



**Bewilligungsantrag zur Erneuerung
der wasserrechtlichen Genehmigung
für die Wassergewinnung Herford-Brunnen-
straße (Fassungen Brunnenstraße, Dennewitzstraße
und Wiesestraße) der Stadtwerke Herford GmbH**

– Anhang 1 –

– Hydrogeologisches Gutachten –

Auftraggeber: **Stadtwerke Herford GmbH**
Werrestraße 103
32049 Herford

Bearbeiter: **CONSULAQUA Hildesheim**
Niederlassung der CONSULAQUA Hamburg
Beratungsgesellschaft mbH
Bördestraße 3
31135 Hildesheim

M.Sc. Geoökol. Malte **Eley**

Dipl.-Geogr. Marita **Strub**

Projektnummer: 54674

Hildesheim, im September 2023

Inhaltsverzeichnis

1	SACHSTAND UND VERANLASSUNG	5
2	ALLGEMEINES ZUM UNTERSUCHUNGSGEBIET	7
2.1	UNTERSUCHUNGSGEBIET UND DATENBASIS	7
2.2	MORPHOLOGISCHE VERHÄLTNISSE.....	8
2.3	BODENKUNDLICHE VERHÄLTNISSE.....	9
2.4	FLÄCHENNUTZUNG	11
2.5	BODENBELASTUNGSFLÄCHEN (ALTABLAGERUNGEN, ALTSTANDORTE UND DEPONIEN).....	12
2.6	SCHUTZGEBIETE.....	14
2.6.1	<i>Wasser- und Heilquellenschutzgebiete</i>	14
2.6.2	<i>Naturschutzrelevante Flächen und Objekte im Umfeld der WG Herford-Brunnenstraße</i>	15
2.7	WITTERUNG UND HYDROLOGISCHE VERHÄLTNISSE.....	18
2.7.1	<i>Niederschlagsverhältnisse und pot. Evapotranspiration</i>	18
2.7.2	<i>Hydrologische Verhältnisse</i>	19
3	ÜBERBLICK ZUR WASSERRAHMENRICHTLINIE (WRRL)	23
3.1	VERANLASSUNG UND AUFGABE	23
3.2	FACHLICHER RAHMEN: VERBESSERUNGSGEBOT UND VERSCHLECHTERUNGSVERBOT	24
3.3	METHODIK UND VORGEHENSWEISE	25
3.3.1	<i>Oberflächenwasserkörper (OWK)</i>	25
3.3.2	<i>Grundwasserkörper (GWK)</i>	26
3.3.3	<i>Schutzgebiete</i>	29
3.4	IDENTIFIZIERUNG DER BETROFFENEN WASSERKÖRPER.....	29
3.4.1	<i>Oberflächenwasserkörper</i>	29
3.4.2	<i>Grundwasserkörper</i>	34
3.4.3	<i>Grundwasserabhängige Landökosysteme</i>	38
3.4.4	<i>Schutzgebiete</i>	39
3.5	ZUSTAND UND BEWIRTSCHAFTUNGSZIELE DER WASSERKÖRPER.....	39
3.5.1	<i>Oberflächenwasserkörper</i>	39
3.5.2	<i>Grundwasserkörper</i>	45
4	REGIONALGEOLOGISCHER ÜBERBLICK	48
5	HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE	51
5.1	UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE AN DEN STANDORTEN DER GEWINNUNGSANLAGEN	53
5.2	FÖRDERBRUNNEN UND FÖRDERMENGEN	54
5.2.1	<i>Brunnenfassungen der WG Herford-Brunnenstraße</i>	54
5.2.2	<i>Weitere Grundwasserentnahmen im Untersuchungsgebiet</i>	57
5.3	GRUNDWASSERMESSSTELLEN.....	58
5.4	GRUNDWASSERSTRÖMUNG UND STANDROHRSPIEGELHÖHEN	59
5.5	SCHUTZPOTENTIAL DER GRUNDWASSERÜBERDECKUNG	61
5.6	GRUNDWASSERBESCHAFFENHEIT UND HYDROCHEMISCHE SITUATION	62
5.6.1	<i>Beschaffenheit des Grundwassers</i>	68
5.6.2	<i>Messstellen im Lockergesteins-Grundwasserleiter</i>	69
5.6.3	<i>Messstellen im Festgesteins-Grundwasserleiter</i>	72
5.6.4	<i>Rohwasserbeschaffenheit der Förderbrunnen</i>	75
6	NUMERISCHES GRUNDWASSERSTRÖMUNGSMODELL	85
6.1	ZIEL UND PRINZIP DES GRUNDWASSERMODELLS „HERFORD-BRUNNENSTRASSE“	85

6.2	ABGRENZUNG DES GRUNDWASSERMODELLGEBIETS.....	85
6.3	AUSSAGEGEBIET	86
6.4	MODELLAUFBAU	89
6.4.1	<i>Horizontale Diskretisierung</i>	89
6.4.2	<i>Vertikale Diskretisierung</i>	90
6.4.3	<i>Randbedingungen</i>	91
6.5	KALIBRIERUNG DES GRUNDWASSERMODELLS	96
6.5.1	<i>K_f-Werte</i>	96
6.5.2	<i>Transferraten</i>	99
6.5.3	<i>Grundwasserneubildung</i>	99
6.5.4	<i>Wiedergabetreue des Modells</i>	99
6.5.5	<i>Sensitivitätsanalysen</i>	105
6.5.6	<i>Wasserbilanzen</i>	108
6.6	MODELLTEST.....	109
6.6.1	<i>Grundwasserneubildung</i>	109
6.6.2	<i>Wiedergabetreue des Modells</i>	109
6.6.3	<i>Wasserbilanzen</i>	113
7	ZUSAMMENFASSENDE BEWERTUNG DES NUMERISCHEN GRUNDWASSERMODELLS ...	115
8	BERECHNUNGEN MIT DEM NUMERISCHEN GRUNDWASSERMODELL FÜR DEN IST-ZUSTAND (JANUAR 2020 BIS JULI 2021).....	116
8.1	STANDROHRSPIEGELHÖHEN UND GRUNDWASSERFLIEßRICHTUNG	116
8.2	GRUNDWASSERFLURABSTÄNDE.....	116
8.3	FÖRDERBEDINGTE GRUNDWASSERABSSENKUNG	117
8.3.1	<i>Methodik</i>	117
8.3.2	<i>Förderbedingte Absenkung (Januar 2020 bis Juli 2021)</i>	118
8.4	GRUNDWASSEREINZUGSGEBIET	120
8.4.1	<i>Methodik</i>	120
8.4.2	<i>Grundwassereinzugsgebiet (August 2020)</i>	121
9	BERECHNUNGEN ZUR BEANTRAGTEN ENTNAHMEMENGE MIT DEM GRUNDWASSERMODELL	122
9.1	FÖRDERMENGEN UND FÖRDERVERTEILUNG	122
9.2	STANDROHRSPIEGELHÖHEN UND GRUNDWASSERFLIEßRICHTUNG	122
9.3	GRUNDWASSERFLURABSTAND.....	122
9.4	FÖRDERBEDINGTER EINFLUSS AUF DEN GESAMTABFLUSS UND DEN BASISABFLUSS	123
9.5	FÖRDERBEDINGTE GRUNDWASSERABSSENKUNG	124
9.5.1	<i>Methodik</i>	124
9.5.2	<i>Wasserrechtsvariante gegen Null-Situation</i>	124
9.5.3	<i>Wasserrechtsvariante gegenüber dem Ist-Zustand</i>	126
9.6	GRUNDWASSEREINZUGSGEBIET	127
10	BEWERTUNG DER VEREINBARKEIT DES VORHABENS MIT DER WRRL	129
10.1	RELEVANTE WIRKFAKTOREN.....	129
10.2	AUSWIRKUNGEN AUF DIE QUALITÄTSKOMPONENTEN DER BETROFFENEN WASSERKÖRPER	130
10.2.1	<i>Oberflächenwasserkörper</i>	130
10.2.2	<i>Grundwasserkörper</i>	131
10.3	AUSWIRKUNGEN AUF DIE BEWIRTSCHAFTUNGSZIELE	133
10.3.1	<i>Oberflächenwasserkörper</i>	133
10.3.2	<i>Grundwasserkörper</i>	133
10.4	BEWERTUNG UND MAßNAHMEN ZUR GEWÄHRLEISTUNG DER VEREINBARKEIT MIT DER WRRL.....	134

10.5	ZUSAMMENFASSUNG.....	134
11	QUELLENVERZEICHNIS	136
11.1	VERWENDETE DATEN UND UNTERLAGEN	136
11.2	LITERATUR	138
11.3	WMS DIENSTE UND ONLINE PORTALE.....	139
12	ANLAGENVERZEICHNIS	142
13	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	145
14	TABELLENVERZEICHNIS	148

1 Sachstand und Veranlassung

Für die Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße besteht derzeit eine wasserrechtliche Bewilligung für die Entnahme von Grundwasser über 1,1 Mio. m³/a. Die derzeit bestehende wasserrechtliche Bewilligung für die Förderbrunnen des Wassergewinnungsgebietes Herford-Brunnenstraße (Brunnenfeld „Brunnenstraße“ mit 26 Brunnen (Heberanlage) 600.000 m³/a, Brunnen „Wiesestraße“ 300.000 m³/a und Brunnen „Dennewitzstraße“ 200.000 m³/a) läuft zum 31.10.2023 aus [U 1][1]. Von Seiten der Stadtwerke Herford GmbH (SWH) ist geplant, eine Erneuerung des Wasserrechts in der bisherigen Höhe zu beantragen. Die Fassungsanlagen der Wassergewinnung (WG) Herford-Brunnenstraße dienen der Spitzenabdeckung von Teilgebieten des Gesamtversorgungsgebietes der SWH.

Im Zusammenhang mit der geplanten Neubeantragung des Wasserrechts fand am 04.09.2020 ein Besprechungstermin bei der Bezirksregierung (BR) in Detmold statt. Bei diesem Termin wurden die anstehenden Arbeitsphasen (Bedarfsprognose, UVP-Vorprüfung, Antragsunterlagen etc.) sowie die konkrete Zeitplanung bis 2023 abgestimmt. Zum Weiterbetrieb der Gewinnungsanlagen ist die Neubeantragung einer wasserrechtlichen Genehmigung erforderlich.

Zur Sicherstellung der Wasserversorgung der Einwohner im Versorgungsgebiet beantragt die Stadtwerke Herford GmbH bei der Bezirksregierung Detmold eine Erneuerung der wasserrechtlichen Bewilligung für eine Grundwasserentnahme von bis zu 1,1 Mio. m³/a aus den bestehenden 28 Förderbrunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße. Diese Entnahmemenge entspricht dem Ergebnis der Bedarfsprognose der Stadtwerke Herford GmbH vom Februar 2022 ([U 11] bzw. Anhang 5).

Arbeitsgrundlage für die Erstellung der wasserrechtlichen Antragsunterlagen sowie der Unterlagen zur UVP-Vorprüfung ist das Merkblatt zum „Antrag auf Erteilung einer Bewilligung, Erlaubnis oder gehobenen Erlaubnis – Wasserentnahmerechte für die öffentliche Trinkwasserversorgung“ der Bezirksregierung Detmold [U 1]. Dieses Merkblatt enthält Vorgaben zur Berechnung, Prognose und Darstellung der mit der beantragten Grundwasserentnahme verbundenen Auswirkungen auf den Natur- und Grundwasserhaushalt, welche im Bereich von Porengrundwasserleitern u. a. durch den Einsatz von Grundwassermodellen zu ermitteln sind. Da die Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße ihr Wasser aus einem quartärzeitlichen Porengrundwasserleiter gewinnt, war demgemäß zur Erneuerung des Wasserrechts ein numerisches Grundwassermodell zu erarbeiten.

Das Grundwassermodell wurde im instationären Zustand an einem repräsentativen Datensatz, der sowohl trockenere als auch feuchtere Grundwasserströmungs- und Grundwasserabflussverhältnisse wiedergibt (Zeitraum 2020 - 2021), kalibriert.

Darauf aufbauend wurden folgende Berechnungen und Untersuchungen durchgeführt:

Berechnung der Grundwasserströmungs- und Grundwasserabflussverhältnisse des Kalibrierzustands („Ist-Situation“), Bilanzierungen und Visualisierungen (Grundwassergleichen, Flurabstände, Einzugsgebiet)

- Hydrogeologisches Gutachten -

- Prognoseberechnungen der jeweiligen Grundwasserströmungs- und Grundwasserabflussverhältnisse ohne die beantragte Grundwasserentnahme durch die Stadtwerke Herford GmbH an der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße („Null-Förderung“), Berechnung und Visualisierung der sich hieraus ergebenden Grundwasserströmungs- und Abflusssituation und Gegenüberstellung mit der Ist-Situation
- Prognoseberechnungen der beantragten Grundwasserentnahme; Berechnung und Visualisierung der sich hieraus ergebenden Grundwasserströmungs- und Abflusssituation und Gegenüberstellung mit der Ist-Situation sowie der Null-Förderung

Das hydrogeologische Gutachten als zentrales Element des Wasserrechtsantrags wird hiermit vorgelegt. Hierauf aufbauend sind die Unterlagen zur UVP-Vorprüfung [U 11] und der Erläuterungsbericht zum Wasserrechtsantrag erarbeitet worden.

2 Allgemeines zum Untersuchungsgebiet

2.1 Untersuchungsgebiet und Datenbasis

Das betrachtete Untersuchungsgebiet liegt in Nordrhein-Westfalen (vornehmlich Stadt Herford, anteilig Stadt Bad Salzuflen und Stadt Vlotho) (s. Abbildung 1). Die östliche Grenze verläuft etwa zwischen den Ortschaften Knonhof und Hollenhagen im Bereich des Obernbergs (210 m NHN). Die nördliche Grenze verläuft zwischen Hollenhagen und Radewiger Feldmark im Bereich der Neustädter Feldmark, beides Teile des Stadtteils Herford-Stadt. Der westliche Rand des Untersuchungsgebietes verläuft zwischen Radewiger Feldmark und Elverdissen westlich des Flachsbachs. Im Süden verläuft die Grenze des Untersuchungsgebietes zwischen Elverdissen und Knonhof im Bereich des Lockhauser Felds und der Ortschaft Stranghöner. Die Förderbrunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße befinden sich im südöstlichen Stadtgebiet von Herford, nordöstlich der Werre (vgl. Anlage 1.1 bis Anlage 1.4).

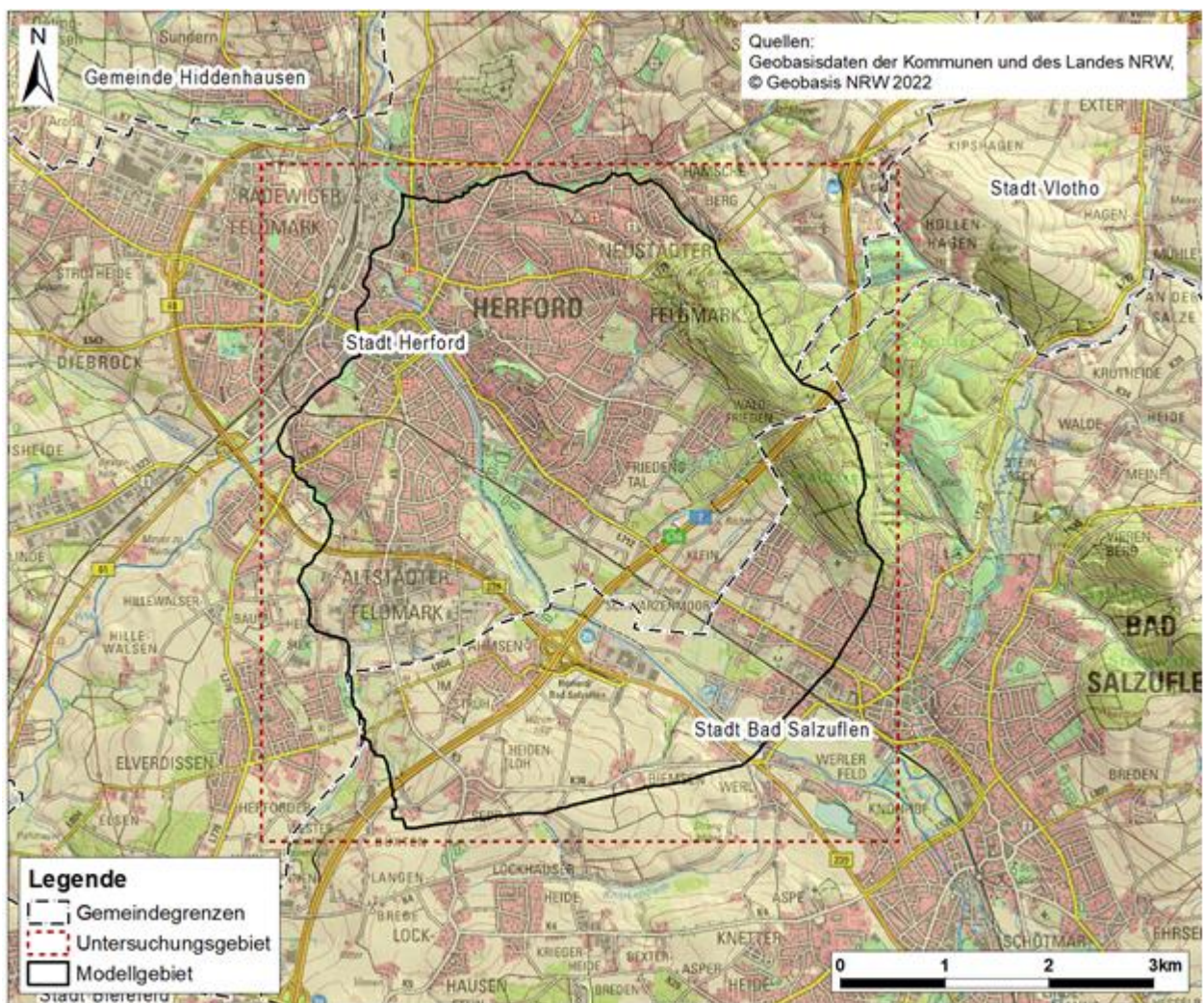


Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebiets im Nordosten Nordrhein-Westfalens [WMS 4]

Innerhalb des Untersuchungsgebiets liegt auf einer Fläche von rd. 26 km² das Grundwassermode-
llgebiet „Herford-Brunnenstraße“ (s. Abbildung 1 bzw. Anlage 1.1). Die konkrete Herleitung
dieses Modellgebiets ist in Kapitel 6.2 dargestellt. Die Abgrenzung wurde so gewählt, dass es die
Einzugsgebiete der Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße sowie weitere was-
serrechtlich genehmigte Entnahmen umfasst (s. Kapitel 5.2.2).

Das Modellgebiet beinhaltet Teile der topografischen Karten (TK 25) Blatt 3817 Bünde, Blatt 3818
Herford, 3917 Bielefeld sowie Blatt 3918 Bad Salzuflen und wird grob von folgenden Koordinaten
(ETRS 1989 UTM-Zone 32) begrenzt:

- Rechtswerte: 32476336 - 32482433
- Hochwerte: 5769130 - 5775629

Das abgegrenzte Modellgebiet mit den Ortslagen der Heberanlage mit den 26 Entnahmebrunnen
an der Brunnenstraße sowie jeweils die Einzelbrunnen an der Wiesestraße und Dennewitzstraße
sind in Abbildung 2 bzw. in der Anlage 1.1 dargestellt.

Die Daten und Unterlagen, die als Datenbasis für die Bearbeitung des vorliegenden Gutachtens
herangezogen wurden, stammen u.a. von

- der Bezirksregierung Detmold, Dezernat 54 – Wasserwirtschaft (BezReg) [U 1],
- der Stadtwerke Herford GmbH [U 2],
- dem Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen (GD NRW) [U 3],
- dem Deutschen Wetterdienst (DWD) [U 4],
- dem Kreis Herford [U 5],
- der Bezirksregierung Köln, Abteilung Geobasis Nordrhein-Westfalen (Geobasis NRW) [U 6]
- dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) [U
7],
- der CONSULAQUA Hildesheim (ehemals Geo-Infometric GmbH) [U 11].

Im Kapitel 11.1 sind die verwendeten Quellen der Datensätze und Unterlagen einzeln aufgeführt.
Zusätzlich wurden Daten und Auswertungen herangezogen, die über WMS Services oder Online
Portale ¹ zur Verfügung stehen. Diese Quellen sind im Kapitel 11.3 aufgelistet.

2.2 Morphologische Verhältnisse

Morphologisch wird das Modellgebiet vor allem durch den „Stuckenberg“ im Nordosten (ca. 210
m NN) und den „Obernberg“ im Osten (ca. 200 m NN) geprägt (Abbildung 2). Diese Geländehö-
hen sind Teil des Lipper Berglandes, erstrecken sich in Nordwest-Südost-Richtung und bilden die
nordöstliche Abgrenzung des Modellgebiets.

