2b_reduziert“

Gefährdungsszenario	Förderung Q ₃₆₅ (m ³ /d) WW Briesen / WW Müllrose	Verdünnungswassermenge (m ³ /d)					
		Verdünnung auf 200 mg/l			Verdünnung auf 250 mg/l		
		Mittel	Min	Max	Mittel	Min	Max
2a	23.500 / 0	3.595	1.578	4.670	0	0	0
2b	23.500 / 0	6.859	4.174	9.512	2.959	2.302	3.917
2a_reduziert	20.400 / 3.100	2.087	162	3.053	0	0	0
2b_reduziert	20.400 / 3.100	5.556	3.170	7.900	2.057	1.511	2.900

8.4.7. Trinkwasserschutzzone III

Die bestehende Schutzzone III für das WW Müllrose (s. Abb. 8.10) entspricht nicht den Leitlinien des LUGV (2011) und MLUK (2018). Als Schutzzone III wird nach MLUK entweder das gesamte Einzugsgebiet der Wasserfassung definiert oder dieses oftmals mit Hilfe der 30-Jahre-Isochrone begrenzt. Eine Unterteilung der Schutzzone III in A und B ist zulässig, um gesonderte Schutzziele für den näheren Bereich der Fassung zu definieren. Die Zone III A sollte etwa im Abstand von 2 km zur Fassung ausgewiesen werden. Dies entspricht der von Hydrogeologie Berlin-Brandenburg GmbH (1994) vorgeschlagenen Schutzzone (gestrichelten Linie in Abb. 8.10).

Aufgrund der bestehenden wasserrechtlichen Erlaubnis ist der Betrieb des WW Müllrose im Rahmen der Erlaubnis bis zu einer Höhe von 3.200 m³/d realisierbar und würde nach einer technischen Anpassung im Wasserwerk (Wiederertüchtigung) die erforderlichen Verdünnungswassermengen bereits vollständig bereitstellen können. Eine Anpassung der Schutzzonenbemessung ist in diesem Zusammenhang erforderlich und parallel in Form einer Neuausweisung des Trinkwasserschutzgebietes zu beantragen.

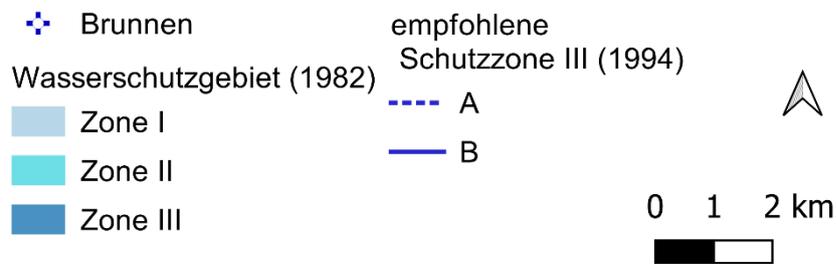
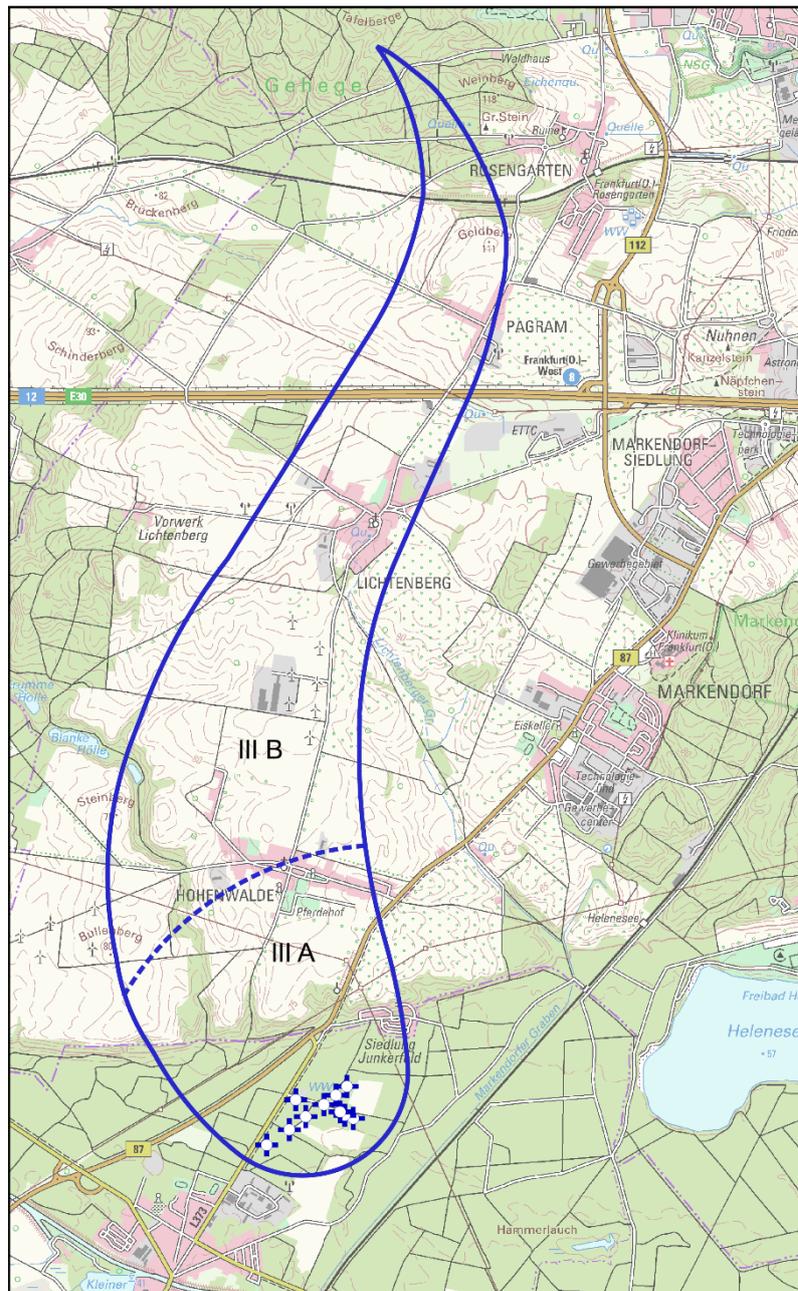