Von hier aus fällt das Gelände in südwestlicher Richtung bis auf ca. 65 m NHN im Bereich der
Werre-Niederung ab. Das Werre-Tal mit Geländehöhen < 75 m NHN besitzt im Modellgebiet eine

¹ Bei einem Web Map Service (WMS) handelt es sich um eine Schnittstelle zum Abrufen von kartografischen Daten,
ein Online-Portal ist ein Internetdienst mit einem Angebot an Informationen und Daten.

Breite von ca. 1 km und verläuft in Nordwest-Südost-Richtung.

Im südlichen Bereich des Modellgebietes, südlich der Ortschaft Ahmsen, steigen die Geländehöhen wieder auf > 100 m NHN an.

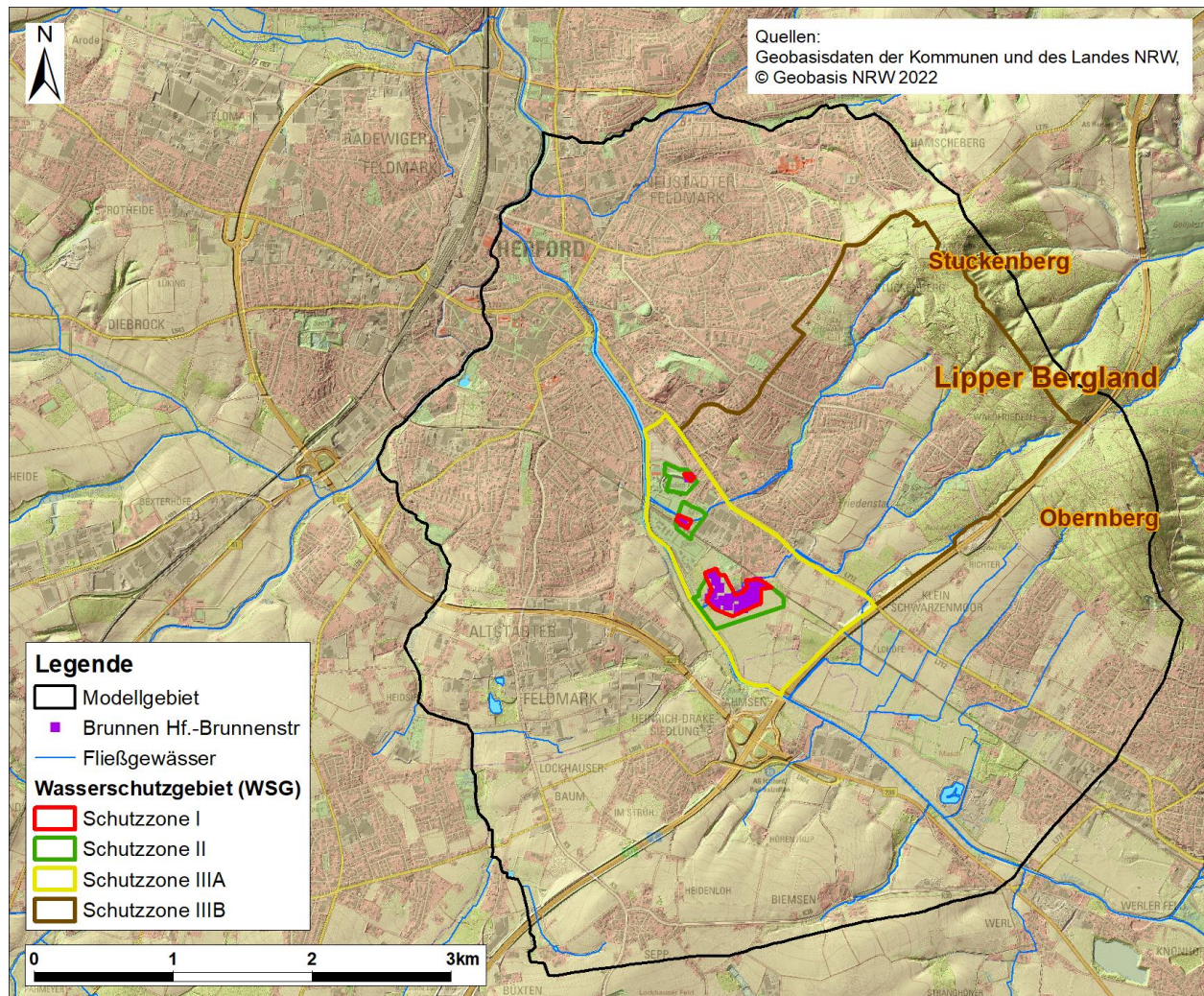


Abbildung 2: Lage des Modellgebietes mit den Förderbrunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße [WMS 4][WMS 8][WMS 11]

In der Anlage 3.1 sind die Geländehöhen (DGM5) mit den Gewässerverläufen und den Entnahmestandorten abgebildet.

2.3 Bodenkundliche Verhältnisse

Aus den geologischen Ablagerungen entwickeln sich unter dem Einfluss der bodenbildenden Faktoren wie Relief, Klima, Wasser und Zeit Böden, die in verschiedene Bodentypen untergliedert werden können. Entsprechend ihrer typischen Merkmale haben die einzelnen Bodentypen unterschiedliche Eigenschaften, die sich z. B. auf ihre Fruchtbarkeit, auf die Filterwirkung gegenüber Schadstoffen bzw. über die Wasserdurchlässigkeit und das Wasserspeichervermögen auf die Grundwasserneubildung auswirken. An Standorten mit Geschiebelehm bilden sich vor allem

Braunerden, Pseudogley-Braunerden und Pseudogleye. In Bereichen mit geringem Flurabstand kommen vor allem grundwasserbeeinflusste Böden (Gley) vor.

In der Abbildung 3 sind die innerhalb des Modellgebiets verbreiteten verschiedenen Bodenarten aus der Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen (BK 50) [WMS 7] dargestellt. Ein Ausschnitt aus der Bodenkarte im Umfeld der WG Herford-Brunnenstraße ist zudem in Anlage 1.5 enthalten. In den kleineren Flusstälern der Werre-Zuflüsse finden sich überwiegend Gleye mit tonig-schluffigen Substraten. In den Hanglagen mit stärkerem Gefälle links- und rechtsseitig der Werre befinden sich vorwiegend Pseudogley und Pseudogley-Braunerden mit ebenfalls tonig-schluffigem Substrat. Im Übergangsbereich der Hanglagen zur Werre-Niederung sowie in den Hochlagen im Bereich des Stuckenbergs dominieren Braunerden und Parabraunerden mit sandigen, tonigen und schluffigen Substraten. Im direkten Uferbereich der Werre kommen vorwiegend Auengley und Vega (Braunauenboden) mit tonig-schluffigen Substraten vor.

Die im Modellgebiet am häufigsten anzutreffenden Bodenarten werden im Folgenden aufgeführt und kurz erläutert. Dort, wo sich verschiedene Faktoren der Bodengenese überlagern, kann es zu Übergängen zwischen Bodentypen, zur Ausbildung sogenannter Subtypen wie z. B. Pseudogley-Braunerde kommen.

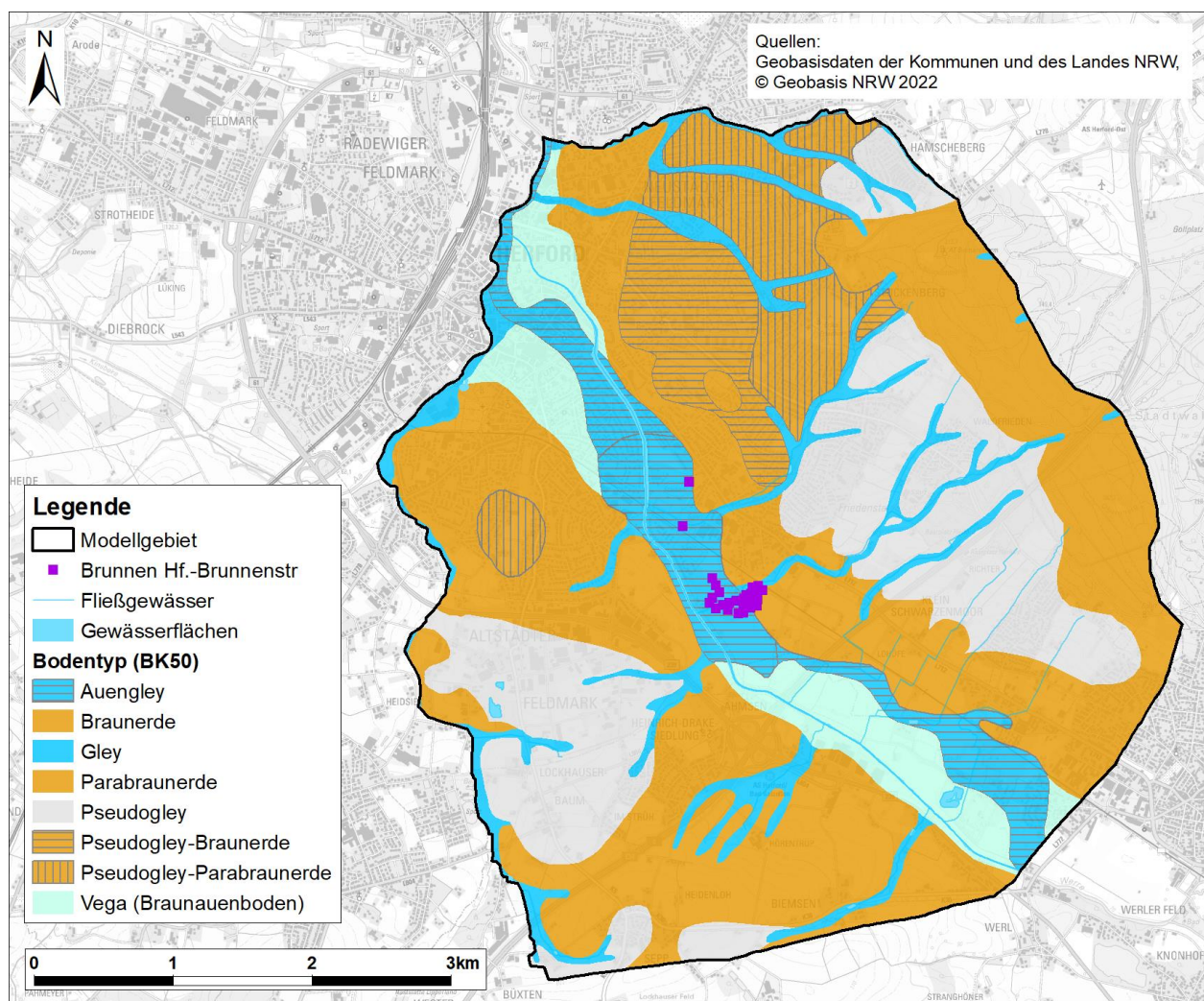


Abbildung 3: Bodenkundliche Verhältnisse im Modellgebiet [WMS 4][WMS 7]

Terrestrische Böden:

Braunerde:

Die flach- bis mittelgründige Braunerde ist ein lehmiger Sandboden ohne Grundwasser- und Staunäseeinfluss im Oberboden. Sie zeichnet sich durch eine mittlere bis hohe nutzbare Wasserkapazität, hohe bis mittlere Sorptionsfähigkeit und meist mittlere Wasserdurchlässigkeit aus. Zudem besitzt die Braunerde eine gute Filterwirkung gegenüber Schadstoffen.

Parabraunerde:

Parabraunerden sind schluffige Lehm Böden, die eine hohe Sorptionsfähigkeit, eine mittlere bis hohe nutzbare Wasserkapazität und eine mittlere bis geringe Wasserdurchlässigkeit aufweisen. Ferner besitzen die Parabraunerden i. d. R. eine gute Filterwirkung gegenüber Schadstoffen.

Pseudogley:

Das Material des Pseudogleys ist lehmig, schluffig, sandig. Er wurde häufig auf Geschiebematerial mit Lössüberdeckung gebildet. Pseudogley ist ein stauwasserbeeinflusster Boden mit geringer bis mittlerer Wasserdurchlässigkeit und mittlerer Filterwirkung gegenüber Schadstoffen.

Semiterrestrische Böden:

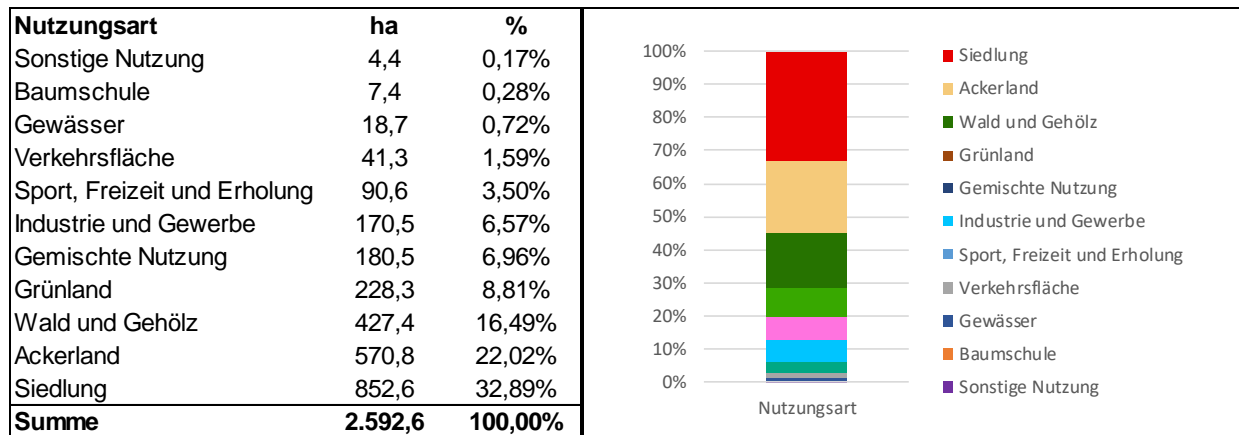
Gley:

Gleye haben sich als schluffig-lehmige, z.T. sandige Bachablagerungen vorwiegend in den Tälern der Nebenbäche entwickelt. Ihr Unterboden ist ständig, die oberen Bodenbereiche zeitweilig von oberflächennahem Grundwasser beeinflusst. Die Böden weisen meist eine hohe Sorptionsfähigkeit und geringe Wasserdurchlässigkeit in der lehmigen Deckschicht auf. Die Filterwirkung gegenüber Schadstoffen ist gering.

2.4 Flächennutzung

Für die Auswertung und Darstellung der Flächennutzung innerhalb des Modellgebiets wurden die Daten aus dem Basis-DLM NRW [U 6] herangezogen. In den bereitgestellten Daten wird die Flächennutzung nach verschiedenen Objektarten sowie nach ihrer Ausprägung (Fläche, Linie, Punkt) wiedergegeben. Für die Auswertung hinsichtlich der Flächenanteile wurden dementsprechend die flächenhaften Datensätze genutzt. Dabei wurden einzelne Objektarten im Sinne der Aufgabenstellung zu vereinfachten Gruppen zusammengefasst. So enthält die Kategorie *Siedlung* auch Flächen „besonderer funktionaler Prägung“. Unter der Kategorie *Sonstige Nutzung* ist die Objektart „Unland“ abgebildet. Friedhöfe wurden der Kategorie *Grünland* zugeordnet sowie Gehölze der Kategorie *Wald*.

Demgemäß ergeben sich innerhalb des Modellgebiets elf Kategorien mit folgenden Flächenanteilen (Abbildung 4):


Abbildung 4: Flächennutzung im Modellgebiet (Anteile) [U 6]

Die Flächennutzungsverteilung im Umfeld der WG Herford-Brunnenstraße ist Anlage 1.6 zu entnehmen.

Das Modellgebiet umfasst eine Fläche von rd. 26 km² (2592 ha). Ein Anteil von ca. 22 % wird als Ackerfläche genutzt. Wald und baumbestandene Flächen machen rd. 17 % aus. Die zusammenhängenden Waldflächen dominieren insbesondere den Bereich des Stuckenbergs. Grünland nimmt rd. 9 % der Fläche ein. Etwa 35 % der Fläche entfallen auf Siedlung und Verkehr, etwa 7 % auf Industrie und Gewerbe sowie knapp 1 % auf Gewässer (flächig). Gemischte Nutzung macht etwa 7 % sowie Sport, Freizeit und Erholung etwa 4 % der Fläche aus. Der Flächenanteil der Kategorien Baumschule sowie Sonstige Nutzung (Unland) liegt zusammengenommen bei <1 %.

2.5 Bodenbelastungsflächen (Altablagerungen, Altstandorte und Deponien)

Die bestehenden Altablagerungen, Altstandorte und Deponien im Umfeld der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße sind nach Auskunft des Kreises Herford (Stand: Okt. 2022) [U 5][U 8] in der Anlage 1.7 dargestellt.

Im Umfeld der Wassergewinnung (Modellgebiet) Herford-Brunnenstraße befinden sich 27 Altablagerungen, 40 Altstandorte, ein Verdachtsfall chem. Reinigung und eine Rüstungsaltpast. Nachstehend sind die im Umfeld der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße, d.h. die innerhalb des Modellgebiets gelegenen, derzeit bekannten Altlasten und Bodenbelastungsflächen kurz zusammengefasst (Tabelle 1).

Tabelle 1: Altlasten und Bodenbelastungsflächen im Umfeld der WG Herford-Brunnenstraße

Altablagerungen	3818 B 42, 3818 B 44, 3818 B 64, 3818 MB 67, 3818 B 68, 3818 B 69, 3818 MB 70, 3818 M 71, 3818 M 72, 3818 B 73, 3818 B 75, 3818 MB 76, 3818 M 77, 3818 MB 81, 3818 B 86, 3818 MB 87, 3818 MB 109, 3818 MB 109, 3917 B 58, 3918 MB 25, 3918 B 55, 3918 B 59, 3918 M 60, 3918 B 61, 3818 MB 74, 3818 MB 386
Altstandorte	3818 HP 114, 3818 BE 116, 3818 MM 119, 3818 EG 129, 3818 HP 131, 3818 MA 133, 3818 MA 133, 3818 CM 136, 3818 MM 147, 3818 FR 150,

	3818 CM 151, 3818 HP 153, 3818 FR 156, 3818 FR 158, 3818 HP 161, 3818 SG 163, 3818 HP 162, 3818 HP 157, 3818 SG 155, 3818 MM 154, 3818 HP 152, 3818 SG 149, 3818 HP 148, 3818 SG 146, 3818 HP 145, 3818 HP 144, 3818 EG 143, 3818 MA 141, 3918 HP 138, R-001-103.3818, 3818 SG 187, 3818 FR 387, 3818 FR 391, 3818 FR 392, 3818 MA 388, 3818 MA 389, 3818 FR 393, 3818 SG 393, 3818 FR 395
Rüstungs- altlasten	RAL 3818-1
Verdachtsfälle chem. Reinigung	Straße Martinsgang
Nachrichtlich eingetragene Altlasten	Ölunfall Schützenhof
<p>Die Kurzzeichen haben folgende Bedeutung:</p> <p><i>B = Bauschutt, Erdaushub, BG = Baugewerbe, CM = Chemie, Mineralöl, EG = Ernährungsgewerbe (Großindustrie), FR = Fahrzeugbau, Reparatur, Tankstelle, HL = Handel und Lagerung, HP = Holz und Papier, I = feste Industrie- und Gewerbeabfälle, M = Hausmüll, MA = Militärische Anlage, SG = sonstige Dienstleistung.</i></p>	

Für eine Vielzahl der Altablagerungsflächen im Kreis Herford lautet die Statusbeschreibung „Kein Handlungsbedarf bei derzeitiger Nutzung“. Für die Altablagerungen 3818 MB 87, 3918 B 61 und 3818 MB 74 liegt eine Statusbeschreibung inkl. Gefährdungsabschätzung mit dem Ergebnis „Sanierte Fläche ohne Überwachung“ vor.

Unter den Altstandorten lautet der Status für 30 Flächen „Kein Verdacht/keine Gefahr bei derz./plan.-rechtl. Nutzung“. Für die Flächen 3818 BE 116, 3818 SG 187, 3818 FR 387 und 3818 FR 395 liegt eine Statusbeschreibung inkl. Gefährdungsabschätzung mit dem Ergebnis „Sanierte Fläche ohne Überwachung“ vor. Weitere Status der Altstandorte lauten 3818 MM 119 „Sanierte Fläche mit Überwachung/Nachsorge“, 3818 MA 133 „Sanierte Fläche (vollständig kontaminiert)“, R-001-103.3818 „Noch keine Verdachtsbewertung“, 3818 FR 393 „Noch keine Statuszuordnung - keine Informationen zur Historie der Tankstelle“ und 3818 SG 393 „Altlastenverdächtige Fläche“.

Von den aufgelisteten Altablagerungen liegen eine in der Schutzzone II, drei innerhalb der Schutzzone IIIA und fünf innerhalb der Schutzzone IIIB des aktuellen Wasserschutzgebietes Hf.-Brunnenstraße. Alle Altablagerungen innerhalb der Schutzzonen weisen den Status „kein Handlungsbedarf bei derzeitiger Nutzung“ oder „Sanierte Fläche ohne Überwachung“ vor.