Abb. 8.10 Gültige Schutzzonen des WW Müllrose von 1982 und von Hydrogeologie Berlin-Brandenburg GmbH (1994) empfohlene Schutzzone III

8.4.8. Geplanter Ausbau des WW Müllrose und Monitoring

Die bestehenden Brunnen sollen durch 6 neue Brunnen ersetzt werden, welche westlich der vorhandenen Brunnen 3 bis 5 errichtet werden sollen (Abb. 8.11). Die Auslegung der Brunnen richtet sich nach den Kennzahlen der wasserrechtlichen Erlaubnis:

$$Q_{h \max} = 300 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{365} = 3.200 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$Q_{d \max} = 6.000 \text{ m}^3/\text{d}$$

Die Rohwasserförderung kann mit 5 Brunnen sichergestellt werden. Der sechste Brunnen dient als Sicherheit, um die Förderung der benötigten Gesamtmenge auch im Falle des Ausfalls eines Brunnens aufrecht erhalten zu können.

Die technische Aufbereitung am WW Müllrose muss an die zu fördernde Verdünnungswassermenge angepasst werden. Dies beinhaltet den Bau einer Bicone-Anlage zur Zugabe von Sauerstoff, der Errichtung von vier Druckfiltern zur Entfernung von Eisen, Ammonium und Mangan, einer Entsäuerungsanlage und zwei Regelspeichern mit einem Volumen von je 100 m³.

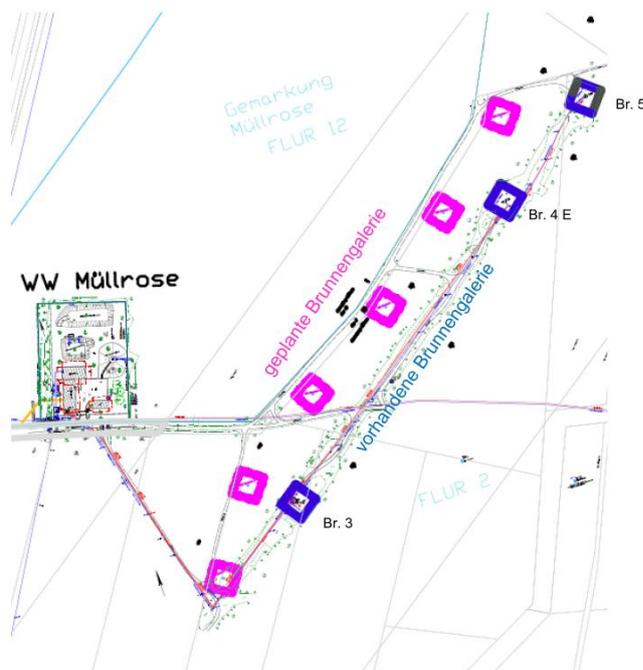


Abb. 8.11 Lage der neuen Brunnengalerie des WW Müllrose (FWA, 2020)

In der wasserrechtlichen Erlaubnis ist ein Grundwassermonitoring vorgeschrieben. In diesem Monitoring sind 10 GWMS zu berücksichtigen (Abb. 8.12). Des Weiteren wurden vier weitere GWMS im Anstrom auf die Fassung errichtet. An der GWMS M21 soll die Wasserstandsentwicklung im näheren Umfeld des WW kontinuierlich überwacht werden. An allen anderen Messstellen wird der Wasserstand monatlich überwacht. Die Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit soll nach wasserrechtlicher Erlaubnis jedes Jahr als Kurzuntersuchung und jedes dritte Jahr als Volluntersuchung an den Brunnen und im Rohwasser durchgeführt werden.