Von den aufgelisteten Altstandorten befinden sich eine innerhalb der Schutzzone IIIA und fünf innerhalb der Schutzzone IIIB des aktuellen Wasserschutzgebietes Hf.-Brunnenstraße. Alle Altstandorte innerhalb der Schutzzonen weisen den Status „Sanierte Fläche (vollständig kontaminiert)“, „Kein Verdacht/keine Gefahr bei derz./plan.-rechtl. Nutzung“ oder „Sanierte Fläche ohne Überwachung“ vor.

Die Rüstungsaltlast RAL 3818-1 liegt am östlichen Rand des Wasserschutzgebietes, außerhalb des Wasserschutzgebietes.

In den laufenden Rohwasseruntersuchungen der Förderbrunnen der Wassergewinnung Hf.-Brunnenstraße wurden keine Auffälligkeiten festgestellt, die auf die Altablagerungen und Altstandorte bzw. die Rüstungsalzlast zurückzuführen sind.

2.6 Schutzgebiete

2.6.1 Wasser- und Heilquellenschutzgebiete

Innerhalb bzw. im Randbereich des Modellgebiets bestehen derzeit die im Folgenden aufgelisteten festgesetzten Wasserschutzgebiete bzw. Heilquellenschutzgebiete (Abbildung 5 bzw. Anlage 1.8).

Wasserschutzgebiete nach §51 WHG:

- 1.) festgesetztes Wasserschutzgebiet „Herford-Brunnenstraße“ (391809)
Wasserschutzgebiets-VO „Herford-Brunnenstraße“ vom 10.06.1980 (Bez. Reg. Detmold Az. 85.04.HF/H 3)
➔ Derzeit bestehendes Wasserschutzgebiet der Wassergewinnungsanlagen Denne- witz-, Wiese- und Brunnenstraße“
- 2.) festgesetztes Wasserschutzgebiet „Herford-Elverdissen“ (391609)
Wasserschutzgebiets-VO „Herford-Elverdissen“ vom 10.04.2019 (Bez. Reg. Detmold Az. 85.04.05.H/2)
➔ derzeit bestehendes Wasserschutzgebiet der Wassergewinnung Herford-Elverdissen

Heilquellenschutzgebiete nach §19 und §41 WHG:

- 1.) geplantes Heilquellenschutzgebiet „Bad Salzuflen“ (391822)
Heilquellenschutzgebiets-VO „Bad Salzuflen“ (Entwurf, Bez. Reg. Detmold)
➔ Im Entwurf vorliegende Neufassung der Schutzgebietsverordnung
- 2.) Bestehendes Heilquellenschutzgebiet „Bad Oeynhausen – Bad Salzuflen“ (391820)
Quellenschutzgebiets-VO „Bad Oeynhausen – Bad Salzuflen“ vom 16.07.1974 (Bez. Reg. Detmold Az. 85.24.09/B 1)
➔ derzeit bestehendes Heilquellenschutzgebiet für die staatlich anerkannten Heilquel- len der beiden Staatsbäder Oeynhausen und Salzuflen

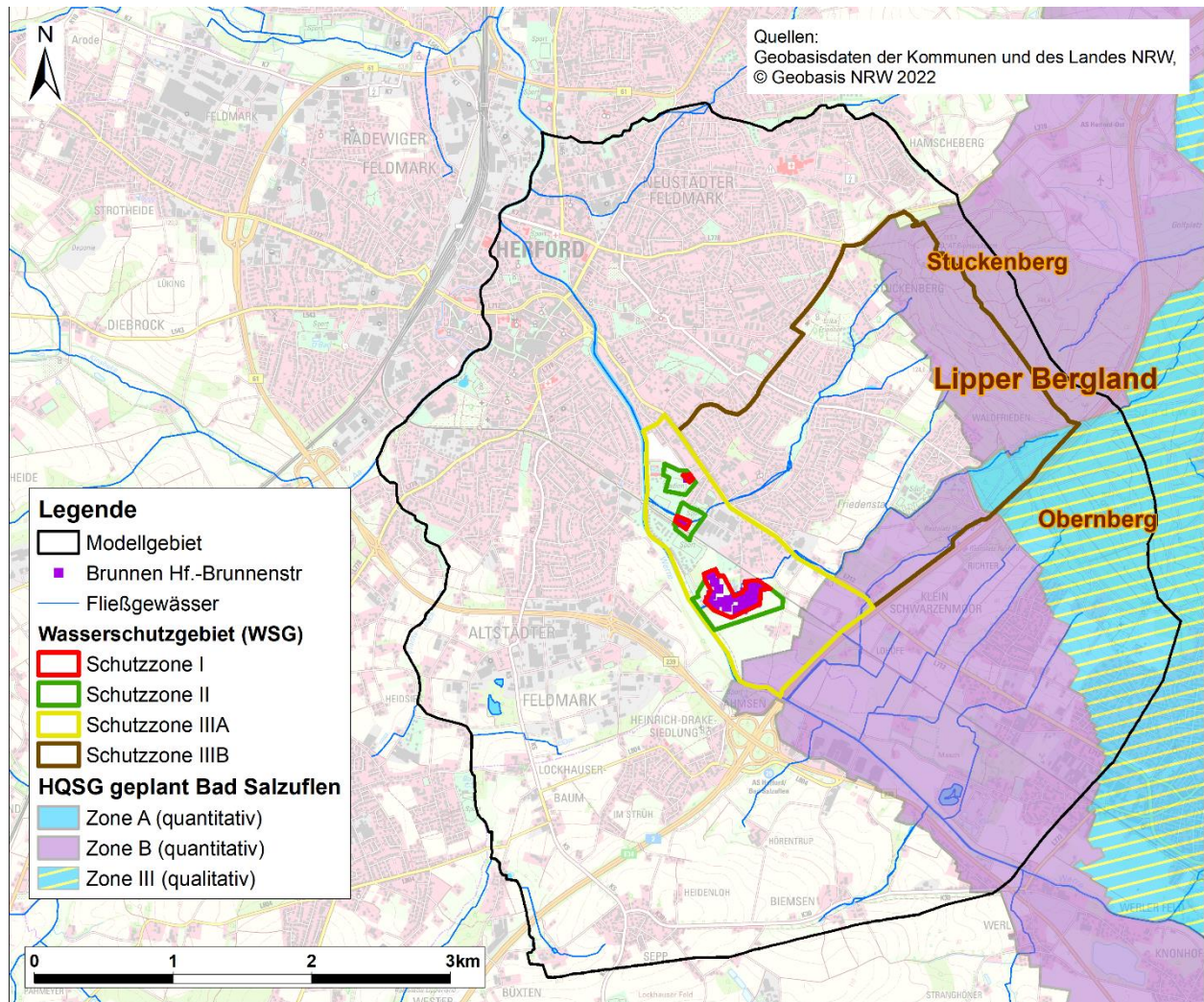


Abbildung 5: Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete im Modellgebiet [WMS 5]

2.6.2 Naturschutzrelevante Flächen und Objekte im Umfeld der WG Herford-Brunnenstraße

Nach den Angaben des WMS-Dienstes [WMS 1] und des online-Portals [OP 3] sind im Umfeld der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße die in Tabelle 2 zusammengefassten naturschutzrelevanten Flächen bzw. Objekte vollständig oder anteilig vorhanden. Die Lage der naturschutzrelevanten Flächen und Objekte ist der Anlage 1.9 zu entnehmen.

Tabelle 2: Naturschutzrelevante Flächen bzw. Objekte im Umfeld der WG Herford-Brunnenstraße

ART	ANZAHL	BEMERKUNG
Naturpark (NTP)	1	Naturpark Teutoburger Wald / Eggegebirge (NTP-006)
Landschaftsschutzgebiet (LSG)	51	LSG-3818-0056, LSG-3817-0043, LSG-3817-0044, LSG-3817-0049, LSG-3817-0050, LSG-3817-0052, LSG-3817-006, LSG-3818-0007, LSG-3818-0008, LSG-3818-0009, LSG-3818-0017, LSG-3818-0019, LSG-3818-0020, LSG-

- Hydrogeologisches Gutachten -

		3818-0059, LSG-3818-0061, LSG-3818-0054, LSG-3818-0049, LSG-3818-0062, LSG-3818-0063, LSG-3818-0064, LSG-3818-0065, LSG-3818-0066, LSG-3818-0067, LSG-3818-0068, LSG-3818-0069, LSG-3818-0070, LSG-3818-0072, LSG-LIP-00002, LSG-3918-0015, LSG-3917-0001, LSG-3917-0002, LSG-3918-0016, LSG-3917-0004, LSG-3917-0006, LSG-3917-0007, LSG-3917-0008, LSG-3917-0009, LSG-3917-0010, LSG-3917-0016, LSG-3917-0017, LSG-3917-0018, LSG-3917-0024, LSG-3917-007, LSG-3918-0009, LSG-3918-0010, LSG-3918-0014, LSG-LIP-00005, LSG-LIP-00004, LSG-HF-00001, LSG-LIP-00001, LSG-LIP-00003
Bereiche für den Schutz der Natur	2	BSN-0916 BSN-1096
Naturschutzgebiete (NSG)	2	LIP-042 LIP-041
FFH-Gebiete (Natura 2000)	1	Wald nördlich Bad Salzuffen (DE-3818-302)
Geschützte Biotope (§62-Biotope)	139	<p>BT-3817-0001-2016, BT-3817-0002-2014, BT-3817-0002-2016, BT-3817-0003-2014, BT-3817-0005-2016, BT-3817-0007-2014, BT-3817-0008-2014, BT-3817-0009-2014 BT-3817-0014-2016, BT-3817-0068-2014, BT-3817-0077-2014, BT-3817-0124-2014, BT-3817-0126-2014, BT-3817-0127-2014, BT-3817-0128-2014, BT-3817-0130-2014, BT-3817-0131-2014, BT-3817-0135-2014, BT-3817-0136-2014, BT-3817-0138-2014, BT-3817-0139-2014, BT-3817-0502-2003, BT-3817-0503-2003, BT-3817-0506-2003, BT-3817-0516-2003, BT-3817-0520-2003, BT-3817-0521-2003, BT-3817-0553-2003, BT-3817-0554-2003, BT-3817-0583-2003, BT-3817-0584-2003, BT-3817-408-9, BT-3817-451-9, BT-3817-452-9</p> <p>BT-3818-0002-2014, BT-3818-0003-2009, BT-3818-0008-2014, BT-3818-0009-2014, BT-3818-0011-2014, BT-3818-0011-2016, BT-3818-0012-2000, BT-3818-0013-2014, BT-3818-0014-2014, BT-3818-0017-2000, BT-3818-0017-2016, BT-3818-0018-2000, BT-3818-0019-2000, BT-3818-0020-2014, BT-3818-0036-2016, BT-3818-0054-2016, BT-3818-0070-2003, BT-3818-0071-2003, BT-3818-0072-2003, BT-3818-0073-2003, BT-3818-0074-2003, BT-3818-0075-2003, BT-3818-0076-2003, BT-3818-0078-2003, BT-3818-0079-2003, BT-3818-0080-2003, BT-3818-0081-2003, BT-3818-0082-2003, BT-3818-0084-2003, BT-3818-0085-2003, BT-3818-0133-2003, BT-3818-0134-2003, BT-3818-406-8, BT-3818-615-9, BT-3818-616-9, BT-3818-617-9, BT-3818-618-9, BT-3818-619-9, BT-3818-625-9, BT-3818-687-9, BT-3818-688-9, BT-3818-690-9, BT-3818-691-9, BT-3818-692-9, BT-3818-695-9, BT-3818-696-9, BT-3818-697-9, BT-3818-698-9, BT-3818-742-9, BT-3818-743-9</p> <p>BT-3917-0001-2016, BT-3917-0002-2015, BT-3917-0002-2016, BT-3917-0012-2015, BT-3917-0027-2003, BT-3917-0028-2003, BT-3917-0029-2003, BT-3917-0035-2003, BT-</p>

		<p>3917-0055-2003, BT-3917-0056-2003, BT-3917-0057-2003, BT-3917-0058-2003, BT-3917-005-9, BT-3917-0059-2003, BT-3917-0060-2003, BT-3917-0061-2003, BT-3917-006-9, BT-3917-0079-2003, BT-3917-0080-2003, BT-3917-0081-2003, BT-3917-0082-2003, BT-3917-0083-2003, BT-3917-0084-2003, BT-3917-0086-2003, BT-3917-0088-2003, BT-3917-0089-2003, BT-3917-0090-2003, BT-3917-0091-2003, BT-3917-0092-2003, BT-3917-0093-2003, BT-3917-0094-2003, BT-3917-0095-2003, BT-3917-0096-2003, BT-3917-0097-2003, BT-3917-0111-2003, BT-3917-0507-2003, BT-3917-0508-2003</p> <p>BT-3918-0001-2003, BT-3918-0002, BT-3918-0002-2003, BT-3918-0003-2003, BT-3918-0004-2003, BT-3918-0005-2003, BT-3918-0612-2003, BT-3918-0677-2003, BT-3918-155-9, BT-3918-189-9, BT-3918-190-9, BT-3918-214-9, BT-3918-227-9, BT-3918-228-8, BT-3918-231-8, BT-3918-232-8, BT-3918-233-8, BT-3918-234-8</p>
Alleen des Alleenkatalogs NRW	9	<p>Lindenallee an der Ahmser Straße (K 5) (AL-LIP-0094), Platanenallee zum Friedhof "Zum Ewigen Frieden" (AL-HF-0006), Alleensystem auf dem Erika Friedhof (AL-HF-0041), Lindenallee an der Straße "Im Wölkental" (AL-LIP-0174), Platanenallee an der Hindenburgstraße (AL-LIP-0140), Baumhaselallee an der Friedrich-Ebert-Straße (AL-LIP-0142), Buchenallee an der Straße "Am Wellenfeld" (AL-LIP-0143), Birkenallee an der Freiligrathstraße (AL-LIP-0135), Lindenallee an der Roonstraße (AL-LIP-0163)</p>
Naturdenkmale (ND)	siehe Gruppierungen	<p>41 Eichen, 41 Roßkastanien, 3 Stieleichen, 1 Ungarische Eiche, 1 Linde, 2 Platane, 6 Blutbuche, 1 Esche, 2 Rotbuche 1 Sumpfyzypresse, 1 Hängebuche, 1 Gingko</p>

Eine detaillierte Darstellung und Bewertung der naturschutzrelevanten Flächen und Objekte, die sich anteilig oder vollständig innerhalb der Einzugs- bzw. Beeinflussungsbereiche der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße befinden, erfolgte in der UVP-Vorprüfung [U 11].

2.7 Witterung und hydrologische Verhältnisse

2.7.1 Niederschlagsverhältnisse und pot. Evapotranspiration

Etwa 4 km nordöstlich der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße befindet sich die vom Deutschen Wetterdienst (DWD) betriebene Klimastation Bad Salzufen (Lage s. Abbildung 8, Kapitel 2.7.2). Die Höhenlage dieser Station ist mit 135 m NHN angegeben.

Im Untersuchungsgebiet herrscht ein Klima der gemäßigten Zone mit ganzjährigen Niederschlägen, die im Jahresmittel 797 mm betragen (Station Bad Salzufen, 04371, Periode 1991-2021). Für die Jahre 2019 und 2021 liegt der mittlere Jahresniederschlag mit 727 mm darunter (Abbildung 6).

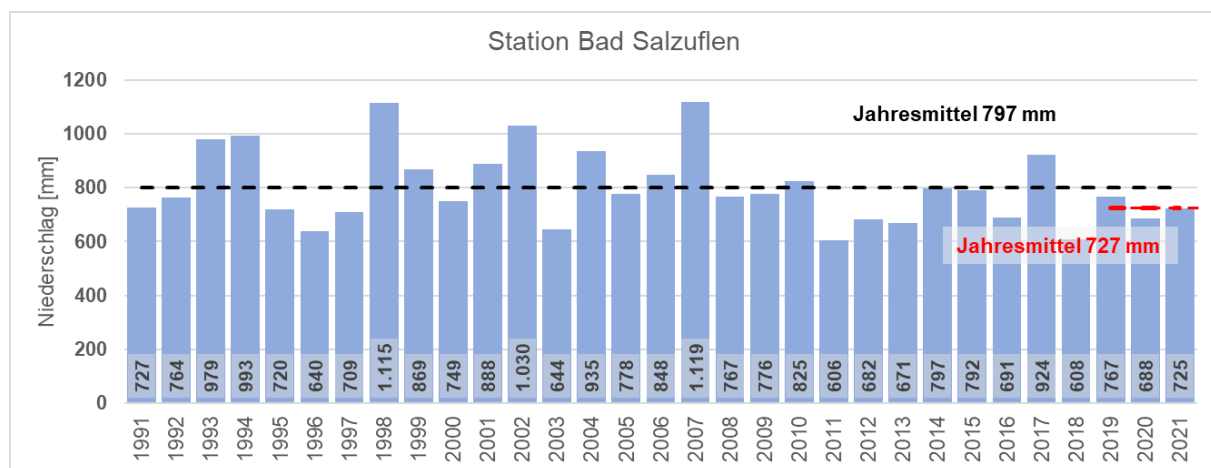


Abbildung 6: Niederschläge an der Station Bad Salzufen der Jahre 1991 bis 2021 [U 4]

Für die Grundwassererneuerung sind vor allem die Niederschläge des Winterhalbjahres (Oktober bis März) von Bedeutung, da in dieser Zeit aufgrund geringerer Verdunstung die klimatische Wasserbilanz deutlich positiver ausfällt (Tabelle 3). Die Winterniederschläge liegen im langjährigen Mittel bei 403 mm bzw. bei 417 mm für das Mittel der Jahre 2019 bis 2021 (siehe Abbildung 7).

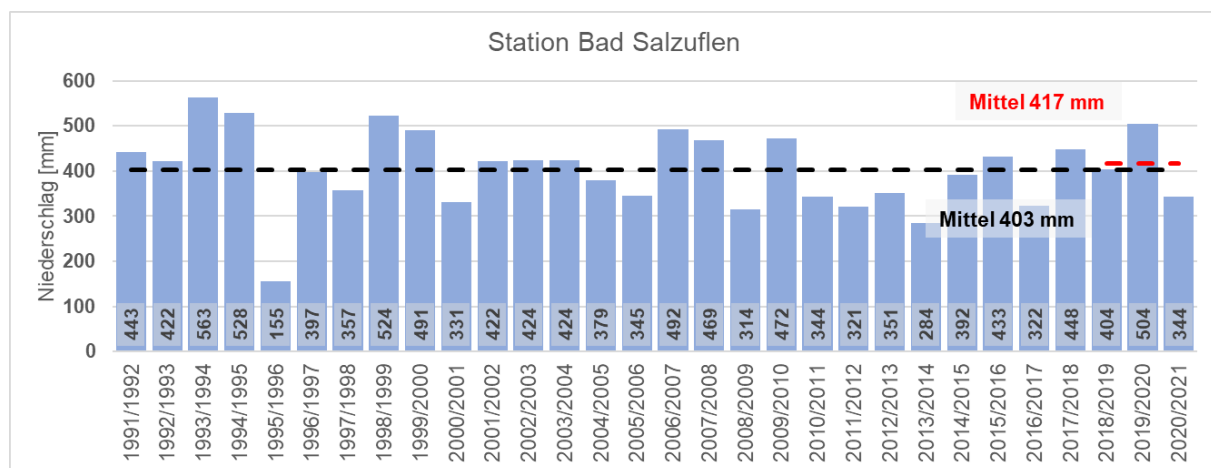


Abbildung 7: Winterniederschläge an der Station Bad Salzufen der Jahre 1991 bis 2021 [U 4]

Tabelle 3: Klimatische Wasserbilanz im Sommer- und Winterhalbjahr für den Zeitraum 1992 bis 2021 [U 4]

Zeitraum	Niederschlag	Potentielle Verdunstung (Haude)	Klimatische Wasserbilanz
April - September	404 mm	490 mm	-86 mm
Oktober - März	403 mm	108 mm	295 mm

Die Niederschlagsdaten zeigen eine hohe Variabilität, besonders niederschlagsarme Perioden folgen auf niederschlagsreiche und umgekehrt. Demzufolge ist kein allgemein gültiger Trend abzuleiten.

2.7.2 Hydrologische Verhältnisse

Die Oberflächengewässer im Modellgebiet gehören zum Einzugsgebiet der Werre, die wiederum dem Flussgebiet der Weser angehört. Die hydrologischen Verhältnisse sind in Abbildung 8 dargestellt.