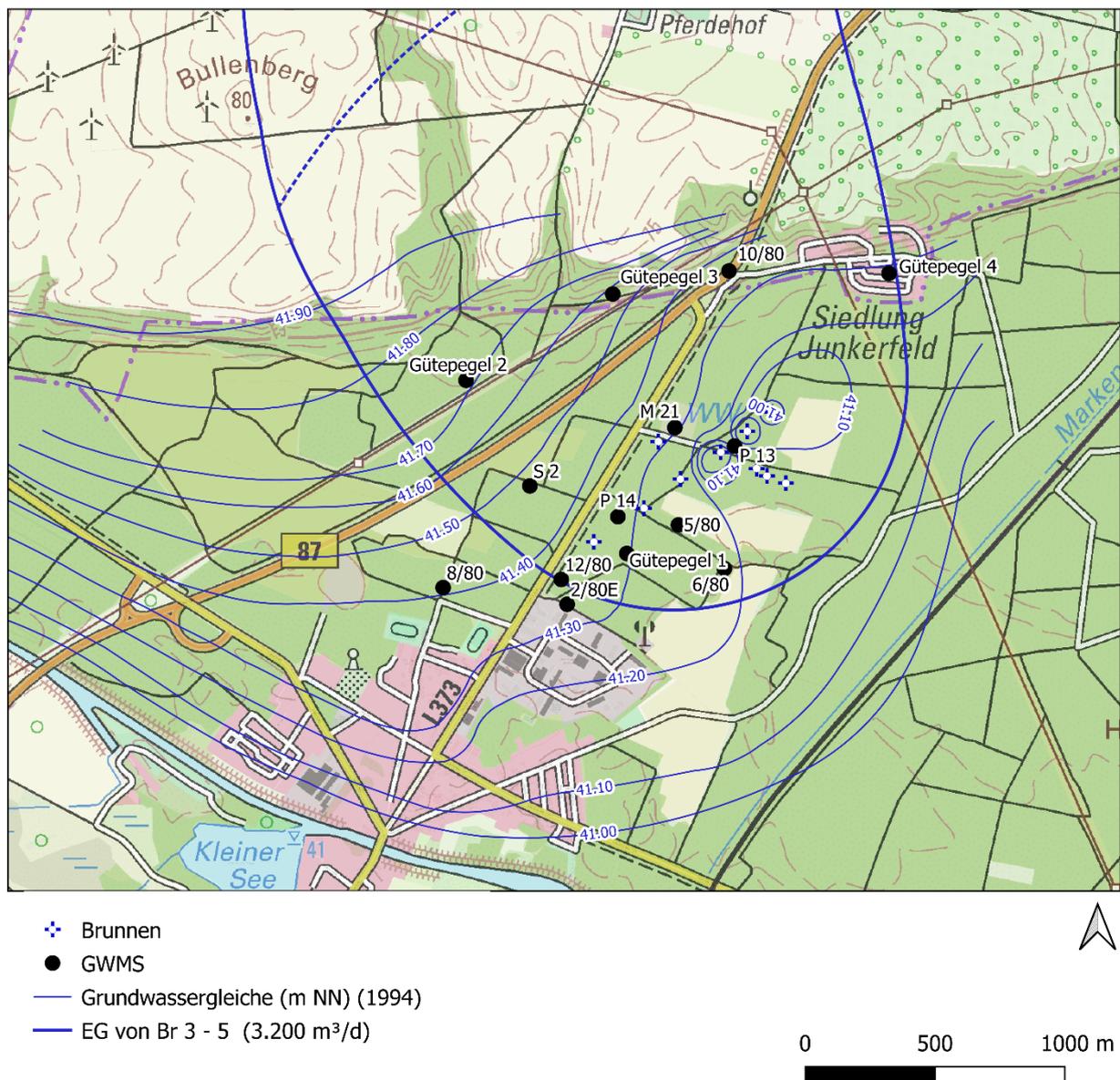


Abb. 8.12 Übersicht der vorhandenen und geplanten Grundwassermessstellen für das Grundwassermonitoring des WW Müllrose

8.4.9. Kostenübersicht

Nach Angaben von FWA belaufen sich die Investitionskosten für die Wiederertüchtigung des WW Müllrose auf voraussichtlich 10,4 Mio. Euro.

Tab. 8.18 Geschätzte Investitionskosten für die Wiederertüchtigung des WW Müllrose

Teilobjekt inklusive Baukosten, Baunebenkosten, Planungsleistungen	Kostenschätzung (Mio. €)
Wasserfassung <ul style="list-style-type: none">- GWMS- Brunnen- Rohrleitung	1,0
Wasserwerk <ul style="list-style-type: none">- Gebäude- Technologie- Rohrleitung	2,9
Transportleitung DN 400/250	5,2
Elektro: Messen, Steuern, Regeln gesamt	0,7
Aussonderungs- und Rückbaukosten	0,6

8.4.10. Zeitplan

FWA schätzt, dass nach Klärung der Finanzierung innerhalb von 2 bis 2,5 Jahren die Fördermenge von 3.200 m³/d realisiert werden kann. Eine grobe Übersicht über den Zeitplan gibt Abb. 8.13.