Als Grundlage wurde das Gewässernetz aus dem Basis-DLM 2020 (OpenGeodata.NRW) verwendet. Das Untersuchungsgebiet wird von Süden nach Norden durch den Hauptvorfluter Werre durchquert. Zuflüsse der Werre innerhalb des Untersuchungsgebiets sind u.a. der Ellersieker Bach, der Steinsieksbach und die Aa. Im Westen durchfließt der Flachsbach das Untersuchungsgebiet, der in die Aa mündet. Des Weiteren befinden sich im Untersuchungsgebiet viele weitere kleine Bäche und Drainagegräben sowie einige kleinere Stillgewässer. Die Werre wird innerhalb des Untersuchungsgebietes, nördlich der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße durch das Berger Tor Wehr gestaut.

Festgesetzte Überschwemmungsgebiete befinden sich im Bereich des Modellgebietes durchgehend entlang der Werre und der Aa. Flächen der Kategorie ermittelte bzw. vorläufig festgesetzte Überschwemmungsgebiete sind ebenfalls durchgehend entlang der Werre und der Aa vorhanden. Im Bereich der Brunnen an der Brunnenstraße befindet sich das festgesetzte Überschwemmungsgebiet des Steinsieksbachs und südlich davon rückgewinnbare Rückhalteflächen entlang der Werre. Im Bereich der Brunnen Dennewitzstraße und Wiesestraße befindet sich das festgesetzte Überschwemmungsgebiet Ellersieker Bach.

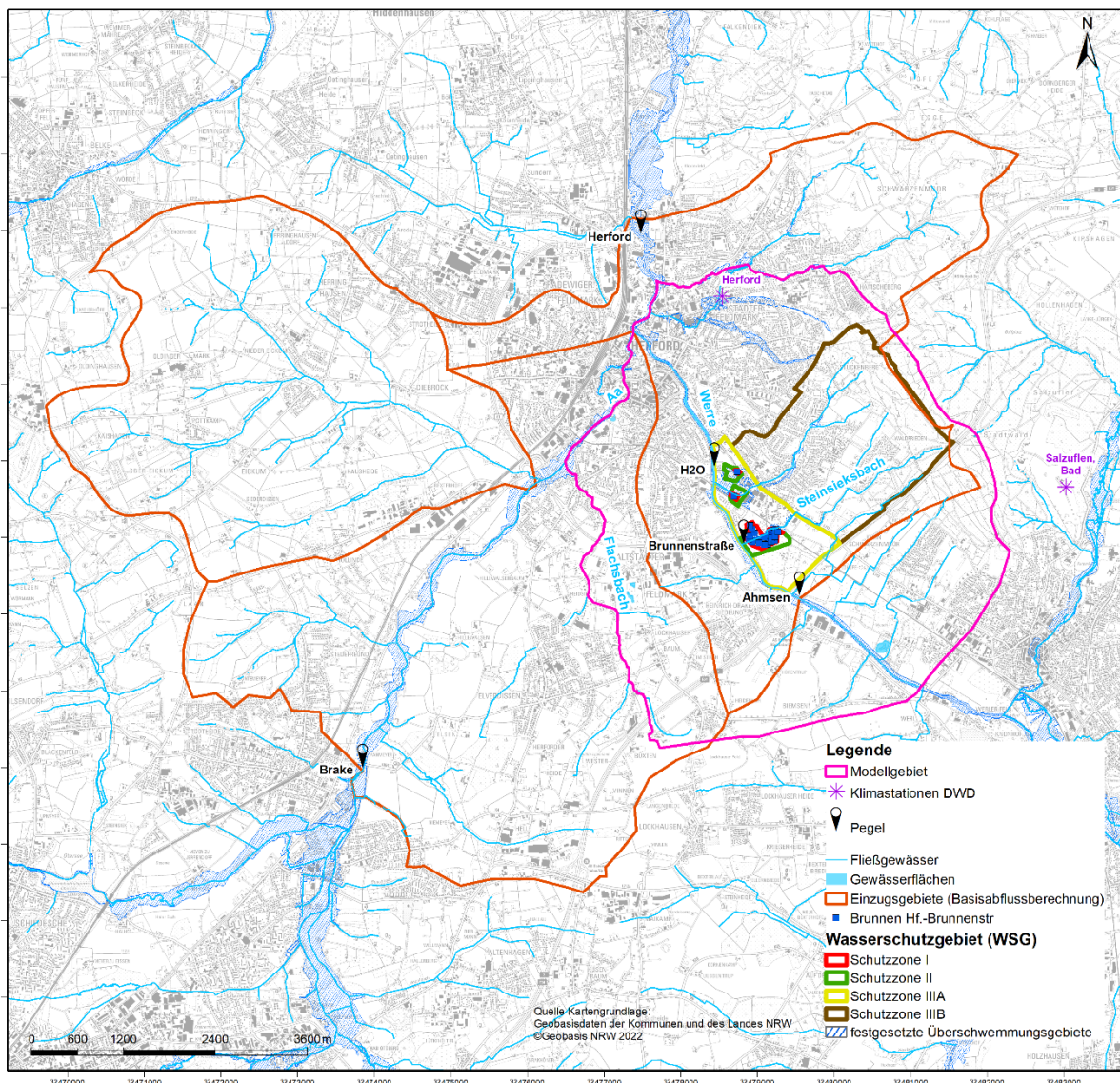


Abbildung 8: Basiseinzugsgebiete und Wetterstation in der Nähe des Modellgebiets [U 7], [U 4]

Im Untersuchungsgebiet befindet sich eine Abflussmessstelle (Pegel Ahmsen) mit einer Zeitreihe > 30 Jahre. Weiterhin stehen für zwei weitere Pegel außerhalb des Modellgebietes langjährige Abflusszeitreihen zur Verfügung (Pegel Brake und Herford). Darüber hinaus stehen für vier Pegel Wasserstandszeitreihen zur Verfügung. In Abbildung 8 sind ihre Lage sowie ihre (Teil-)Einzugsgebiete dargestellt. Der im südlichen Untersuchungsgebiet gelegene Pegel Ahmsen (Werre) bildet dabei den Zustrompegel zum Aussagebereich der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße. Hier stehen Wasserstands- und Abflussdaten zur Verfügung. Es folgen die im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen installierten Pegel Brunnenstraße (Werre, im Bereich der Fassung Brunnenstraße) und der Pegel H2O (Werre, im Bereich der Fassungen Dennewitzstraße und Wiesestraße). Nördlich des Untersuchungsgebietes folgt der Pegel Herford, für den ebenfalls Wasserstandszeitreihen vorliegen. Aufgrund der großen Entfernung des Pegels Brake wurde dieser für die Interpolation der Wasserstände in der Aa nicht berücksichtigt. Unterhalb des Pegels

H₂O befindet sich das Werre-Wehr am Berger Tor, das bei der Interpolation der Wasserstände im Rahmen des in Kapitel 6 beschriebenen Aufbaus des numerischen Grundwasserströmungsmodells ebenfalls berücksichtigt wurde.

Aufgrund der außerhalb des Modellgebietes liegenden Pegel Brake (Aa) und Herford (Werre) ist es nur überschlägig möglich, für den untersuchten Teil des Modellgebietes den grundwasserbürtigen Abfluss (Basisabfluss) zu bestimmen. Die Berechnung des Basisabflusses an den Pegeln Brake (Aa), Ahmsen (Werre) und Herford (Werre) mittels der Verfahren wie nach Wundt [16] oder Wittenberg [17] ist zwar möglich, die anteilige Flächenverteilung, welche Mengen an Basisabfluss im Modellgebiet anfallen und welche außerhalb jedoch nur überschlägig berechenbar (siehe Tabelle 4). Weiterhin befinden sich im Bilanzgebiet zwischen den Pegeln Brake (Aa), Ahmsen (Werre) und Herford (Werre) weitere Einleiter (u.a. die Kläranlage Herford), deren Anteile des Ablaufvolumens und der Abschläge bei Spitzenlasten am Basisabfluss nur abgeschätzt werden können.

Eine überschlägige Berechnung des Basisabflusses für das Modellgebiet erfolgte durch die Berechnung des Basisabflusses an den Pegeln Brake, Herford und Ahmsen deshalb anhand langjähriger Abflussganglinien nach dem Verfahren nach Wundt [16] und Wittenberg [17] in Kombination mit einer überschlägigen Verrechnung der Einleitmengen sowie einer flächenhaften Gewichtung auf Basis der Grundwasserneubildung. Die langjährige Betrachtung erfolgt dabei nach dem Verfahren nach Wundt [16], die ausschnittsweise instationäre Betrachtung des Jahres 2020 nach Wittenberg [17]. Die flächenhafte Gewichtung, welcher Basisabfluss innerhalb des Modellgebietes entsteht und welcher außerhalb, wurde auf Basis der Grundwasserneubildungsverteilung nach mGROWA [U 7] durchgeführt. Diese stellt die am besten mit dem Basisabfluss zusammenhängende Größe dar, die großflächig zur Verfügung stand. Der Anteil des eingeleiteten Wassers der Kläranlage Herford am Basisabfluss wurde mit einem Anteil von 70 % der Zulaufmenge geschätzt, da die Einleitungsmengen im Lastfall nicht komplett dem Basisabfluss zugerechnet werden können und die Zulaufmenge nicht der Ablaufmenge (Einleitungsmenge) einer Kläranlage entspricht.

Tabelle 4: Überschlägige Berechnung des Basisabflusses für das Modellgebiet ab Pegel Ahmsen (Bilanzgebiet Kalibrierung, siehe Abbildung 8, für das Jahr 2020

Einzugsgebiet	Basisabfluss (Q _b) 2020 [m ³ /a]	Basisabfluss (Q _b) 2020 [m ³ /d]
Q_b Ahmsen	103.849.909	283.743
Q_b Brake	40.898.603	111.745
Q_b Herford	155.447.481	424.720
Q_b Kläranlage	6.226.361	17.012
Faktor (mGROWA18)	0,281	
Basisabfluss Modellgebiet*	1.255.461	3.430
*Basisabfluss Modellgebiet = (Q_bHerford-Q_bAhmsen-Q_bBrake-Q_bKläranlage) x Faktor		

Die Berechnungsergebnisse nach Wundt [16] zeigen für das Pegeleinzugsgebiet Herford einen durchschnittlichen Basisabfluss für den Zeitraum der Jahre Januar 1955 - März 2021 von 6,29 m³/s (vgl. Abbildung 9). Für das Jahr 2020 ist der Basisabfluss hingegen mit 4,56 m³/s niedriger. Für den Zeitraum der Kalibrierung des Grundwasserströmungsmodells (Jahr 2020) (beschrieben in Kap. 6.5) entsprechen die hydrologischen Verhältnisse im Betrachtungszeitraum demnach nicht dem Durchschnitt, sondern bilden eine vergleichsweise trockene Phase ab.

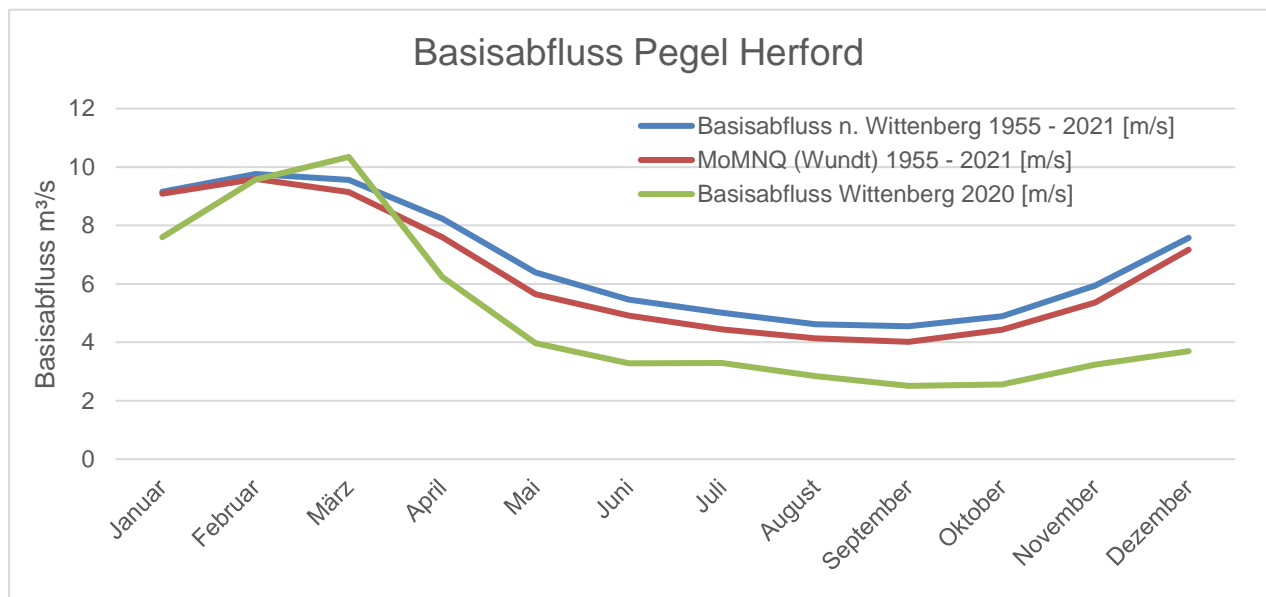


Abbildung 9: Durchschnittlicher monatlicher Basisabfluss (Januar 1955 bis März 2021) am Pegel Herford sowie monatlicher Basisabfluss im Jahr 2020.

3 Überblick zur Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

3.1 Veranlassung und Aufgabe

Im Rahmen des vorliegenden hydrogeologischen Gutachtens erfolgt eine Prüfung der Vereinbarkeit der geplanten Grundwasserentnahme der Wassergewinnung Herford mit den Bewirtschaftungszielen der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL²).

Zur Sicherstellung der Wasserversorgung der Einwohner im Verbandsgebiet beantragt Stadtwerke Herford GmbH bei der Bezirksregierung Detmold eine Erneuerung der wasserrechtlichen Bewilligung für eine Grundwasserentnahme von bis zu 1,1 Mio. m³/a aus den Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße. Die beantragte Entnahmemenge entspricht der des derzeitigen Wasserrechts [U 1]. Das Wasser soll weiterhin aus den bestehenden Förderbrunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße mit den Fassungen an der Brunnenstraße, der Wiesestraße und der Dennewitzstraße erfolgen.

In Art. 4 Abs. 1a) i) der EG-WRRL ist die Verpflichtung der Mitgliedsstaaten geregelt, dass bei Oberflächengewässern die notwendigen Maßnahmen durchzuführen sind, um eine Verschlechterung des Zustands aller Oberflächenwasserkörper (OWK) zu verhindern. Außerdem sind die OWK mit dem Ziel zu schützen, zu verbessern und zu sanieren, dass spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten der EG-WRRL, d. h. 2015, ein guter ökologischer Zustand, bzw. bei künstlichen und erheblich veränderten Wasserkörpern ein gutes ökologisches Potenzial, sowie ein guter chemischer Zustand der Oberflächengewässer zu erreichen ist (Art. 4 Abs. 1a) ii) und iii) der EG-WRRL). Bei entsprechenden Voraussetzungen sind Fristverlängerungen für das Erreichen dieser Ziele bis 2027 möglich.

In Art. 4 Abs. 1b) i) EG-WRRL ist die Verpflichtung der Mitgliedsstaaten geregelt, dass beim Grundwasser die erforderlichen Maßnahmen durchzuführen sind, um die Einleitung von Schadstoffen in das Grundwasser zu verhindern oder zu begrenzen und eine Verschlechterung des Zustands aller Grundwasserkörper (GWK) zu verhindern. Zudem sind die Grundwasserkörper mit dem Ziel zu schützen, zu verbessern und zu sanieren, dass spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten der EG-WRRL, d.h. 2015, ein guter Zustand des Grundwassers zu erreichen ist. In diesem Sinne ist auch ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung zu gewährleisten (Art. 4 Abs. 1b) ii) der EG-WRRL). Bei entsprechenden Voraussetzungen sind Fristverlängerungen für das Erreichen dieser Ziele bis 2027 möglich. Gemäß Art. 4 Abs. 1 b) iii) der EG-WRRL sind die erforderlichen Maßnahmen durchzuführen, um alle signifikanten und anhaltenden Trends einer Steigerung der Konzentration von Schadstoffen aufgrund der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten umzukehren und so die Verschmutzung des Grundwassers schrittweise zu reduzieren.

Die nach Art. 13 der EG-WRRL zu erstellenden Bewirtschaftungspläne beinhalten Informationen

² Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasserrahmenrichtlinie – EG-WRRL)

zum Zustand der Oberflächengewässer und des Grundwassers, konkretisieren die Umweltziele in Bezug auf die einzelnen Oberflächengewässerkörper (OWK) und Grundwasserkörper (GWK) und fassen die vorgesehenen Maßnahmen zusammen.

Die Ziele der EG-WRRL hinsichtlich Oberflächengewässern und Grundwasser werden durch die §§ 27 bis 31 sowie 47 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) in nationales Recht umgesetzt.

In diesem Kapitel werden zunächst die potentiell betroffenen OWK und GWK mit ihren jeweiligen Zuständen, Bewirtschaftungszielen und Maßnahmenprogrammen vorgestellt. In Kapitel 10 erfolgt dann, nach Darstellung und Erläuterung der Auswirkungen des geplanten Vorhabens, die abschließende Bewertung der Vereinbarkeit des Vorhabens mit den Bewirtschaftungszielen der EG-WRRL.

3.2 Fachlicher Rahmen: Verbesserungsgebot und Verschlechterungsverbot

Das Kernziel für Oberflächengewässer ist, soweit sie nicht nach § 28 WHG als künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, der „gute ökologische Zustand“, für nach § 28 WHG künstlich oder erheblich veränderte oberirdische Gewässer das „gute ökologische Potenzial“, sowie der „gute chemische Zustand“.

Die Bewirtschaftung der oberirdischen Gewässer wird nach § 27 Abs. 1 und 2 des WHG folgendermaßen geregelt:

- 1) „Oberirdische Gewässer sind, soweit sie nicht nach § 28 als künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, so zu bewirtschaften, dass
 - 1) eine Verschlechterung ihres ökologischen und ihres chemischen Zustands vermieden wird und
 - 2) ein guter ökologischer und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden.“
- 2) „Oberirdische Gewässer, die nach § 28 als künstlich oder erheblich verändert eingestuft werden, sind so zu bewirtschaften, dass
 - 1) eine Verschlechterung ihres ökologischen Potenzials und ihres chemischen Zustands vermieden wird und
 - 2) ein gutes ökologisches Potenzial und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden.“

Gemäß § 47 des WHG ist das Ziel für Grundwasser ein „guter chemischer und mengenmäßiger Zustand“. Für die Bewirtschaftung des Grundwassers gilt nach § 47 Abs. 1 des WHG folgendes:

- 3) „Das Grundwasser ist so zu bewirtschaften, dass
 - 1) eine Verschlechterung seines mengenmäßigen und seines chemischen Zustands vermieden wird;
 - 2) alle signifikanten und anhaltenden Trends ansteigender Schadstoffkonzentrationen auf Grund der Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten umgekehrt werden;
 - 3) ein guter mengenmäßiger und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht

werden; zu einem guten mengenmäßigen Zustand gehört insbesondere ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung.“

Um die Ziele der EG-WRRL bzw. des WHG zu erreichen, stellen die Mitgliedsstaaten in regelmäßigen Zeitabständen national und international koordinierte Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme auf.

Ausnahmen von Bewirtschaftungszielen

Das Verschlechterungsverbot und das Verbesserungsgebot gelten vorbehaltlich der Ausnahmen nach Art. 4 Abs. 6 bis 8 der EG-WRRL bzw. § 31 WHG. So verstoßen die Mitgliedstaaten nicht gegen die Anforderungen der EG-WRRL, wenn eine vorübergehende Verschlechterung durch natürliche Ursachen oder durch höhere Gewalt bedingt sind, die außergewöhnlich sind oder nach vernünftiger Einschätzung nicht vorhersehbar waren. Hierzu zählen insbesondere starke Überschwemmungen oder langanhaltende Dürren. Auch ist eine vorübergehende Verschlechterung des Zustands von Wasserkörpern kein Verstoß, wenn diese durch nicht vorhersehbare Unfälle entstanden ist. Zudem verstoßen die Mitgliedsstaaten nicht gegen die EG-WRRL, wenn das Nichterreichen der Umweltziele die Folge von neuen Änderungen der physischen Eigenschaften eines Oberflächenwasserkörpers oder von Änderungen des Pegels von Grundwasserkörpern ist.

3.3 Methodik und Vorgehensweise

Eine Beschreibung und Prüfung der Einwirkungen auf das Grundwasser und der oberirdischen Gewässer sowie die entsprechende Einstufung erfolgt im Wesentlichen über das WHG, die Oberflächengewässerverordnung (OGewV vom 20.06.2016; BGBl. I S. 1373) sowie die Grundwasserverordnung (GrwV, Stand 12.10.2022; BGBl. I S. 1513).