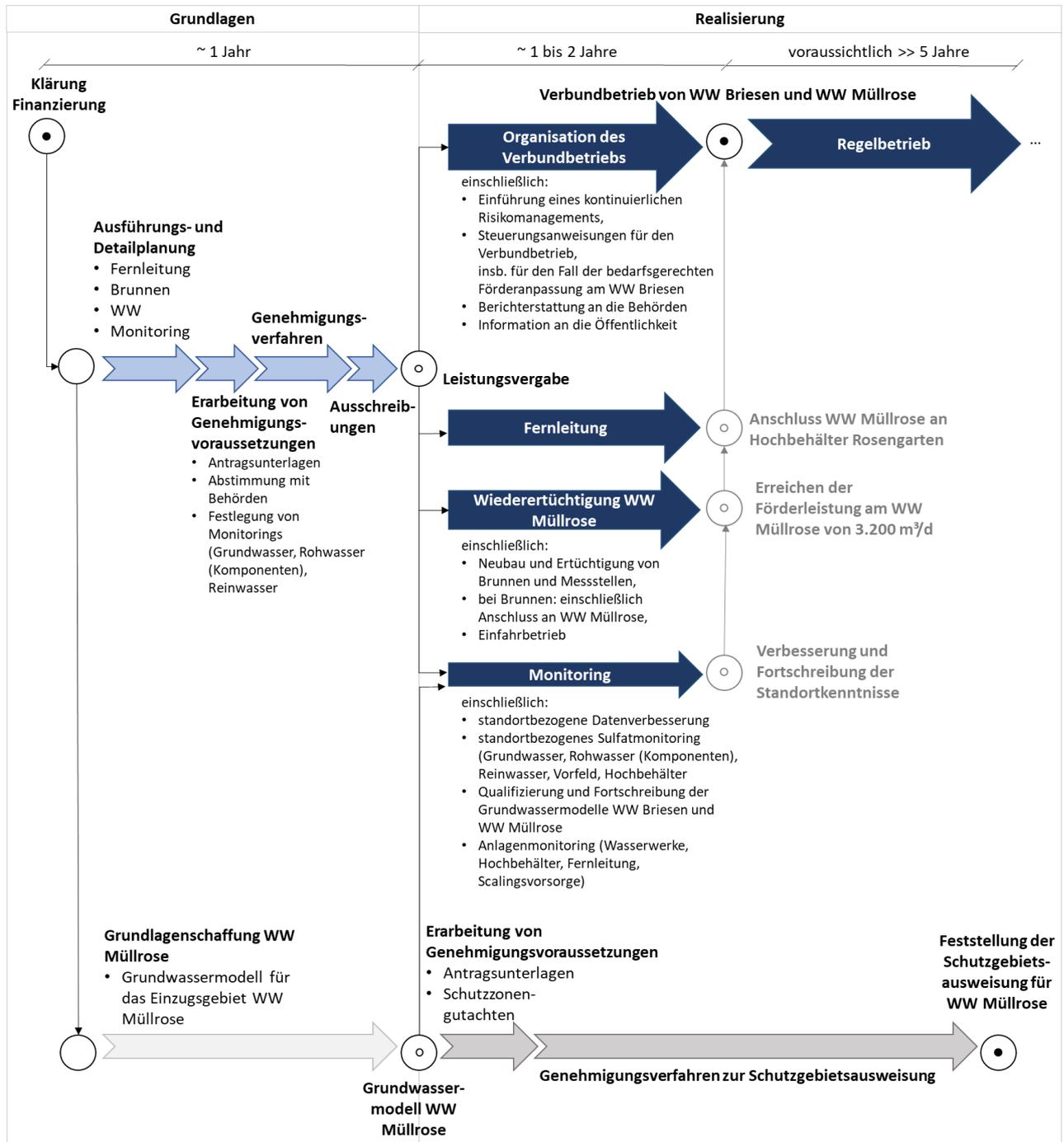


Abb. 8.13 Zeitplan zur Wiederertüchtigung des WW Müllrose

8.4.11. Allgemeine Empfehlung zur Validierung des Standortes Müllrose

Die Betrachtung der Maßnahmenkombination aus substituierender Maßnahme „Ertüchtigung des WW Müllrose“ mit der organisatorischen Maßnahme „Reduzierung der Infiltrationsmenge am WW Briesen“ (Abschnitt 8.4.6) zeigt auf, dass nahezu vollständig die nach wasserrechtlicher Erlaubnis verfügbaren Fördermengen am WW Müllrose zur Verdünnung des Briesener Wassers erforderlich sind. Die derzeitige Planung von FWA sieht vor, einen Teil des Reinwassers vom WW Müllrose vor der Vermischung mit dem Briesener Trinkwasser für die Versorgung umliegender Gemeinden abzuzweigen. Damit stünden von den zur Verdünnung benötigten ca. 3.000 m³/d (s. Abschnitt 8.4.6 und Tab. 8.17, Zeile „2b_reduziert“) zeitweise nur noch ca. 50 % zur Verfügung. Die Mischungsrechnung des Szenarios „2b_reduziert“ zeigt jedoch, dass 1.500 m³/d Müllroser Wasser nicht mehr für eine Absenkung des Briesener Wassers unter den Grenzwert ausreichen würden (s. Tab. 8.17, Zeile „2b_reduziert“, Spalte „Min“). Es muss dann mit dauerhaften Überschreitungen des Grenzwertes des Trinkwassers im Hochbehälter Rosengarten gerechnet werden.

Berücksichtigt man weiterhin, dass ein Teil der Bevölkerung nach der derzeitigen Planung nur vom WW Briesen versorgt werden soll (Wasserbedarf zwischen 800 und 2.500 m³/d) wird empfohlen, eine Machbarkeitsstudie zur Bereitstellung und Verteilung des Trinkwassers aus Briesen und Müllrose durchzuführen. Dabei könnte u. a. untersucht werden, ob:

- die Versorgung der Gemeinden, die bislang das Wasser direkt vom WW Müllrose erhalten sollen, erst nach Vermischung mit dem Briesener Wasser umsetzbar ist
- das Wasser der Spreebogenfassung für die Versorgung der Gemeinden ausreicht, die nach derzeitiger Planung mit Wasser vom WW Briesen versorgt werden oder
- die Zumischung des Müllroser Wassers vor dem Abzweig an die Gemeinden vor dem Hochbehälter umgesetzt werden könnte
- die Überleitung des Müllroser Wassers ohne Aufbereitung nach Briesen und eine gemeinsame Aufbereitung des Mischwassers in Briesen eine Alternative wäre.
- eine Verteilung des Wassers an alle Gemeinden erst nach der Mischung des Briesener und Müllroser Wassers im Hochbehälter Rosengarten möglich ist

Des Weiteren wird die Einführung eines kontinuierlichen Risikomanagements empfohlen. Dieses beinhaltet, u.a., die Erarbeitung und Implementierung von Steuerungsanweisungen für den Verbundbetrieb vom WW Briesen und WW Müllrose, insbesondere für den Fall der bedarfsgerechten Förderanpassung am WW Briesen und die regelmäßige Berichterstattung an die Behörden sowie die Information an die Öffentlichkeit.

Das von Hydrogeologie Berlin-Brandenburg GmbH (1994) für $Q_{365} = 3.200 \text{ m}^3/\text{d}$ ausgewiesene Einzugsgebiet des WW Müllrose wird im Hochflächenbereich überwiegend landwirtschaftlich genutzt (s. Abb. 8.10). Es muss folglich damit gerechnet werden, dass sich bei übermäßiger Düngung landwirtschaftliche Einflüsse mittel- und langfristig auch in den dort bedeckten GWL auswirken. Infolge von Pyritoxidation beim Nitratabbau muss dann u. a. mit einer tendenziellen Zunahme der Sulfatgehalte im Zustrom der Brunnen

gerechnet werden. Zunehmende Sulfatgehalte erfordern andere Mischungsverhältnisse oder sogar die zusätzliche Enthärtung einer Teilmenge.

Vor einer Entscheidung für den Ausbau des WW-Standortes Müllrose werden dringend eine umfangreiche Untersuchung zur Abgrenzung des hydrodynamischen Einzugsgebietes bei einer Entnahme von 3.200 m³/d mit den geplanten Brunnen sowie die Evaluierung der Grundwasserbeschaffenheit in diesem Einzugsgebiet empfohlen. Dazu sind auch GWMS im Hochflächenbereich zu errichten und zu untersuchen, was das Monitoring nach wasserrechtlicher Erlaubnis derzeit nicht vorsieht.

Die Ergebnisse des Monitorings können zugleich zur Beweissicherung des Ausgangszustandes Verwendung finden. Wenn die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Randbedingungen sich weniger gut darstellen, müsste die Nutzwertanalyse nochmals überprüft werden. Gegebenenfalls könnte die derzeit auf Platz 2 befindliche Maßnahme, Verdünnungswasser vom WW Pohlitz des Trink- und Abwasserzweckverbands (TAZV) Oderaue zu beziehen, dann zur Vorzugsvariante werden.

8.5 Rechtliche Hintergründe zur Maßnahmenumsetzung

(verfasst von MWAE und LBGR)

Mit der vorgelegten Gefährdungsbeurteilung ist eine bergbaubedingte Beeinflussung der Trinkwassergewinnung am Wasserwerksstandort Briesen unter den aktuell herrschenden Rahmenbedingungen feststellbar. Zur Maßnahmenumsetzung wird dazu auf rechtliche Hintergründe Bezug genommen. Dieser Abschnitt ist als Behördenstandpunkt in Zusammenarbeit mit dem LBGR dieser Gefährdungsbeurteilung beigetragen worden.

8.5.1. Verpflichtungen zur Umsetzung der Maßnahmen

Neben der Prüfung des Handlungsbedarfs und der in Betracht kommenden Maßnahmen ist als ein weiterer Aspekt auch die rechtliche Verpflichtungslage zu betrachten. Dies betrifft insbesondere die Frage, ob und gegen wen der Trinkwasserversorger im Falle der Notwendigkeit von Maßnahmen zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung ggf. Ansprüche geltend machen kann.

Die wasserrechtliche Erlaubnis oder Bewilligung geben dem Rechtsinhaber gemäß § 10 Abs. 2 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) keinen Anspruch auf Zufluss von Wasser in einer bestimmten Menge und Beschaffenheit. Insofern gilt der Grundsatz, dass ein Gewässer im Prinzip nur so genutzt werden kann, wie es sich von Natur her darbietet (vgl. Sieder/Zeitler/Dahme/Knopp, WHG § 10 Rn. 56–63). Dies schließt jedoch Handlungs- oder Schadenersatzpflichten nicht aus, die dann eingreifen können, wenn durch menschliche Einwirkungen nachteilige Veränderungen des Gewässers bzw. schwerwiegenden Beeinträchtigungen anderer rechtmäßiger Gewässerbenutzungen eintreten. In Betracht kommen dabei sowohl öffentlich-rechtliche Pflichten zur Vorsorge, zur Minimierung oder zum Ausgleich der nachteiligen Einwirkungen, als auch zivilrechtliche Ansprüche, die von der Regelung des § 10 Abs. 2 WHG unberührt bleiben. Neben den sich aus dem Wasserrecht ergebenden Anspruchsgrundlagen sind bei Auswirkungen bergbaulicher Tätigkeiten auch die Vorschriften des Bergrechts von Bedeutung.

8.5.2. Bergrechtliche Pflichten zur Verhinderung von Gemeinschaftschäden

Eine Grundlage für die Rechtsverpflichtung zur Umsetzung der Maßnahmen stellen die Vorschriften zur Zulassung bergrechtlicher Betriebspläne dar, die sowohl für die aktive Phase der Gewinnung als auch die Einstellung des Bergbaubetriebes gelten. Gemäß § 55 Abs. 1 Satz 1 Nr. 9 Bundesberggesetz (BBergG) ist Voraussetzung für die Zulassung eines Betriebsplanes, dass gemeinschädliche Einwirkungen nicht zu erwarten sind. Zur Sicherstellung dieser Voraussetzungen können Auflagen verfügt werden. Dies kann bei neuen Erkenntnissen auch nachträglich erfolgen, sofern die Maßnahmen nach der Art des Bergbauunternehmens wirtschaftlich vertretbar und nach den allgemein anerkannten Regelungen der Technik erfüllbar sind (§ 56 Abs. 1 Satz 2 BBergG).

Von gemeinschädlichen Einwirkungen ist dann auszugehen, wenn ein Schaden droht, der sich auf das Allgemeinwohl auswirkt (vgl. Boldt/Weller/Kühne/von Mäßenhausen, BBergG, § 55 Rn. 100 ff.; Frenz,

BBergG, § 55 Rn. 253 m.w.N.). Von § 55 Abs. 1 Satz Nr. 9 BBergG werden Gewässerverunreinigungen erfasst, wenn die Schwelle der Gemeinwohlbeeinträchtigung überschritten ist. Wann diese der Fall ist, lässt sich anhand des Maßstabes des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) bestimmen. § 3 Nr. 10 WHG definiert schädliche Gewässerveränderungen als Veränderungen von Gewässereigenschaften, die das Wohl der Allgemeinheit, insbesondere die öffentliche Wasserversorgung, beeinträchtigen oder die nicht den Anforderungen entsprechen, die sich aus diesem Gesetz, aus auf Grund dieses Gesetzes erlassenen oder aus sonstigen wasserrechtlichen Vorschriften ergeben. Ist eine Gefährdung der öffentlichen Wasserversorgung zu erwarten, so ist von einer Beeinträchtigung des Allgemeinwohls i. S. d. Wasserrechts und parallel dazu von gemein-schädlichen Einwirkungen i. S. d. §§ 55 Abs. 1 Satz Nr. 9 BBergG auszugehen.

Gemeinschädliche Einwirkungen sind dann zu erwarten, wenn ihr Eintritt bei normalem Geschehensablauf nach allgemeinen Erfahrungen wahrscheinlich ist, d. h. es sich nicht nur um eine fernliegende, theoretische Möglichkeit handelt.

Im vorliegenden Fall wurde prognostiziert, dass bis zu 3.100 m³/d an Verdünnungswasser für das WW Briesen erforderlich werden können, um eine Gefährdung bzgl. des Parameters Sulfat beherrschen zu können. Dafür ist eine technische Maßnahme, die Wiederertüchtigung des WW Müllrose, in Verbindung mit betriebsinternen organisatorischen Maßnahmen, u. a. dem Aufbau eines Verbundbetriebes mit dem WW Briesen, zu realisieren.

Der Bergbauunternehmer ist verpflichtet, die Maßnahmen zu ergreifen, die erforderlich sind, um betriebsbedingte gemeinschädliche Einwirkungen auszuschließen. Dies umfasst in einem ersten Schritt ein Konzept zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung und in einem zweiten Schritt die rechtzeitige Umsetzung der Maßnahmen.

8.5.3. Bergschadensersatz

Der Ersatz von Bergschäden ist gemäß §§ 114 ff. Bundesberggesetz als zivilrechtliche Haftung zwischen dem Geschädigten und den Bergbauunternehmer geregelt und richtet sich nach den Vorschriften des Bürgerlichen Gesetzbuches (BGB) für die Schadensersatzpflichten im Falle einer unerlaubten Handlung. Soweit mehrere Bergbauunternehmer den Schaden verursacht haben, haften diese als Gesamtschuldner.