In diesem Kapitel werden die potentiell betroffenen Wasserkörper (Grund- und Oberflächenwasserkörper), die den Regelungen der EG-WRRL unterliegen, identifiziert und beschrieben. Auf Grundlage der in Kapitel 9 folgenden Beschreibung der Auswirkungen der beantragten Entnahmemenge der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße wird dann in Kapitel 10 wasserkörperbezogen geprüft, ob das Vorhaben mit den rechtlichen Anforderungen nach EG-WRRL und WHG vereinbar ist. Hierbei wird eine Bewertung der Auswirkungen hinsichtlich einer möglichen Verschlechterung des Zustands (Potenzials) vorgenommen. Zudem wird die Vereinbarkeit mit den Bewirtschaftungszielen nach § 27 und 47 WHG sowie ein ggf. vorliegender Verstoß gegen das Verbesserungsgebot überprüft.

Im Falle einer erforderlichen Ausnahme sind die Voraussetzungen gemäß Art. 4 Abs. 6 und 7 EG-WRRL zu prüfen.

Die Zustandsbeschreibung beruht auf Daten, die durch das zuständige Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) [U10] bzw. das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKUNLV NRW) [U11] bereitgestellt wurden. Eigene Datenerhebungen erfolgen nicht.

3.3.1 Oberflächenwasserkörper (OWK)

Die Oberflächenwasserkörper sind nach EG-WRRL Anhang II Nr. 1.1 i) den folgenden Kategorien zuzuordnen:

- natürliche Oberflächenwasserkörper,
- künstliche Oberflächenwasserkörper und
- erheblich veränderte Oberflächenwasserkörper.

Die Einstufung des chemischen Zustands eines Oberflächenwasserkörpers richtet sich nach sog. Umweltqualitätsnormen (§ 6 der OGeWV (2016)). In der Anlage 8 zu § 6 der OGeWV sind die für die Einstufung des chemischen Zustands zugrunde zu legenden Stoffe und deren Umweltqualitätsnormen aufgeführt. Erfüllt der Oberflächenwasserkörper diese Umweltqualitätsnormen, stuft die zuständige Behörde den Zustand als *gut* ein. Andernfalls ist der chemische Zustand als *nicht gut* einzustufen (§ 6 der OGeWV).

Die Einstufung des ökologischen Zustands eines Oberflächenwasserkörpers richtet sich nach sog. Qualitätskomponenten (§ 5 der OGeWV). In der Anlage 3 zu § 5 der OGeWV sind diese Qualitätskomponenten aufgeführt. Die zuständige Behörde stuft den ökologischen Zustand eines Oberflächenwasserkörpers nach Maßgabe von Anlage 4 Tabellen 1 bis 5 zu § 5 der OGeWV in die Klassen *sehr guter*, *guter*, *mäßiger*, *unbefriedigender* oder *schlechter* Zustand ein.

Die Einstufung des ökologischen Potenzials eines künstlichen oder erheblich veränderten Oberflächenwasserkörpers richtet sich nach den in Anlage 3 zu § 5 der OGeWV aufgeführten Qualitätskomponenten, die für diejenige Gewässerkategorie (Flüsse, Seen, Übergangsgewässer, Küstengewässer) gelten, die dem betreffenden Wasserkörper am ähnlichsten ist. Die zuständige Behörde stuft das ökologische Potenzial nach Maßgabe von Anlage 4 Tabellen 1 und 6 zu § 5 der OGeWV in die Klassen *höchstes*, *gutes*, *mäßiges*, *unbefriedigendes* oder *schlechtes* Potenzial ein.

Maßgebend für die Einstufung des ökologischen Zustands oder des ökologischen Potenzials ist die jeweils schlechteste Bewertung einer der biologischen Qualitätskomponenten. Die biologischen Qualitätskomponenten umfassen die aquatische Flora, die Wirbellosenfauna und die Fischfauna. Bei der Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten sind die hydromorphologischen Qualitätskomponenten sowie die entsprechenden allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten zur Einstufung unterstützend heranzuziehen (Anlage 3 zu § 5 der OGeWV). Als unterstützende Qualitätskomponente zur Bewertung des ökologischen Zustands bzw. Potenzials sind zudem die Umweltqualitätsnormen der flussgebietsspezifischen Schadstoffe heranzuziehen (Anlage 6 der OGeWV).

3.3.2 Grundwasserkörper (GWK)

Gemäß EG-WRRL ist ein Grundwasserkörper ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter und bildet wie die Oberflächenwasserkörper die kleinste Bewirtschaftungseinheit im Grundwasser.

Bewertungsmaßstäbe für die Auswirkungen des Vorhabens auf den betroffenen Grundwasserkörper (GWK) sind der mengenmäßige und der chemische Zustand des Grundwassers, die gemäß Anhang V Nr. 2 der EG-WRRL in die Klassen *gut* oder *schlecht* unterschieden werden. Die Einstufung des mengenmäßigen und chemischen Zustands von Grundwasserkörpern wird durch §§ 4 und 7 GrwV geregelt.

Eine Beschreibung und Prüfung der Einwirkungen auf das Grundwasser sowie die entsprechende

Einstufung erfolgt folgendermaßen:

§ 4 Einstufung des mengenmäßigen Grundwasserzustands

- (1) Die zuständige Behörde stuft den mengenmäßigen Grundwasserzustand als *gut* oder *schlecht* ein.
- (2) Der mengenmäßige Grundwasserzustand ist gut, wenn
 1. die Entwicklung der Grundwasserstände oder Quellschüttungen zeigt, dass die langfristige mittlere jährliche Grundwasserentnahme das nutzbare Grundwasserdargebot nicht übersteigt und
 2. durch menschliche Tätigkeiten bedingte Änderungen des Grundwasserstandes zukünftig nicht dazu führen, dass
 - a) die Bewirtschaftungsziele nach §§ 27 und 44 des WHG für die Oberflächengewässer, die mit dem Grundwasserkörper in hydraulischer Verbindung stehen, verfehlt werden,
 - b) sich der Zustand dieser Oberflächengewässer im Sinne von § 3 Nummer 8 des WHG signifikant verschlechtert,
 - c) Landökosysteme, die direkt von dem Grundwasserkörper abhängig sind, signifikant geschädigt werden und
 - d) das Grundwasser durch Zustrom von Salzwasser oder anderen Schadstoffen infolge räumlich und zeitlich begrenzter Änderungen der Grundwasserfließrichtung nachteilig verändert wird.

§ 7 Einstufung des chemischen Grundwasserzustands

- (1) Die zuständige Behörde stuft den chemischen Grundwasserzustand als *gut* oder *schlecht* ein.
- (2) Der chemische Grundwasserzustand ist gut, wenn
 1. die in Anlage 2 enthaltenen oder die nach § 5 Absatz 1 Satz 2 oder Absatz 3 festgelegten Schwellenwerte an keiner Messstelle nach § 9 Absatz 1 im Grundwasserkörper überschritten werden oder,
 2. durch die Überwachung nach § 9 festgestellt wird, dass
 - a) es keine Anzeichen für Einträge von Schadstoffen auf Grund menschlicher Tätigkeiten gibt, wobei Änderungen der elektrischen Leitfähigkeit bei Salzen allein keinen ausreichenden Hinweis auf derartige Einträge geben,
 - b) die Grundwasserbeschaffenheit keine signifikante Verschlechterung des ökologischen oder chemischen Zustands der Oberflächengewässer zur Folge hat und dementsprechend nicht zu einem Verfehlen der Bewirtschaftungsziele in den mit dem Grundwasser in hydraulischer Verbindung stehender Oberflächengewässern führt und
 - c) die Grundwasserbeschaffenheit nicht zu einer signifikanten Schädigung unmittelbar von dem Grundwasserkörper abhängender Landökosysteme führt.
- (3) Wird ein Schwellenwert an Messstellen nach § 9 Absatz 1 überschritten, kann der chemische Grundwasserzustand auch dann noch als gut eingestuft werden, wenn
 1. eine der nachfolgenden flächenbezogenen Voraussetzungen erfüllt ist:
 - a) die nach § 6 Absatz 2 für jeden relevanten Stoff oder jede relevante Stoffgruppe ermittelte Flächensumme beträgt weniger als ein Fünftel der Fläche des Grundwasserkörpers oder
 - b) bei nachteiligen Veränderungen des Grundwassers durch schädliche Bodenveränderungen oder Altlasten ist die festgestellte oder die in absehbarer Zeit zu erwartende Ausdehnung der Überschreitung für jeden relevanten Stoff oder jede relevante Stoffgruppe auf insgesamt weniger als 25 Quadratkilometer pro Grundwasserkörper und bei Grundwasserkörpern, die kleiner als 250 Quadratkilometer sind, auf weniger als ein Zehntel der Fläche des Grundwasserkörpers begrenzt,
 2. das im Einzugsgebiet einer Trinkwassergewinnungsanlage mit einer Wasserentnahme von mehr als 100 Kubikmeter am Tag gewonnene Wasser unter Berücksichtigung des angewandten Aufbereitungsverfahrens nicht den dem Schwellenwert entsprechenden Grenzwert der Trinkwasserverordnung überschreitet, und
 3. die Nutzungsmöglichkeiten des Grundwassers nicht signifikant beeinträchtigt werden.

Messstellen, an denen die Überschreitung eines Schwellenwertes auf natürliche, nicht durch menschliche Tätigkeiten verursachte Gründe zurückzuführen ist, werden wie Messstellen behandelt, an denen die Schwellenwerte eingehalten werden.

- (4) Wird ein Grundwasserkörper nach Maßgabe des Absatzes 3 in den guten chemischen Zustand eingestuft, veranlasst die zuständige Behörde in den von Überschreitungen der Schwellenwerte betroffenen Teilbereichen die nach § 82 des Wasserhaushaltsgesetzes erforderlichen Maßnahmen, wenn dies zum Schutz von Gewässerökosystemen, Landökosystemen oder Grundwassernutzungen notwendig ist.
- (5) Die zuständige Behörde veröffentlicht im Bewirtschaftungsplan nach § 83 des Wasserhaushaltsgesetzes eine Zusammenfassung der Einstufung des chemischen Grundwasserzustands auf der Ebene der Flussgebietseinheiten. Die Zusammenfassung enthält auch eine Darstellung, wie Überschreitungen von Schwellenwerten bei der Einstufung berücksichtigt worden sind.

Grundwasserabhängige Landökosysteme

Grundwasserabhängige Landökosysteme (gwa LÖS) wurden durch das LANUV [4] bewertet und ausgewiesen. Die für die Bewertung relevanten grundwasserabhängigen Landökosysteme wurden über eine Verschneidung der Schutzgebietsflächen der Naturschutzgebiete, FFH-Gebiete und Vogelschutzgebiete sowie des Nationalparks Eifel mit den grundwasserabhängigen Böden aus der Bodenkarte des Geologischen Dienstes NRW ermittelt.

Der Zustand grundwasserabhängiger Landökosysteme wird als Kriterium zur Beurteilung des Grundwasserzustands herangezogen (§ 7 Absatz 2 Nummer 2 c) der GrwV). Die EG-WRRL und darauf aufbauende Rechtsvorschriften sehen in Verbindung mit der Analyse der Grundwasserhältnisse u. a. eine Berücksichtigung der grundwasserabhängigen Landökosysteme (gwa LÖS) vor.

Grundwasserkörper sind in ihrem Zustand u. a. entsprechend danach zu beurteilen, ob im räumlichen Einzugsbereich liegende gwa LÖS hinsichtlich ihrer Wasserversorgung intakt sind.

Bei der grundlegenden Beschreibung der Grundwasserkörper im Rahmen der Bestandsaufnahme sind

- 1) potenzielle Belastungen zu identifizieren und diejenigen GWK zu kennzeichnen, bei denen direkt abhängige Landökosysteme vorhanden sind sowie
- 2) anhand wasserwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Informationen festzustellen, inwiefern für diese gwa Landökosysteme eine potenzielle Gefährdung durch anthropogene Beeinflussungen besteht (LAWA) [8].

Demnach dürfen durch menschliche Tätigkeiten bedingte Änderungen des Grundwasserstandes nicht dazu führen, dass Landökosysteme, die direkt vom Grundwasser abhängig sind, signifikant geschädigt werden. Als zentrales Kriterium zur Beurteilung dient die Veränderung des Grundwasserstandes.

Die Schädigung eines gwa LÖS ist als signifikant zu bewerten, wenn die Gefahr besteht, dass aufgrund einer anthropogenen Veränderung des Grundwasserzustands der zuvor erfasste Biotoptyp als solcher nicht erhalten bleibt. Für eine Prüfung auf eine Gefährdung sowie mögliche Schädigung sind naturschutzfachliche, hydrogeologische und nutzungsbezogene Daten heranzuziehen (LAWA) [8].

3.3.3 Schutzgebiete

Die gemäß EG-WRRL relevanten Schutzgebiete umfassen diejenigen Gebiete, für die nach gemeinschaftlichen Rechtsvorschriften zum Schutz der Oberflächengewässer und des Grundwassers oder zur Erhaltung der wasserabhängigen Lebensräume und Arten ein besonderer Schutzbedarf festgestellt wurde. Gemäß Art. 6 (in Verbindung mit Anhang IV) der EG-WRRL enthalten diese Verzeichnisse folgende Schutzgebiete:

Gebiete zur Entnahme von Wasser für den menschlichen Gebrauch

Unter den besonderen Schutz der EG-WRRL fallen Gebiete, die für die Entnahme von Wasser für den menschlichen Verbrauch genutzt werden und durchschnittlich mehr als 10 m³ täglich liefern oder mehr als 50 Personen täglich bedienen, sowie die für eine solche künftige Nutzung bestimmten Wasserkörper (Art. 7 Abs. 1 EG-WRRL und MKUNLV) [U 8].

Gebiete zum Schutz wirtschaftlich bedeutender aquatischer Arten

Die Fischgewässerrichtlinie (2006/44/EG) und die Muschelgewässerrichtlinie (2006/113/EG) sind gemäß Art. 22 Abs. 2 EG-WRRL am 22.12.2013 außer Kraft getreten. Fisch- und Muschelgewässer sind daher nicht mehr in den Verzeichnissen und Karten des Bewirtschaftungsplans enthalten. Auch nach dem Außerkrafttreten dieser Richtlinien wird durch die nationale Gesetzgebung mindestens das bisherige Schutzniveau für diese Gebiete sichergestellt.

Badegewässer

Badegewässer sind Erholungsgewässer nach Anhang IV 1 III der EG-WRRL. In Nordrhein-Westfalen sind dies bisher 83 Seen und Talsperren, die der Badegewässerrichtlinie (2006/7/EG) unterliegen. Die Richtlinie ist durch die Badegewässer-Verordnung NRW vom 11. Dezember 2007 in Landesrecht umgesetzt worden.

Nährstoffsensible und -empfindliche Gebiete

Zur Minderung von Nährstoffausträgen in die Gewässer wurden alle Gewässer in Nordrhein-Westfalen als nährstoffsensibel gemäß Kommunaler Abwasserrichtlinie (1991) ausgewiesen und als empfindlich gemäß Nitratrichtlinie (1991) eingestuft.

Wasserabhängige EU-Vogelschutzgebiete und FFH-Gebiete

Gebiete gemäß der Richtlinie 2006/105/EG zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (FFH-Richtlinie) oder Gebiete nach der Richtlinie 2009/147/EG über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten (Vogelschutzrichtlinie), in denen die Erhaltung oder Verbesserung des Wasserzustands ein wichtiger Faktor für das jeweilige Gebiet ist, wurden in das Verzeichnis aufgenommen.

3.4 Identifizierung der betroffenen Wasserkörper

3.4.1 Oberflächenwasserkörper

Fließgewässer

Die Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße liegen im Bearbeitungsgebiet „Ober-/Mittelweser“ im Teileinzugsgebiet „Weser NRW“ in der Planungseinheit PE_WES_1300 „Werre“.

Etwa 1.200 m westlich der Brunnen schließt sich die ebenfalls im Teileinzugsgebiet „Weser NRW“ gelegene Planungseinheit PE_WES_1500 „Johannisbach/Aa“ an. Die Steckbriefe dieser beiden Planungseinheiten sind dem „Bewirtschaftungsplan 2022-2027: Steckbriefe der Planungseinheiten im Teileinzugsgebiet „Weser“ zu entnehmen [U 8].

In Abbildung 10 sind die Oberflächenwasserkörper in der Planungseinheit PE_WES_1300 „Werre“ dargestellt [U 8].

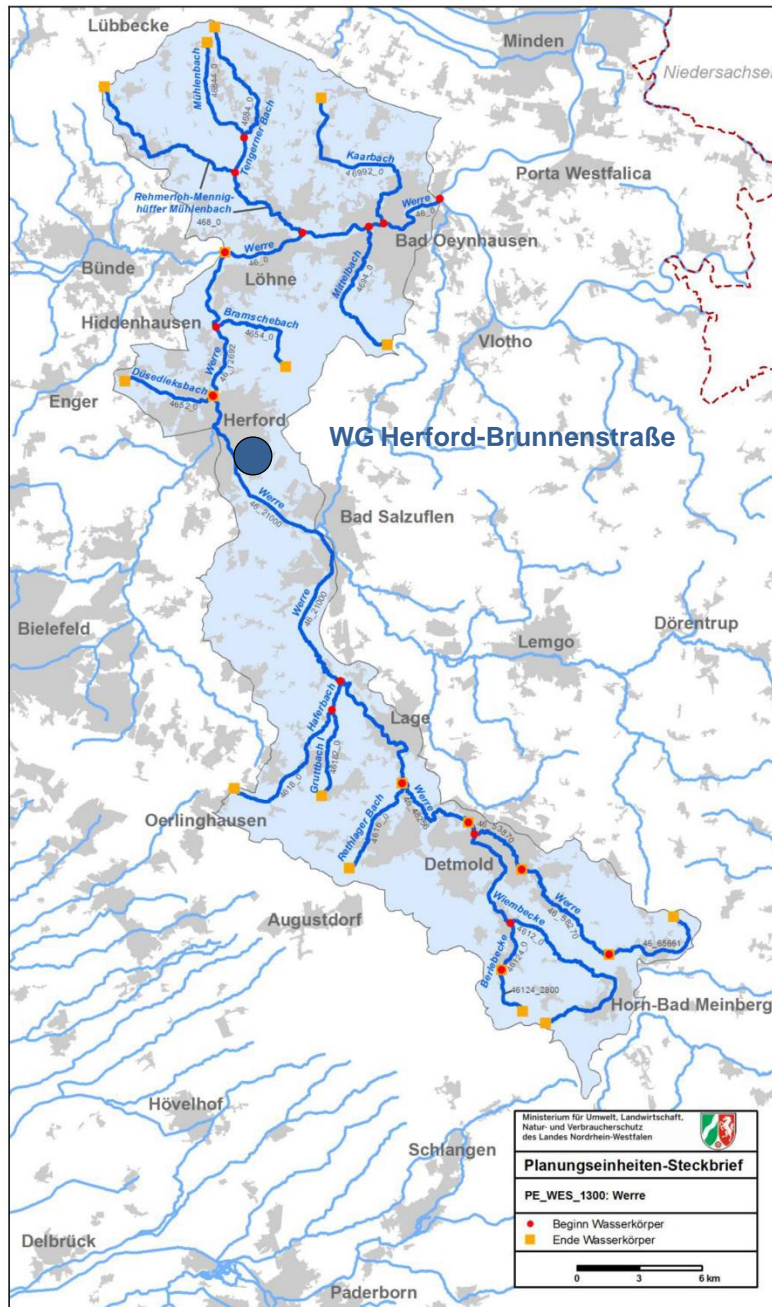


Abbildung 10: Oberflächenwasserkörper in der Planungseinheit PE_WES_1300; blaue Markierung: Lage der WG Herford-Brunnenstraße [U 8]

Das Werregebiet ist etwa 437 km² groß und umfasst etwa 279.000 Einwohner. Es erstreckt sich

vom Teutoburger Wald bis nach Bad Oeynhausen und umfasst neben der Stadt Herford die Städte Bad Salzuflen und Detmold. Es ist durch dichte Besiedlung geprägt und hat in dem Zusammenhang einen hohen Versiegelungsgrad, was neben der Belastung durch Abwasser bei starkem Niederschlag zu schnellen Abflüssen in den Oberläufen führt. Maßgebliche Flächennutzung im Werregebiet sind Acker (42%), Siedlung und Gewerbe (28,7%), Wald (17,7%) und Grünland (8,5%).

Im Steckbrief [U 8] gibt es für die Planungseinheit PE_WES_1300 Werre folgende Angaben zum chemischen und ökologischen Zustand:

Die Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße liegen in den Teileinzugsgebieten 4638 (Brunnen Dennewitz- und Wiesestraße) sowie den Teileinzugsgebieten 4636 und 4637 (Heberanlage Brunnenstraße). Sie gehören zur Planungseinheit PE_WES_1300 und zum Wasserkörper mit der Wasserkörper-ID 46_21000 (Werre) mit der Wasserkörperbezeichnung „vom Golfplatz Ottenhausen bis zum Zufluss Düsedieksbach bei der ZKA Herford“.

Der chemische Zustand der meisten Gewässer in der Planungseinheit ist, abgesehen von den ubiquitären Stoffen, „gut“. In der Werre (46_21000) wurden jedoch Überschreitungen gemessen, die zu einer Einstufung in den schlechten „Chemischen Zustand ohne ubiquitäre Stoffe“ führen.