Die Bergschadenshaftung setzt voraus, dass als unmittelbare oder mittelbare Folge des Bergbaus ein Personen- oder Sachschaden eintritt (§ 114 BBergG). Gemäß § 4 Abs. 2 WHG sind das Wasser eines fließenden oberirdischen Gewässers („fließende Welle“) und Grundwasser nicht eigentumsfähig. Damit entfällt die Sacheigenschaft i. S. d. § 90 BGB. Ein Anspruch auf Schadensersatz käme dann in Betracht, wenn durch erhöhte Sulfatkonzentrationen die Anlagen des Wasserversorgers geschädigt werden.

Für das Beitrittsgebiet gilt der Sonderfall, dass sich die Haftung für Bergschäden nach den Überleitungsregelungen des Einigungsvertrages nach dem Berggesetz der DDR, wenn eine mitwirkende Ursache vor dem 3. Oktober 1990 gesetzt worden ist. Dies kann dann eingreifen, wenn die Sulfatbelastungen aus dem Grundwasserwiederanstieg resultieren, der Folge der Grundwasserabsenkung vor dem Stichtag ist. Die

Haftung setzt allerdings ebenfalls voraus, dass der Bergbaubetrieb einen Sachschaden, d. h. ein Schaden an den Anlagen, verursacht hat.

8.5.4. Wasserrechtliche Verhaltenshaftung

§ 89 Abs. 1 WHG begründet eine Gefährdungshaftung für Änderungen der Wasserbeschaffenheit. Diese setzt voraus, dass durch das Einbringen oder Einleiten von Stoffen in ein Gewässer oder andere Einwirkungen eine nachteilige Veränderung der Gewässereigenschaften verursacht wird, welche zu einem Schaden führt. Nachteilige Veränderungen umfasst jede Verschlechterung der natürlichen Gewässereigenschaften im physikalischen, chemischen oder biologischen Sinn, die über unbedeutende, vernachlässigbar kleine Beeinträchtigungen hinausgeht (vgl. BGH, Urteil vom 21. Januar 1988 – III ZR 180/86 – Rn. 20 m.w.N., BGHZ 103, 129 = ZfW 1988, 422). Eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit durch die bergbaubedingte Pyritverwitterung und Stofffreisetzung ist im vorliegenden Fall gegeben. Die Schadenszufügung muss rechtswidrig sein, was dann der Fall ist, wenn der Verursacher keinen Rechtsfertigungsgrund hat. Allein die Tatsache, dass über wasserrechtliche Erlaubnisse verfügt, schließt die Rechtswidrigkeit nicht aus (vgl. Czychowsky/Reinhardt, WHG, § 89, Rn. 40).

Der Umfang des Schadensersatzes bestimmt sich nach den zivilrechtlichen Regelungen (§ 249 ff. BGB). Ersatzfähig sind erhöhte Aufwendungen, z.B. zusätzliche Untersuchungen, Mehrkosten für die Errichtung einer Ersatzwassergewinnungsanlage, Kosten für die zusätzliche Aufbereitung (vgl. Czychowsky/ Reinhardt, a.a.O., Rn. 48 m.w.N.). Kann aufgrund des Anstiegs der Sulfatbelastung die Trinkwasserversorgung nur durch das Ergreifen von Maßnahmen, z.B. Errichtung einer Ersatzwasserfassung gewährleistet werden, so sind diese Kosten ersatzfähig.

8.6 Ergänzende Empfehlungen

An dieser Stelle werden Empfehlungen geben, die nicht auf die Sulfatproblematik beschränkt sind, sondern dazu beitragen sollen, den allgemeinen Kenntnisstand in Bezug auf Hydrogeologie, Hydrodynamik und der Grundwasserbeschaffenheit im Sinne der sicheren Trinkwasserversorgung für die Stadt Frankfurt (Oder) und Umgebung zu verbessern. Dies ermöglicht wiederum eine Optimierung der Bewirtschaftung der Resource und der Betriebssteuerung am WW-Standort Briesen.

Allgemein

Es wird empfohlen, die Angaben zur Gelände-, Messstellen- und Wasserstandshöhen im landesweiten einheitlichen Höhenstatus 170 (m NHN, Deutsches Haupthöhennetz von 2016, „Normalhöhen-Null“) anzugeben, um die Vergleichbarkeit zu den Daten anderer Messnetze zu gewährleisten.

Hydrodynamik

Hochflächen

Das Grundwasser strömt der Zentralfassung von der nordwestlichen Hochfläche zu. In diesem Bereich gibt es bisher keine Grundwassermessstellen (GWMS) zur Beobachtung der langfristigen Wasserstandsdynamik. Die Errichtung von GWMS und die regelmäßige Erfassung der Wasserstände erlaubt eine bessere Charakterisierung des Anstroms zur Zentralfassung. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund der zu erwartenden Reduzierung der GWN von Bedeutung, da dies besonders die Hochflächen als Speisungsgebiete betrifft.

Tiefenwasseraufstiege

In VEB Hydrogeologie (1987) gibt es Hinweise darauf, dass über die pleistozäne Rinne südöstlich der Ortschaft Briesen geogen salinates Tiefenwasser sowohl über den nördlichen als auch den südlichen Rinnenrand aufsteigt. Die südliche Aufstiegszone ist jedoch nicht eindeutig belegt. Insbesondere für den Fall, dass die Errichtung der Kersdorfer Fassung auch aus anderen Gründen umgesetzt werden sollte, wäre es von Bedeutung, im Bereich dieser Rinne das Messnetz zu verdichten und/oder vorgeschaltet weitere Erkundungsmaßnahmen vorzusehen.

Einfluss der Infiltration auf den Grundwasseranstrom zu den Fassungen

Durch FWA wird langfristig angestrebt, die Infiltration von Spreewasser durch die Erschließung anderer Rohwasserquellen zu reduzieren. Unter der Voraussetzung, dass an den bestehenden Wasserfassungen weiterhin Grundwasser gefördert werden soll, wäre zu überprüfen, ob und wie sich der Grundwasseranstrom zu den Fassungen ohne Infiltration verändert. Dies hat den Hintergrund, dass beide Fassungen westlich und östlich von Salzwasserfahnen umschlossen sind. Die Reduzierung der Infiltration könnte dazu führen, dass sich das Salzwasser stärker in Richtung der Brunnen ausbreitet.

Grundwassermodell

MWAE empfiehlt, das mit der Gefährdungsabschätzung erstellte Grundwassermodell weiter zu qualifizieren und regulär (auch für weitere Fragestellungen) in betriebliche Entscheidungsprozesse zu integrieren sowie als Instrument der untergrund-/gewinnungsseitigen Betriebsüberwachung zu nutzen.

Grundwasserbeschaffenheit

Hydrochemische Überwachung

In der betrieblichen Überwachung, insbesondere der Grundwasserressource, sind die hydrochemischen Kennwerte stärker zu beobachten. Neben dem Parameter Sulfat sind sowohl das WW Briesen als auch das WW Müllrose vor dem Hintergrund möglicher Versalzungsgefährdungen regelmäßig zu untersuchen. Dazu wird empfohlen, entsprechende Untersuchungen vorzusehen und bei der Bewertung der Hauptionen u. a. auf die Software GEBAH des LBGR für die Überwachung und Auswertung hydrogeochemischer Daten zur Beurteilung des Vorliegens und der Intensität eines salinaren Stoffeintrags in Gewässer und Grundwasser zurückzugreifen (Rechlin, 2008; LBGR (2010), Brose, (2017)).

Geogene Hintergrundkonzentration im Grundwasser

Ein regelmäßiges Monitoring der geogenen Hintergrundkonzentration aller relevanten Beschaffenheitsparameter an einer von der Infiltration unbeeinflussten GWMS im Anstrom der Zentralfassung wird empfohlen. Dies ermöglicht, die Entwicklung der Beschaffenheit des anströmenden Grundwassers zu beobachten und rechtzeitig auf negative Veränderungen reagieren zu können.

Abstrom der Zentralfassung

Die Infiltrations- und Fördermengen variieren im jahreszeitlichen Verlauf, so dass keine sichere Aussage darüber getroffen werden kann, ob mit der Zentralfassung immer das gesamte Infiltrationswasser gehoben werden kann. Daher empfiehlt sich ein regelmäßiges flächendeckendes Beschaffenheitsmonitoring im Abstrom der Zentralfassung, um sicherzustellen, dass es nicht zu einer Anreicherung von sulfathaltigem Wasser im Anstrom der Spreebogenfassung kommt. Für diesen Zweck empfiehlt sich der Bau mindestens einer weiteren GWMS im direkten (nördlichen) Anstrom der Spreebogenfassung.

Südlicher Anstrom Spreebogenfassung

Mit dem Grundwasserströmungsmodell konnte nachgewiesen werden, dass die Spreebogenfassung auch Wasser von der südlichen Hochfläche bezieht. Aus diesem Grund sollte das Messnetz im Süden verdichtet werden, ein Monitoring etabliert und die Beschaffenheitsentwicklung verfolgt werden.

Einfluss des Uferfiltrats auf die einzelnen Spreebogenbrunnen

Die Sulfatkonzentrationen in den Brunnen der Spreebogenfassung unterscheiden sich stark (Abschnitt 3.4.3), was auf verschiedenen Ursachen zurückgeführt werden kann (z. B. Ausbautiefe, tatsächliche Fördermenge, Betriebsdauer, geologische Gegebenheiten). Es wird empfohlen, die möglichen Ursachen eingehender zu untersuchen und eine vergleichmäßigte Betriebsweise der Brunnen zu realisieren.

Betrieb

kontinuierliche Überwachung der Sulfatkonzentration der Spree mit einer Fließzeitentfernung von 1 – 2 Wochen

Am Pegel Neubrück überwacht das LfU die Sulfatkonzentration der Spree durch regelmäßige Entnahme von Wasserproben und kontinuierliche Messung der elektrischen Leitfähigkeit. Damit kann der Konzentrationsverlauf mit hoher zeitlicher Genauigkeit beobachtet werden. Allerdings liegt der Pegel Neubrück nur ca. 1 Tag Fließzeit vom WW Briesen entfernt. Damit steht nicht genug Zeit für organisatorische Maßnahmen zur Reaktion auf Konzentrationsänderungen der Spree zur Verfügung. Es wird deshalb empfohlen, einen Pegel in einer Entfernung von ca. 1 – 2 Wochen Fließzeit vom WW Briesen mit einer kontinuierlichen Messung analog zum Pegel Neubrück auszustatten. Dann wäre bei Beobachtung eines Konzentrationsanstiegs ggf. noch genügend Zeit, um beispielsweise durch kurzzeitige Erhöhung der Infiltration einen Grundwasservorrat aufzubauen, der es erlaubt, während der zu erwartenden Phase höherer Sulfatkonzentration die Infiltrationsmenge zu reduzieren.

Abschätzung der Fördermengen der Heberbrunnen

Die Fördermenge eines Heberbrunnens nimmt mit zunehmender Distanz vom Sammelbrunnen ab. Dies birgt die Gefahr, dass die äußeren Brunnen der Zentralfassung das Infiltrationswasser nicht vollständig heben und dieses weiter in Richtung Spreebogenfassung abströmen kann. Um die Fördermengen der einzelnen Brunnen abschätzen zu können, bietet sich ein zweiwöchiger Leistungstest an. Während dieser Zeit wird mit Datenloggern der Wasserstand in den Heberbrunnen, den Sammelbrunnen, den Infiltrationsbecken und den naheliegenden GWMS aufgezeichnet. Soweit es möglich ist, sollte auch der Durchfluss durch die einzelnen Heberstränge gemessen werden. Die Heberbrunnenanlage wird mit drei verschiedenen Förderleistungen gefahren. Die empirische Auswertung erlaubt dann die Abschätzung der Fördermengen an den einzelnen Brunnen unter unterschiedlichen Förderbedingungen. Die Auswertungsergebnisse können herangezogen werden, um zu prüfen, ob einzelne Brunnen regeneriert werden sollten oder die Beschickung der Becken bei unterschiedlichen Förderbedingungen angepasst werden muss.