Bei den flussgebietspezifischen Schadstoffen gab es sowohl bei Metallen als auch bei Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln einzelne Auffälligkeiten. Bei der überwiegenden Anzahl der Oberflächenwasserkörper wurden aber keine Überschreitungen dahingehend festgestellt. Hinsichtlich der allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten wurden lediglich in sechs Wasserkörpern der Planungseinheit die Orientierungswerte komplett eingehalten.

Die „Allgemeine Degradation“ (Bewertungsmodul) ist ein Maß für die sogenannte strukturelle Güte eines Flusses oder Bachs. Je „degradierter“ ein Gewässer ist, desto weiter sind seine Strukturen, wie z. B. der Verlauf und die Beschaffenheit des Gewässerbetts, vom ursprünglichen natürlichen Zustand entfernt. Im Gebiet der Werre ist die allgemeine Degradation überwiegend nur mit „mäßig“ bis „schlecht“ bewertet. Die Veränderung der natürlichen Gewässerstrukturen wirkt sich auch auf die Menge und Zusammensetzung des Makrozoobenthos aus. Dies sind am bzw. im Gewässerboden lebende wirbellose Tiere wie Schnecken, Krebse und Insektenlarven.

Auch die Fische sind Anzeiger für die strukturelle Güte, allerdings ist ihr Lebensraum größer als der Lebensraum der Kleinlebewesen. Wanderhindernisse, wie Stauwehre, und schlechte Sohl- und Uferstrukturen beeinflussen die Arten, die Anzahl und auch die Altersstruktur der Fische negativ. Der Fischbestand entspricht nur teilweise den Erwartungen. Die Fischergebnisse sind nur teilweise als „gut“ eingestuft. Die Werre zwischen Herford und Lage, der Düsedieksbach sowie der Tengerner Bach wurden sogar mit „schlecht“ bewertet. Die Saprobie zeigt die Belastung der Fließgewässer mit organischen, biologisch abbaubaren Stoffen an. Sie wird ebenfalls mithilfe des Makrozoobenthos bestimmt. Im Werregebiet ist die Saprobie in den meisten Gewässern „gut“, in manchen sogar „sehr gut“. Nur in wenigen Wasserkörpern wurde eine „mäßige“ Saprobie festgestellt. Als Folge der Belastungen ist die ökologische Gesamtbewertung aller Gewässer im Einzugsgebiet der Werre „mäßig“ bis „schlecht“.

In Abbildung 11 sind die Oberflächenwasserkörper der ebenfalls im Modellgebiet liegenden Planungseinheit PE_WES_1500 „Johannisbach/Aa“ dargestellt [U 8].

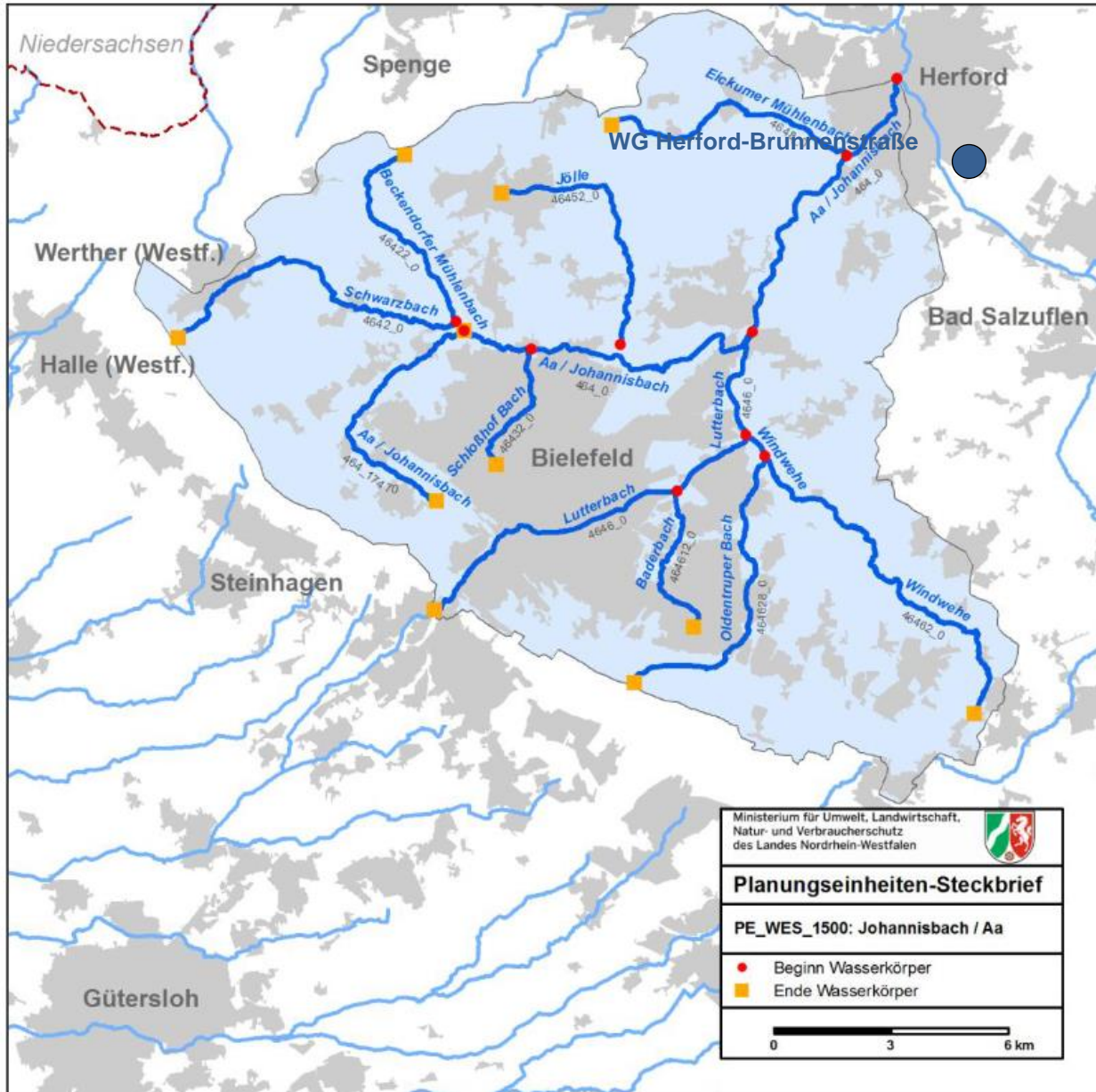


Abbildung 11: Oberflächenwasserkörper in der Planungseinheit PE_WES_1500; blaue Markierung: Lage der WG Herford-Brunnenstraße [U 8]

Das Gebiet Johannisbach/Aa, in dem ca. 281.000 Einwohnerinnen und Einwohner leben, ist 256 km² groß. Es liegt zwischen dem Teutoburger Wald und der Stadt Herford. Die Stadt Bielefeld ist hier prägend. Das Gebiet ist relativ dicht besiedelt. Hier leben über 1.100 Menschen auf einem Quadratkilometer. Die meisten Gewässer im Gebiet wurden durch den Menschen stark verändert, es gibt nur wenige natürliche Gewässer. Auch erheblich veränderte Gewässer sind jedoch als Lebensraum zu erhalten und so weit wie möglich zu verbessern. Daher werden sie ebenfalls bei der Bewirtschaftungsplanung berücksichtigt.

Für die Planungseinheit PE_WES_1500 liegt der Wasserkörper mit der Wasserkörper-ID 464_0 (Johannisbach) mit der Wasserkörperbezeichnung „Von der Einmündung der Werre in Herford bis Jöllenbecker Str. in Bielefeld“ innerhalb des Modellgebiets.

Im Steckbrief [U 8] gibt es für die Planungseinheit PE_WES_1500 Johannisbach/Aa folgende Angaben zum chemischen und ökologischen Zustand:

Insgesamt ist der chemische Zustand der Gewässer im Bereich Johannisbach/Aa, abgesehen von den ubiquitären Stoffen, „gut“. Ausnahmen bilden der Oldentruper Bach und der Johannisbach (Aa). Diese wurden als „nicht gut“ eingestuft. Bei den flussgebietspezifischen Schadstoffen gab es sowohl bei Metallen als auch bei Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln vereinzelte Auffälligkeiten. Bei der überwiegenden Anzahl der Oberflächenwasserkörper wurden aber keine Überschreitungen dahingehend festgestellt. Hinsichtlich der allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten wurden lediglich in vier Wasserkörpern die Orientierungswerte komplett eingehalten

Die Saprobie zeigt die Belastung der Fließgewässer mit organischen, biologisch abbaubaren Stoffen an. Sie wird mithilfe des Makrozoobenthos bestimmt. Dies sind am bzw. im Gewässerboden lebende wirbellose Tiere wie Schnecken, Krebse und Insektenlarven. Im Johannisbach/Aa-Gebiet ist die Saprobie in der Hälfte der Gewässer „gut“, alle anderen sind mit „mäßig“ bewertet.

Die Veränderung der natürlichen Gewässerstrukturen schlägt sich auch in der Menge und Zusammensetzung des Makrozoobenthos eines Gewässers nieder. Ein Maß dafür ist die „Allgemeine Degradation“ (Bewertungsmodul), die anhand der Untersuchungsergebnisse berechnet werden kann. Je größer die Degradation, desto weiter weicht das heutige Erscheinungsbild eines Gewässers vom ursprünglichen Gewässertyp ab. Kein Gewässer zeigt in Bezug auf das Makrozoobenthos einen „guten“ Zustand an. Viele Bäche sind „schlecht“ oder „unbefriedigend“, wenige befinden sich in einem „mäßigen“ Zustand. Die besten Ergebnisse bei der Bewertung zeigen der Aa-Unterlauf (Johannisbach) und der vollständig im Naturschutzgebiet liegende Beckendorfer Mühlenbach.

Auch die Fische sind Indikatoren für die strukturelle Güte, allerdings ist ihr Lebensraum größer als der Lebensraum der Kleinlebewesen. Wanderhindernisse, wie Stauwehre, und schlechte Sohl- und Uferstrukturen beeinflussen die Fische negativ. Die Wassertemperatur und chemische Belastungen wirken sich ebenfalls aus. Der Fischbestand entspricht überwiegend nicht den Erwartungen. Die Defizite liegen oft im Artenspektrum, in der Vermehrung und den Wandermöglichkeiten. Die Fischfauna wurde in dieser Planungseinheit überwiegend mit „schlecht“ beurteilt. Nur im Beckendorfer Mühlenbach liegt ein „gutes“ Fischergebnis vor. Der ökologische Zustand ist insgesamt „mäßig“ bis „schlecht“.

Stehende Gewässer / Seen / Übergangs- und Küstengewässer / Sonstige Gewässer

Gemäß Vorgaben zur EG-WRRL sind von der geplanten Grundwasserentnahme der WG Herford-Brunnenstraße keine stehenden Gewässer/Seen/Talsperren, Übergangs- bzw. Küstengewässer oder sonstige Gewässer betroffen.

3.4.2 Grundwasserkörper

Neben den Oberflächenwasserkörpern (OWK) bestehen auch hinsichtlich lokaler Grundwasserkörper (GWK) Planungseinheiten. Die Steckbriefe dieser Planungseinheiten sind dem „Bewirtschaftungsplan 2022-2027: Steckbriefe der Planungseinheiten im Teileinzugsgebiet „Weser“ zu entnehmen [U 8].

Im Modellgebiet bestehen die in Abbildung 12 dargestellten Grundwasserkörper [U 7]. Ein Ausschnitt mit den im Umfeld der WG Herford-Brunnenstraße verbreiteten Grundwasserkörpern ist zudem in **Anlage 1.10** enthalten.

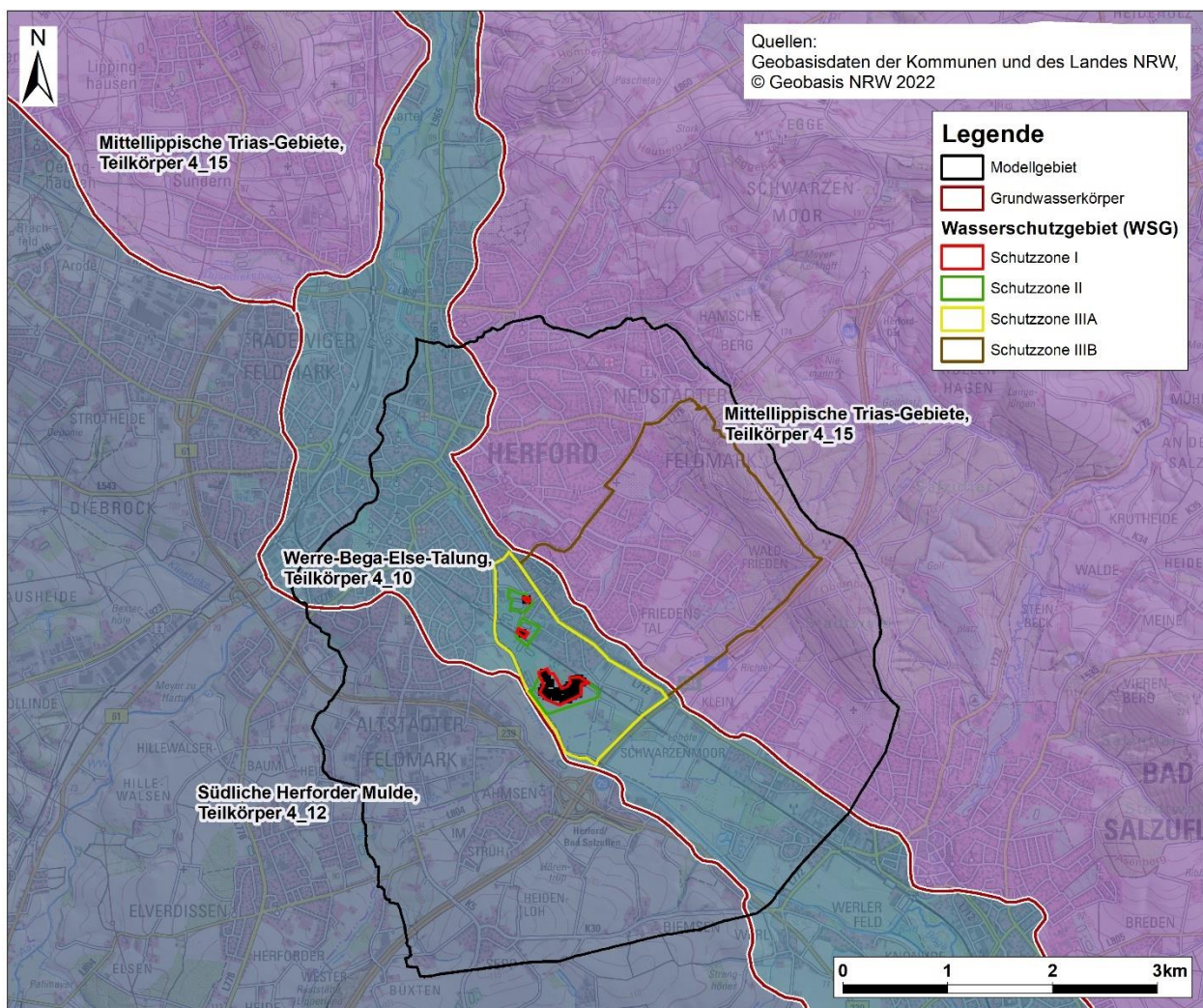


Abbildung 12: Lage und Bezeichnung der Grundwasserkörper im Modellgebiet [U 7]

Die Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße liegen im Bereich des *GWK_4_10 Werre-Bega-Else-Talung*. Dieser grenzt im Nordosten an den *GWK 4_15 Mittellippische Trias-Gebiete* und im Südwesten an den *GWK 4_12 Südliche Herforder Mulde*.

Die Grundwasserkörper sind nach geologischen, bodenkundlichen und hydrologischen Gesichtspunkten in verschiedene hydrogeologische Großräume und Teilräume untergliedert [U 10]. Die

Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße der Stadtwerke Herford GmbH und deren Umgebung liegen dieser Untergliederung zufolge in den Teilräumen 5121 *Hase-Else-Werre-Talau*, 5109 *Herford-Hamelner Bergland* und 5105 *Herforder Mulde*. Die Abbildung 13 zeigt die Einteilung in hydrogeologische Teilräume in der Umgebung der Wassergewinnung. Die jeweilige textliche Beschreibung der typischen hydrogeologischen Merkmale dieser Teilräume sind der Tabelle 5 zu entnehmen.

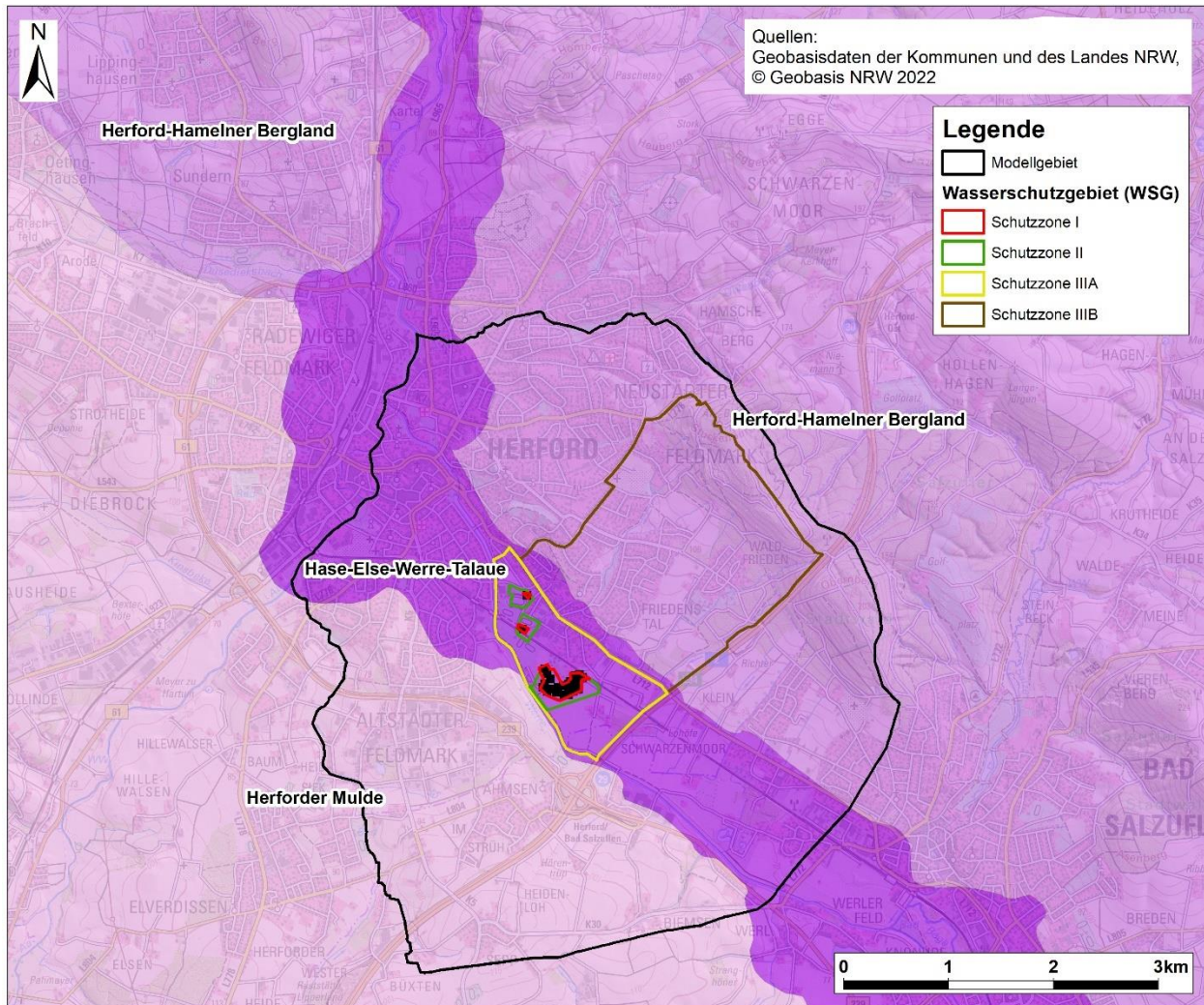


Abbildung 13: Einteilung in Hydrogeologische Teilräume (nach: Hydrogeologischer Raumgliederung der BGR, basierend auf den Entwürfen der Länder überwiegend im Maßstab 1:500 000 [U 10])

Tabelle 5: Einteilung in Hydrogeologische Teilräume (aus [1])

Hydrogeologischer Großraum 05, Mitteldeutsches Bruchschollenland
Hydrogeologischer Raum 051, Nordwestdeutsches Bergland
<p>Teilraum 5121 Hase-Else-Werre-Talaue:</p> <p><i>Definition: Talauen im Lippischen Bergland, die im Pleistozän angelegten Rinnensystemen folgen. Aufgefüllt mit mächtigen Mittelterrassen- und Niederterrassenschottern. Das eine Rinnensystem ist nach Westen gerichtet (Untere Werre, Else, Hase), das andere erstreckt sich von Süd nach Nord (Obere Werre, Bega).</i></p> <p><i>Kennzeichen: Die Mächtigkeiten der pleistozänen Ablagerungen liegen im Allgemeinen bei 25 – 30 m. Bereichsweise können diese jedoch auch über 70 m betragen. Die größten Mächtigkeiten sind an Subrosionssenken gebunden, die sich über im Untergrund anstehenden gips- und salzhaltigen Gesteinen des Zechsteins, des Keupers und des Muschelkalks gebildet haben.</i></p> <p><i>Die pleistozänen Ablagerungen bestehen aus mäßig bis hoch durchlässigen Sand- und Kiesablagerungen. In diesen sind schluffig-tonige Ablagerungen von Grundmoräne und Beckenton eingeschaltet. Diese reduzieren die wasserwirtschaftlich nutzbare Mächtigkeit erheblich. Besonders im Bereich von Subrosionssenken erreichen die feinklastischen Sedimente große Mächtigkeiten. Hier schalten sich auch humose Einlagerungen ein. Der das Grundwasser prägende Gesteinschemismus ist silikatisch.</i></p> <p><i>Charakter: Die Talauen der Hase, der Else und der unteren Werre folgen tief eingeschnittenen Rinnen, die mit kiesigen, sandigen und tonigen Sedimenten des Quartärs aufgefüllt sind. Im Rinnentiefsten kommen bereichsweise Sande und Kiese der Elster-Kaltzeit vor. Relikte der Holstein-Warmzeit sind weit verbreitet. Grundmoränenkörper als Geringleiter können örtlich bis zu 20 m mächtig werden. Wo diese Trennschicht fehlt, bilden die mittelpleistozänen Schotter mit den Niederterrassensedimenten einen zusammenhängenden Grundwasserleiter. Hase und Else bilden die Vorflut für den Grundwasserstrom aus dem umgrenzenden Festgestein.</i></p> <p><i>Die Werre-Senke ist durch konkurrierende Nutzungsansprüche zwischen Kiesgewinnung und Wassergewinnung geprägt. Wasserwirtschaftlich ist sie von überregionaler Bedeutung. Umliegende Städte wie Bad Salzflen, Herford und Lage werden durch Entnahmen aus dem pleistozänen Grundwasserleiter versorgt. Das Grundwasser fließt generell von den seitlich begrenzenden Festgesteinsgebieten von Südwesten und Nordosten zu. Die Grundwasseroberfläche liegt, außer an den Rinnenrändern, fast ausnahmslos nur wenige Meter unter Gelände.</i></p> <p><i>Teilweise weist der pleistozäne Grundwasserleiter eine hydrochemische Schichtung mit Süßwasser über Salzwasser auf. Das Salzwasser steigt an Störungssystemen aus dem Untergrund auf.</i></p>
Hydrogeologischer Großraum 05, Mitteldeutsches Bruchschollenland
Hydrogeologischer Raum 051, Nordwestdeutsches Bergland
<p>Teilraum 5109 Herford-Hamelner Bergland:</p> <p><i>Definition: Bergland mit an der Oberfläche ausstreichenden Muschelkalk- und Keuper-Schichten. Es wird durch die Talungen der Weser im Norden, der Werre und der Bega im Nordwesten und Südwesten begrenzt.</i></p> <p><i>Kennzeichen: Wechsel zwischen Kluftgrundwasserleitern und Grundwassergeringleitern des Muschelkalks und des Keupers. Wichtige Grundwasserleiter bilden der Trochitenkalk sowie die dolomitisch ausgebildeten, stark geklüfteten, kiesigen Tonsteine des Steinmergelkeupers. Die Durchlässigkeit des Gebirges schwankt zwischen sehr gering bis mäßig. Der das Grundwasser prägende Gesteinschemismus ist silikatisch bis karbonatisch</i></p> <p><i>Charakter: Der Hollenhagener – Steinbründorfer Sattel ist das prägende geologische und hydrogeologische Element. Im Sattelkern bildet der stark zerklüftete und verkarstete Trochitenkalk den Grundwasserleiter. Zum Rand hin bilden die Gesteine des Steinmergelkeupers einen mäßig ergiebigen Kluftaquifer. Schichten des Lias in der Umrandung führen nur im oberflächennahen Auflockerungsbereich Wasser.</i></p> <p><i>Die Schichten des Steinmergelkeupers führen örtlich Grundwasser mit erhöhten Sulfatgehalten. Der Sulfatschwefel stammt aus den im Liegenden anstehenden Gipsgesteinen des Gipskeupers. Im tieferen Untergrund ist Salzwasser verbreitet, welches auf Störungszonen bis in Oberflächennähe aufsteigt.</i></p>
Hydrogeologischer Großraum 05, Mitteldeutsches Bruchschollenland
Hydrogeologischer Raum 051, Nordwestdeutsches Bergland
<p>Teilraum 5105 Herforder Mulde:</p> <p><i>Definition: Flache, W – O streichende Muldenstruktur nördlich des Wiehengebirges und westlich von Herford. Ton und Tonmergelsteine des Lias, lückenhaft überdeckt von Schmelzwasserablagerungen oder Löss.</i></p> <p><i>Kennzeichen: Wenig ergiebiger Grundwassergeringleiter von geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit. Der das Grundwasser prägende Gesteinschemismus ist silikatisch.</i></p> <p><i>Charakter: Wenig ergiebiger Grundwassergeringleiter von geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit. Der das Grundwasser prägende Gesteinschemismus ist silikatisch.</i></p>

Die benannten Schichtkomplexe können überdies auch gemäß ihren geochemischen Gesteinstypen eingestuft werden (s. Abbildung 14). Die geochemischen Gesteinstypen sind für die natürlichen/geogenen Inhaltsstoffe des Grundwassers verantwortlich.

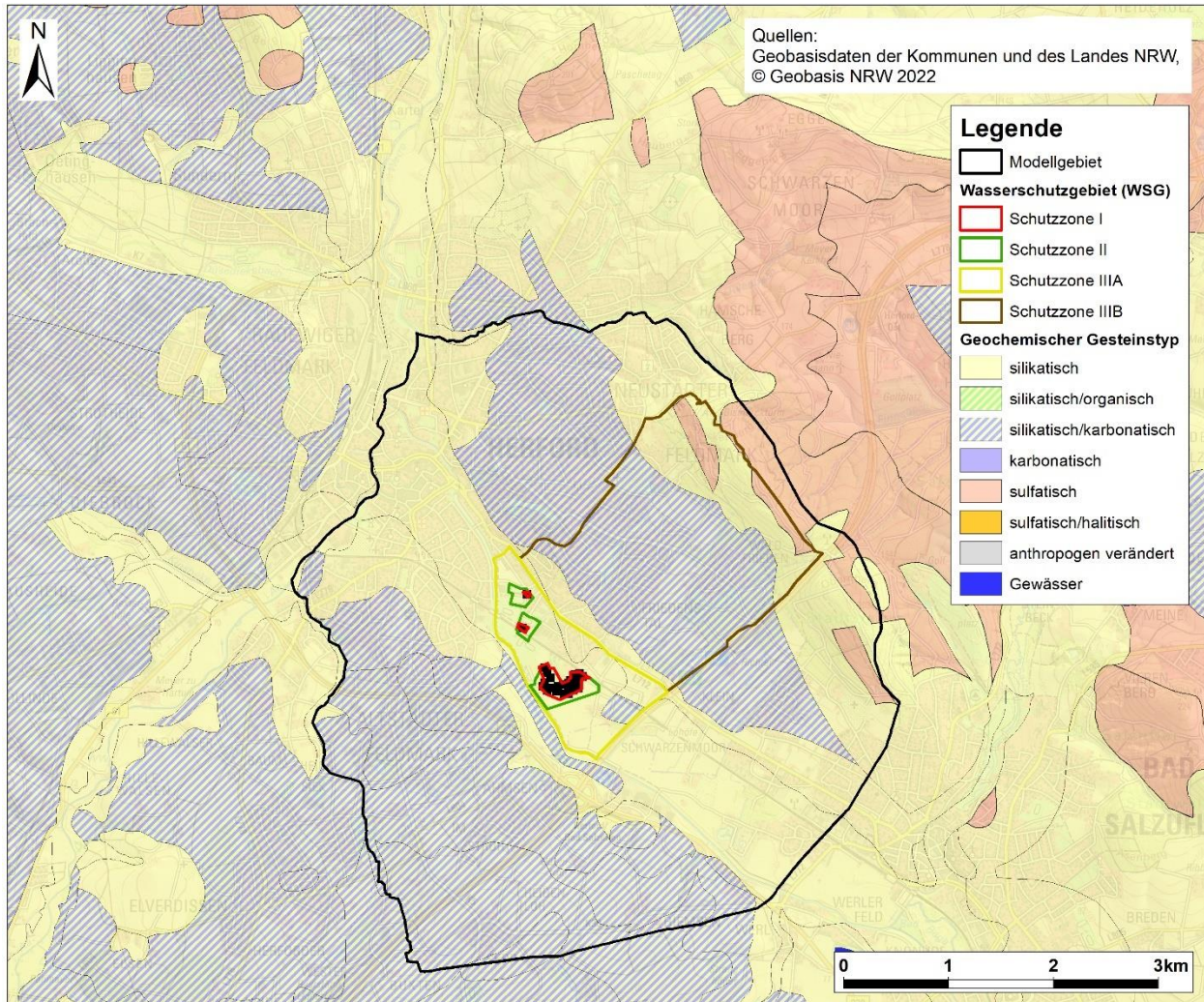


Abbildung 14: Geochemischer Gesteinstyp (Hydrogeologische Karte HK 100 [WMS10])

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass insbesondere bei jungen Grundwässern auch eine zusätzliche anthropogene Beeinflussung der Wässer festzustellen ist (z. B. Landwirtschaft, Industrie, Altlasten). Dennoch lassen die Kationen und Anionen, die den Hauptanteil an gelösten Stoffen im Grundwasser ausmachen, Rückschlüsse auf das Bildungsgebiet eines Grundwassers zu. Markante Konzentrationsänderungen liefern diesbezüglich Hinweise auf Veränderungen des Einzugsgebietes oder sind ein Indiz für anthropogen verursachte Änderungen des Grundwasserchemismus. So enthalten z. B. Grundwässer, deren Einzugsgebiet aus Karbonatgesteinen aufgebaut ist, relativ hohe Konzentrationen an Hydrogencarbonat (HCO_3) und entsprechend hohe Härtegrade. In Grundwässern silikatischer Gesteine (z. B. Quartär) spielt Hydrogencarbonat eine untergeordnete Rolle. Ein kontinuierlicher Anstieg an HCO_3 kann hier ein typisches Anzeichen für Nitratabbauprozesse über organische Substanzen als Folge von Düngemiteleinträgen aus der

Landwirtschaft sein. Zunehmende Sulfat- oder Chloridgehalte können ein Merkmal für eine Zu-
mischung von Grundwasseranteilen von Tiefenwässern sein. Z. B. kann Wasser mit hohen Ge-
halten an Chlorid über tiefreichende Störungen aus tiefergelegenen Schichten aufsteigen und in
obere Schichten gelangen.

Aufgrund der unterschiedlichen Trennfugendurchlässigkeiten der Festgesteinsschichten des
Herford-Hamelner Berglands ist eine Zuordnung von Grundwässern zu ihrem Herkunftsgestein
oft schwierig und die chemische Zusammensetzung kann räumlich wie zeitlich deutlichen
Schwankungen unterliegen [U 11].

3.4.3 Grundwasserabhängige Landökosysteme

Der Zustand der grundwasserabhängigen Landökosysteme wird in der EG-WRRl als Kriterium
zur Beurteilung des Grundwasserzustands herangezogen. Die grundwasserabhängigen
Landökosysteme sind in Abbildung 15 dargestellt [U 7].

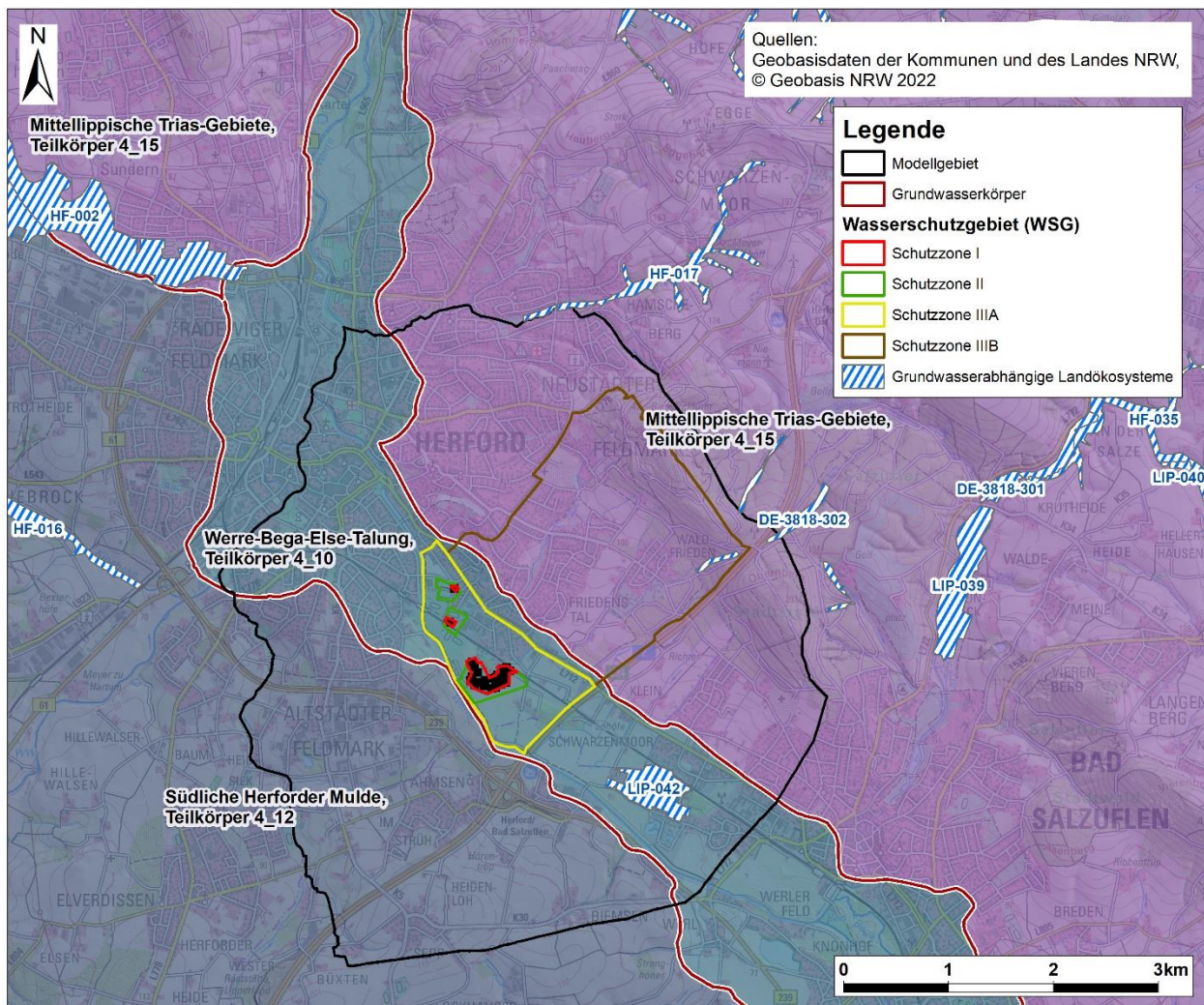


Abbildung 15: Grundwasserabhängige Landökosysteme [U 7]

Demnach sind zwei grundwasserabhängige Landökosysteme teilweise bzw. komplett im Modellgebiet „Herford-Brunnenstraße“ gelegen. Diese grundwasserabhängigen Landökosysteme liegen in großer Entfernung zu den Brunnen der WG Hf.-Brunnenstraße. Das Grundwasserabhängigen Landökosystem DE-3818-302 (Wald nördlich Bad Salzuflen) befindet sich im nordöstlichen Randbereich der Schutzzone 3B des Wasserschutzgebietes. Das zweite grundwasserabhängige Landökosystem innerhalb des Modellgebietes LIP-042 (NSG in der Masch) liegt im Südosten des Modellgebietes außerhalb des Schutzgebietes.

3.4.4 Schutzgebiete

Folgende gemäß EG-WRRL relevanten Schutzgebiete sind vom Vorhaben betroffen:

Gebiete zur Entnahme von Wasser für den menschlichen Gebrauch

Die Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße ist eine seit vielen Jahren bestehende Trinkwassergewinnung. Benachbarte Wassergewinnungen zur WG Herford-Brunnenstraße zur öffentlichen Trinkwasserversorgung innerhalb des Modellgebietes sind nicht vorhanden.

Es besteht eine teilweise Überschneidung des geplanten Heilquellenschutzgebiets Bad Salzuflen mit dem Schutzgebiet Herford-Brunnenstraße (siehe Kapitel 2.6.1, Abbildung 5).

Wasserabhängige EU-Vogelschutzgebiete und FFH-Gebiete

Wasserabhängige EU-Vogelschutzgebiete bestehen nicht.

In der UVP-Vorprüfung der WG Herford-Brunnenstraße erfolgt eine detailliertere Darstellung und Bewertung des am Rande des Modellgebietes gelegenen FFH-Gebiets *Wald nördlich Bad Salzuflen (DE-3818-302)*. Dieses FFH-Gebiet liegt im Grundwasserkörper *Mittellippische Trias-Gebiete (Teilkörper 4_15)*. Die Brunnen der WG Hf.-Brunnenstraße liegen im benachbarten Grundwasserkörper *Werre-Bega-Else-Talung (Teilkörper 4_10)*.

3.5 Zustand und Bewirtschaftungsziele der Wasserkörper

3.5.1 Oberflächenwasserkörper

Die gemäß EG-WRRL von der Grundwasserentnahme der Brunnen der WG Herford-Brunnenstraße potentiell betroffenen Oberflächenwasserkörper sind die Wasserkörper

- Wasserkörper-ID 46_21000 (Werre) mit der Wasserkörperbezeichnung „vom Golfplatz Ottenhausen bis zum Zufluss Düsediecksbach bei der ZKA Herford“
- Wasserkörper-ID 464_0 (Johannisbach) mit der Wasserkörperbezeichnung „Von der Einmündung der Werre in Herford bis Jöllenbecker Str. in Bielefeld“.

In der Tabelle 6 sind die Gesamtbewertungen der potentiell betroffenen Oberflächenwasserkörper zusammengefasst.

Tabelle 6: Bezeichnung und Bewertung der Oberflächenwasserkörper im Umfeld der Brunnen der WG Herford-Brunnenstraße [U 8].

Wasserkörper-ID	Wasserkörperbezeichnung; Gewässername	Gesamtbewertung		
		Ökologisches Potenzial	Chemischer Zustand	Chemischer Zustand ohne ubiquitäre Stoffe
46_21000	vom Golfplatz Ottenhausen bis zum Zufluss Düsediecksbach bei der ZKA Herford, Werre	schlecht	nicht gut	nicht gut
464_0	Von der Einmündung der Werre in Herford bis Jöllnbecker Str. in Bielefeld, Johannisbach/Aa	schlecht	nicht gut	nicht gut

Ökologisches Potenzial

Die eingangs genannten im Umfeld der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße vorkommenden Wasserkörper sind als erheblich verändert eingestuft.

In der **Gesamtbewertung** des ökologischen Potenzials sind die OWK mit **schlecht** eingestuft (s. Tabelle 6).

Die „Allgemeine Degradation“ ist ein Maß für die sogenannte strukturelle Güte eines Flusses oder Baches. Je „degradierter“ ein Gewässer ist, desto weiter sind seine Strukturen, wie z.B. der Verlauf und die Beschaffenheit des Gewässerbetts, vom ursprünglichen natürlichen Zustand entfernt. Die „Allgemeine Degradation“ ist im OWK 46_21000 (Werre) als *schlecht* und im OWK 464_0 (Johannisbach/Aa) als *mäßig* eingestuft.

Die Veränderung der natürlichen Gewässerstrukturen wirkt sich auch auf die Menge und Zusammensetzung des Makrozoobenthos aus. Diese sind am bzw. im Gewässerboden lebende wirbellose Tiere wie Schnecken, Krebse und Insektenlarven.

Das ökologische Potenzial des Makrozoobenthos wird in den OWK 46_21000 (Werre) als *schlecht* und OWK 464_0 (Johannisbach/Aa) als *mäßig* eingestuft.

Auch Fische sind Anzeiger für die strukturelle Güte. Das ökologische Potenzial der Fische wird in den OWK 46_21000 (Werre) als *schlecht* und OWK 464_0 (Johannisbach/Aa) als *unbefriedigend* eingestuft.