Vertikalfilterbrunnen zur Erfassung des seitlichen Abstroms um die Heberbrunnenanlage

Mit je einem Vertikalfilterbrunnen am westlichen und östlichen Ende der Heberbrunnenanlage könnte seitlich abströmendes Infiltrationswasser gefasst und ggf. auch ein höherer Anteil Neubildungsbürtiges Grundwasser gehoben werden. Durch die Bauweise als Vertikalfilterbrunnen mit Unterwassermotorpumpe wären diese Brunnen – im Unterschied zur Heberbrunnenanlage – zudem nicht so stark in ihrer möglichen Absenkung eingeschränkt.

Literatur

AKS (2002): Fachgutachten zur Bemessung der Schutzzonen für das Wasserschutzgebiet Briesen. Frankfurt (Oder).

Boldt, Weller, Kühne, von Mäßenhausen (2016): Kommentar zum Bundesberggesetz, Berlin, Walter de Gruyter Verlag, 2. Auflage, § 55 Rn. 100 ff.

Brose, D. (2017): GEBAH – Eine Software für die konzentrationsunabhängige Früherkennung von Salzwasserintrusionen in Süßwasser führende Grundwasserleiter und Oberflächengewässer. Brandenburg. geowiss. Beitr. 24. 1/2, S. 69–82, Cottbus

DHI WASY (2017): Erstellung des Sulfatprognosemodells Spree. Abschlussbericht

DHI, WASY (2019): Ermittlung von Zielwerten für die Spree für den Parameter Sulfat als Grundlage für einen Bewirtschaftungserlass zum Umgang mit bergbaubedingten stofflichen Oberflächengewässerbelastungen. Gesamtbericht. Berlin.

DHI, WASY (2020): FEFLOW®. Finite-Element Simulation System for Subsurface Flow and Transport Processes. Version 7.3.

Diersch, H.-J. (2013): FEFLOW: Finite Element Modeling of Flow, Mass and Heat Transport in Porous and Fractured Media. Heidelberg.

DIN EN 15975-2:2013-12: Sicherheit der Trinkwasserversorgung – Leitlinien für das Risiko- und Krisenmanagement. Teil 2 Risikomanagement.

DVGW (2004): Wasseraufbereitung – Grundlagen und Verfahren. Lehr- und Handbuch Wasserversorgung Bd. 6. München.

DVGW W 107 (2016): Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten. Bonn.

DVGW W 1001-B2 (M) (2015): Sicherheit in der Trinkwasserversorgung – Risikomanagement im Normalbetrieb; Beiblatt 2: Risikomanagement für Einzugsgebiete von Grundwasserfassungen zur Trinkwasserversorgung. Bonn.

Hotzan, G. (2019): Erfahrungen bei der Anwendung des GEBAH-Moduls „Geneseklassen“. Brandenburgische wissenschaftliche Beiträge, S. 35 – 43.

Hydrogeologie Berlin-Brandenburg GmbH, Kalatz, R. und Wolf, A. (1992): Hydrogeologisches Gutachten zum unterirdischen Einzugsgebiet WW Müllrose.

Hydrogeologie Berlin-Brandenburg GmbH, Habeck, H. (1994): Geohydraulische Betriebsoptimierung WW Müllrose.

LBGR (2010): GEBAH - Genetische Bewertung von Analysen der Hydrosphäre; Software für die Überwachung und Auswertung hydrogeochemischer Daten zur Beurteilung des Vorliegens und der Intensität eines salinaren Stoffeintrags in Gewässer und Grundwasser. Lizenzgeber Landesamt für Bergbau, Geologie und

Rohstoffe Brandenburg. https://lbgr.brandenburg.de/sixcms/detail.php/bb1.c.334429.de?nav_level=2 oder http://www.gci-kw.de/software_gebah.php)

LBGR & AKS, Hotzan, G. und Fehlauer, P. (2018): Abhängigkeit des WW Briesen vom Oberflächenwasser der Spree – Positionspapier.

Landesamt für Umwelt (2016): Abteilung Wasserwirtschaft 1: Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit im Land Brandenburg 2006 – 2012.

Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz; Abteilung Ökologie, Naturschutz und Wasser; Wieneke, S. (2011): Hydrogeologische Gutachten zur Neufestsetzung von Wasserschutzgebieten im Land Brandenburg, Hinweise zur Erstellung. Fachbeiträge des LUGV, Heft 117.

Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz; Abteilung Ökologie, Naturschutz und Wasser; Quiel, K., Pätzolt, J. (2013): Fachliche Stellungnahme zur Geruchsbelästigung am Kersdorfer Mühlengraben im Abfluss des Petersdofer Sees. Potsdam.

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (MLUK) (2018): Wasserschutzgebiete im Land Brandenburg. Festsetzung und Vollzug.

Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (MLUK) und Ministerium für Wirtschaft und Energie (MWAE) (2019): Bewirtschaftungserlass Sulfat (Spree) für den Pegel Neubrück.

Rechlin, B. (2008): Eine Methode zur konzentrationsunabhängigen Früherkennung von Salzwasserintrusionen in süßwasserführende Grundwasserleiter und Oberflächengewässer. Brandenburg. geowiss. Beitr. 15, 1/2, S. 57– 68, Kleinmachnow

Seidler, Zeitler, Dahme, Knopp (2019): Kommentar zum Wasserhaushaltsgesetz, München, C.H. Beck-Verlag oHG, 53. Ergänzungslieferung August 2019, § 10 Rn. 56-63

VEB Hydrogeologie (1977): Hydrogeologischer Ergebnisbericht Grundwasservorratsberechnung Briesen 1972/73 (Detailerkundung). Berlin.

VEB Hydrogeologie (1987): Hydrogeologischer Ergebnisbericht mit Grundwasservorratsberechnung Fürstenwalde, Vorerkundung. Berlin.