Unter den Stoffgruppen des ökologischen Zustands / Potenzials wurden innerhalb der genannten Belastungen der OWK durch folgende Stoffgruppen festgestellt:

- **Wasserkörper-ID 46_21000 (Werre):** Belastungen wurden durch das Metall Kupfer und die gesetzlich nicht geregelten Metalle Barium (H), Kupfer, Mangan und Titan festgestellt.
- **Wasserkörper-ID 46_21000 (Werre):** Belastungen wurden durch das PSM Imidacloprid und die gesetzlich nicht geregelten PSM Desphenyl-chloridazon, Metazachlor ESA und Methyl-desphenylchloridazon festgestellt.
- **Wasserkörper-ID 46_21000 (Werre):** Belastungen wurden durch die gesetzlich nicht geregelten sonstigen Stoffe 10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarb-amazepin, 4-Acetamidoantipyrin, 4-Formylaminoantipyrin, Amidotrizoesäure, Amisulprid, Benzo(a)anthracen; Ben-

zo(ghi)-peryleni+Indeno(1,2,3-cd)pyren, Candesartan, Desvenlafaxin, Diclofenac, Gabapentin; Indeno(1,2,3-cd)pyren, Lamotrigin, Metformin, Metoprololsäure, Pyren, Tramadol, Valsartan und Valsartansäure festgestellt.

- **Wasserkörper-ID 464_0 (Johannisbach/Aa):** Belastungen wurden durch die Metalle Kupfer und Zink sowie die gesetzlich nicht geregelten Metalle Bor, Kupfer, Mangan, Titan und Zink festgestellt.
- **Wasserkörper-ID 464_0 (Johannisbach/Aa):** Belastungen wurden durch die PSM Imidacloprid und Mecoprop sowie die gesetzlich nicht geregelten PSM Desphenyl-chloridazon, Metazachlor ESA und Metazachlorsulfonsäure Na-Salz festgestellt.
- **Wasserkörper-ID 464_0 (Johannisbach/Aa):** Belastungen wurden durch die gesetzlich nicht geregelten sonstigen Stoffe amazeprin, 4-Acetamidoantipyrin, 4-Formylaminoantipyrin, Amidotrizoesäure, Amisulprid, Benzo(a)anthracen, Benzo(ghi)-peryleni+Indeno(1,2,3-cd)pyren, Bisoprolol, Candesartan, Clarithromycin, Desvenlafaxin, Diclofenac, Furosemid, Gabapentin, Ibuprofen, Indeno(1,2,3-cd)pyren, lomeprol, Iopamidol, Lamotrigin, Metformin, Metoprololsäure, Pregabalin, Pyren, Tramadol, Valsartan, Valsartansäure und Venlafaxin festgestellt.

Chemischer Zustand

In der **Gesamtbewertung** des chemischen Zustands, inklusive der ubiquitären Stoffe, sind beide potentiell betroffenen Wasserkörper als **nicht gut** eingestuft. Nicht nur in Nordrhein-Westfalen sind die Umweltqualitätsziele für ubiquitäre Stoffe aus der Liste der prioritären und prioritär gefährlichen Stoffe flächendeckend überschritten und prägen den chemischen Zustand der Oberflächenwasserkörper als „nicht gut“. In der Richtlinie 2013/39/EU (zur Änderung der Richtlinien 2000/60/EG und 2008/105/EG in Bezug auf prioritäre Stoffe im Bereich der Wasserpolitik) ist in Art. 8 a festgelegt, dass die Mitgliedsstaaten die Informationen über den chemischen Zustand für sogenannte „ubiquitäre“ prioritäre Stoffe und „nicht ubiquitäre“ Stoffe getrennt darstellen können. Werden nur die nicht ubiquitären Stoffe betrachtet, wird der chemische Zustand der potentiell betroffenen Wasserkörper aber ebenfalls als **nicht gut** eingestuft (s. Tabelle 6).

Unter den Stoffgruppen des chemischen Zustands sowie den allgemeinen Chemisch-Physikalischen-Parametern (ACP) sind innerhalb der potentiell betroffenen OWK-Belastungen vorhanden:

- **Wasserkörper-ID 46_21000 (Werre):** Belastungen wurden durch die sonstigen Stoffe Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(ghi)perylen und Fluoranthren.
- **Wasserkörper-ID 46_21000 (Werre):** Belastungen wurden durch die ACP Ammoniak-Stickstoff; Ammonium-Stickstoff, Chlorid, Eisen; Gesamtphosphat-Phosphor, Organischer Kohlenstoff, gesamt (TOC) und Wassertemperatur festgestellt.
- **Wasserkörper-ID 464_0 (Johannisbach/Aa):** Belastungen wurden durch das Metall Quecksilber festgestellt.
- **Wasserkörper-ID 464_0 (Johannisbach/Aa):** Belastungen wurden durch die PSM cis-

Heptachlorepoxyd; Heptachlorepoxyd, cis und trans und die Summe Heptachlor plus Heptachlorepoxyde festgestellt.

- **Wasserkörper-ID 464_0 (Johannisbach/Aa):** Belastungen wurden durch sonstigen Stoffe 2,2',4,4',5,5'-Hexa-brombiphenylether, 2,2',4,4',5,6'-Hexabrombiphenylether, 2,2',4,4',6-Pentabrombiphenylether, 2,2',4,4'-Tetrabrombiphenylether, 2,4,4-Tribromdiphenylether, Benzo(a)pyren, Benzo(ghi)perylen, Fluoranthen, Perfluoroktansulfonsäure inkl. Isomere und die Summe polybromierte Diphenylether festgestellt.
- **Wasserkörper-ID 464_0 (Johannisbach/Aa):** Belastungen wurden durch die ACP Ammonium-Stickstoff, Gesamtphosphat-Phosphor, Nitrit-Stickstoff und Orthophosphat-Phosphor festgestellt.

Die Belastung der Werre mit Chlorid hat ihren Ursprung maßgeblich in Soleeinleitung in die Salze, die über die Bega in die Werre entwässert.

Wesentliche Gewässerbelastungen

Nach Bewirtschaftungsplan [U 8] stammen die Belastungen aus der Landwirtschaft und aus den Siedlungsgebieten. Hier sind es überwiegend die Nährstoffe aus der Düngung, aus den Kläranlagen und aus den Regen- und Mischwassereinleitungen. Im Hinblick darauf, dass mehrere große kommunale Kläranlagen in die Gewässer der Planungseinheit einleiten, sind auch in erheblichem Umfang Mikroverunreinigungen vorhanden. Ein großer Teil der Gewässer ist durch den Menschen stark verändert. Die Gewässer wurden technisch ausgebaut und haben deswegen eine schlechte Struktur. Es gibt viele Wanderhindernisse für die Bewohner der Bäche, wie z.B. das im Modellgebiet liegende Wehr an der Werre am *Berger Tor*.

Die Gewässer in den Städten und bebauten Gebieten sind besonders stark beansprucht. Sie sind teilweise in Beton gefasst oder unter die Erde gelegt. Eine Renaturierung ist aus Platz- und Kostengründen gegenwärtig nicht überall möglich. Durch die Siedlungsschwerpunkte entlang der Werre ist die Belastung aus der Stadtentwässerung hoch. In der Planungseinheit PE_WES 1300 werden aus kommunalen Kläranlagen die gereinigten Abwässer von etwa 600.000 Einwohnerwerten eingeleitet, so u.a. auch durch die im unmittelbaren Anstrom zum Modellgebiet liegende Kläranlage Bad Salzuflen. Einige große Industriebetriebe leiten direkt in anliegende Gewässer ein.

Der Anteil der befestigten Flächen ist in den Städten besonders groß. Eine Versickerung des Regenwassers ist teilweise möglich, überwiegend wird es aber über die Kanalisation in die Gewässer eingeleitet. Mit dem Regenwasser gelangen Schadstoffe z.B. von Verkehrs- und Parkflächen (Reifenabrieb, Schmierstoffe etc.) in die Gewässer. Je nach Örtlichkeit und Menge können diese Einleitungen die Gewässer zumindest temporär qualitativ beeinträchtigen.

Bewirtschaftungsziele

Gemäß des Bewirtschaftungsplans des Landes NRW [U 8] gelten für die zwei eingangs genannten Oberflächenwasserkörper die folgenden Bewirtschaftungsziele:

- Die Wasserkörper sind als erheblich verändert bzw. künstlich angelegt eingestuft, so dass das gute ökologische Potential sowie der gute chemische Zustand zu erreichen

sind.

- Darüber hinaus soll die Verschmutzung der Gewässer mit prioritären Stoffen reduziert und Einleitungen von prioritär gefährlichen Stoffen (Phasing-out) ganz eingestellt werden.
- Generell gilt ein Verschlechterungsverbot für alle Wasserkörper.

In Tabelle 7 sind die Bewirtschaftungsziele und Maßnahmen der potentiell betroffenen Oberflächenwasserkörper zusammengefasst.

Das gute ökologische Potenzial im OWK 46_2100 (Werre) ist bis 2045 zu erreichen und das des OWK 464_0 (Johannisbach/Aa) bis 2039 (jeweils Fristverlängerung). Der gute chemische Zustand ohne Berücksichtigung der ubiquitären Stoffe im OWK 2100 (Werre) und im OWK 464_0 (Johannisbach/Aa) sind bis 2039 zu erreichen (jeweils Fristverlängerung) (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Bewirtschaftungsziele und Maßnahmen für die potentiell betroffenen Oberflächenwasserkörper

Wasserkörper-ID	Bewirtschaftungsziele		Maßnahmen zur Reduzierung von Belastungen durch			
	Gutes ökologisches Potenzial	Guter chemischer Zustand ohne Berücksichtigung der ubiquitären Stoffe	Punktquellen	Diffuse Quellen	Abflussregulierungen und morphologische Veränderungen	Konzeptionelle Maßnahmen
46_2100	2045	2039	4, 5, 9, 10a, 10b, 11a, 11b	29, 30, 32	69, 71, 72	504
464_0	2039	2039	4, 5, 10a, 10b, 10a	29, 30, 32	69, 71, 72,	504, 508

Gemäß dem „Bewirtschaftungsplan 2022-2027: Steckbriefe der Planungseinheiten im Teileinzugsgebiet Weser/Weser Nord“ und dem „Maßnahmenprogramm NRW 2016-2021“ [U 8] sind in den eingangs genannten Oberflächenwasserkörpern die in Tabelle 7 aufgelisteten und im Folgenden näher beschriebenen Maßnahmentypen zur Reduzierung der Belastungen aus Punktquellen angesetzt:

- Maßnahmen 4 und 5: Ausbau der KAn Bielefeld-Brake, Lage und Bad Salzuflen mit einer Reinigungsstufe zur Elimination von Spurenstoffen Umsetzung bis 2030) und Optimierung der Stickstoff- und Phosphorelimination der KAn, Lage, Leopoldshöhe-Heipke, Bad Salzuflen, Herford (Umsetzung bis 2024) und Bielefeld-Brake (Umsetzung bis 2030).
- Maßnahme 9: Sanierung nach SüwVO Abw und Betriebserlass zur Reduzierung der Einflüsse öffentlicher und privater Abwassernetze (hohe Fremdwasserbelastung MW-Netz) (Bad Salzuflen, Lage, Herford, Leopoldshöhe) (Umsetzung 2027).
- Maßnahme 10a: Umsetzung der NBK- und der immissionsseitigen Anforderungen, Neu-

bau von RRB im Mischsystem, Neubau von RBF im Mischsystem (Bielefeld, Bad Salzuflen, Lage, Herford, Leopoldshöhe) (Umsetzung 2027).

- Maßnahme 10b: Neubau von RKB und RRB im Trennsystem, Umsetzung Trennerlass, Umsetzung der Maßnahmen aus NBK sowie der immissionsorientierten Maßnahmen, dezentrale Anlagen zur RW-Behandlung an Belastungsschwerpunkten (Bielefeld, Bad Salzuflen, Lage, Herford, Leopoldshöhe) (Umsetzung 2027).
- Maßnahme 10b: PGMN auf Basis des NBK von Straßen NRW vom Mai 2021 (Umsetzung 2033).
- Maßnahme 11a: Optimierung der Entlastungsbauwerke im Mischsystem durch geänderte Drosseleinstellungen, Verbesserung der Sedimentation bei Durchlaufbecken (Bielefeld, Bad Salzuflen, Lage, Herford, Leopoldshöhe) (Umsetzung 2027).
- Maßnahme 11b: Verbesserung der Sedimentation bei ständig gefüllten Regenklärbecken, Erhöhung der Weiterleitungsmenge zur Behandlung (Bad Salzuflen, Lage, Herford, Leopoldshöhe) (Umsetzung 2027).

Maßnahmen 29, 30, 32 zur Reduzierung der Belastungen durch diffuse Quellen (PBSM, Nährstoffe und Feinmaterial) aus der Landwirtschaft:

- Ergreifen von erosions- und abschwemmungsmindernden Maßnahmen nach Vorgaben der Landwirtschaftskammer (LWK) (Umsetzung bis 2027).
- Maßnahmenausbringung bedingt durch die Anforderungen der EU-Meeresschutzstrategie richtlinie. Maßnahmenkonkretisierung erfolgt durch die LWK (Umsetzung bis 2027).
- Überschreitung von Landwirtschaftlich zugelassenen PBSM, bei gleichzeitiger landwirtschaftlicher Umlandnutzung. Maßnahmenkonkretisierung in Abstimmung mit der Landwirtschaftskammer (Umsetzung bis 2027).

Zur Reduzierung der Belastungen durch Abflussregulierungen und morphologischen Veränderungen gibt es die folgenden Maßnahmentypen:

- Maßnahme 69: Maßnahmen zur Herstellung/Verbesserung der linearen Durchgängigkeit. Die Umsetzung erfolgt durch die gesetzlich Verpflichteten nach § 34 WHG. Ein Maßnahmenbedarf besteht an folgenden Durchgängigkeitshindernissen (Stand 2020): qbw_2351 qbw_2345 (Umsetzung bis 2027) qbw_5971 qbw_2570 qbw_21728 qbw_2574 qbw_2575 qbw_2568 (Umsetzung bis 2039). Die zugehörigen Maßnahmenübersichten gem. § 74 LWG können unter <https://www.bezreg-detmold.nrw.de/> eingesehen werden.
- Maßnahme 71: Die zugehörigen Maßnahmenübersichten gem. § 74 LWG können unter <https://www.bezreg-detmold.nrw.de/> eingesehen werden (Umsetzung bis 2039).
- Maßnahme 72: Die zugehörigen Maßnahmenübersichten gem. § 74 LWG können unter <https://www.bezreg-detmold.nrw.de/> eingesehen werden (Umsetzung bis 2039).

Bezüglich Beratungsmaßnahmen gibt es die folgenden Maßnahmentypen:

- Maßnahme 504: Beratung zur Reduzierung von Einträgen von N, P und Feinmaterial

durch die LWK sowie die Beratung zur Reduzierung von PBSM-Einträgen durch die LWK (Umsetzung bis 2027).

- Maßnahme 508: Herkunft PFOS klären (Umsetzung bis 2024).

Die Betrachtung der Wirkfaktoren sowie die Bewertung der Vereinbarkeit des Vorhabens im Hinblick auf die Bewirtschaftungsziele der WRRL hinsichtlich der Oberflächenwasserkörper erfolgen im Kapitel 10.

3.5.2 Grundwasserkörper

Im Modellgebiet bestehen die in der nachfolgenden Tabelle 8 mit ihren aktuellen Bewertungen aufgelisteten Grundwasserkörper [U 7]. Die Abgrenzungen wurden bereits in Kapitel 3.4.2 vorgestellt. Die Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße liegen im Bereich des GWK_4_10 Werre-Bega-Else-Talung. Dieser grenzt im Nordosten an den GWK 4_15 Mittellippische Trias-Gebiete und im Südwesten an den GWK 4_12 Südliche Herforder Mulde (vgl. Anlage 1.10).

Tabelle 8: Bezeichnung und Bewertung der Grundwasserkörper im Modellgebiet

Wasser- körper- ID	Name des Grundwasserkörpers	Gesamtbewertung und Trends		
		Mengenmäßiger Zustand	Chemischer Zustand	Maßnahmenre- levante Trends
4_10	Werre-Bega-Else-Talung	gut	gut	nein
4_12	Südliche Herforder Mulde	gut	gut	nein
4_15	Mittellippische Trias-Gebiete	gut	gut	ja

Chemischer Zustand

Die im Umfeld der Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße bestehenden Grundwasserkörper GWK_4_10 *Werre-Bega-Else-Talung*, 4_12 *Südliche Herforder Mulde* und 4_15 *Mittellippische Trias-Gebiete* weisen einen guten mengenmäßigen und chemischen Zustand auf. Die Bewirtschaftungsziele wurden 2021 erreicht. Für die Grundwasserkörper GWK_4_10 *Werre-Bega-Else-Talung* und 4_12 *Südliche Herforder Mulde* weisen keine maßnahmenrelevante Trends auf. Der Grundwasserkörper 4_15 *Mittellippische Trias-Gebiete* weist einen maßnahmenbezogenen Trend auf, der durch den Eintrag hoher Nährstofffrachten infolge der landwirtschaftlichen Nutzung begründet werden kann. Der Schwellenwert des Flächenkriteriums wird nicht erreicht, dennoch ist ein deutlicher Anstieg der Nitratgehalte in den Brunnen festzustellen.

Weiterführende Betrachtungen zum chemischen Zustand im Grundwasserleiter sind dem Kapitel 5.6 zur Grundwasserbeschaffenheit zu entnehmen.

Mengenmäßiger Zustand

Der mengenmäßige Zustand der drei im Modellgebiet vorkommender Grundwasserkörper ist gut. Im Modellgebiet wurde dies mit einer Trendanalyse des Grundwasserspiegels und der Aufstellung einer Wasserbilanz nachgewiesen. Langjährige nachhaltige Bewirtschaftungsgrundsätze bewirkten den Ausgleich zwischen Dargebot und Nutzung der Grundwasserleiter. Durch diese schonende Nutzung sind auch die im Untersuchungsgebiet vorhandenen grundwasserabhängigen Ökosysteme im Bestand nicht gefährdet.

Bewirtschaftungsziele

Im Bereich der Förderbrunnen Herford-Brunnenstraße sind die Grundwasserkörper GWK_4_10 *Werre-Bega-Else-Talung*, 4_12 *Südliche Herforder Mulde* und 4_15 *Mittellippische Trias-Gebiete* verbreitet. Gemäß des Bewirtschaftungsplans des Landes NRW [U 8] gelten für die drei Grundwasserkörper die folgenden Bewirtschaftungsziele:

- Bei den Grundwasserkörpern sind der gute mengenmäßige und der gute chemische Zustand zu erreichen.
- Bei signifikant steigenden Schafstofftrends im Grundwasser ist die Trendumkehr ein weiteres Ziel.
- Generell gilt ein Verschlechterungsverbot aller Wasserkörper.

In Tabelle 9 sind die Bewirtschaftungsziele und Maßnahmen der drei betroffenen Grundwasserkörper zusammengefasst.

Tabelle 9: Bewirtschaftungsziele und Maßnahmen für die betroffenen Grundwasserkörper

Wasserkörper-ID	Bewirtschaftungsziele		Maßnahmen zur Reduzierung von Belastungen durch diffuse Quellen	Konzeptionelle Maßnahmen
	Guter mengenmäßiger Zustand	Guter chemischer Zustand		
4_10	bis 2021	bis 2021	41	504
4_12	bis 2021	bis 2021	Keine Maßnahmen geplant.	
4_15	bis 2021	bis 2021	41, 43	504

Der zu erreichende gute mengenmäßige Zustand wurde in allen drei betroffenen Grundwasserkörpern erreicht (vgl. Tabelle 9).

Gemäß dem „Bewirtschaftungsplan 2022-2027: Steckbriefe der Planungseinheiten im Teileinzugsgebiet Weser/Weser Nord“ sind in zwei Grundwasserkörpern die in Tabelle 9 aufgelisteten und im Folgenden näher beschriebenen Maßnahmentypen angesetzt:

Maßnahme 41: Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft durch Auswaschung: Es gibt eine Nitrat-Belastung; bezüglich der Überschreitung des Schwellenwertes wird das Flächenkriterium jedoch nicht erreicht. In Bezug auf die Wasserversorgung zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Nitratgehalte in Brunnen. Es sind landwirtschaftliche Maßnahmen zur Reduzierung der auswaschungsbedingten Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft durchzuführen und Maßnahmen zur Trendumkehr zu ergreifen (Umsetzung bis 2027).

Maßnahme 43: Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge durch besondere Anforderungen in Wasserschutzgebieten: In den Wasserschutz- bzw. Einzugsgebieten sind aufgrund hoher Nährstoffgehalte im Grundwasserleiter spezifische landwirtschaftliche Wasserschutzmaßnahmen umzusetzen. Gerade in den Brunnen stiegen die Nitratgehalte signifikant an (Umsetzung bis 2027).

Maßnahme 504: Es sind aufgrund hoher Nitratbelastungen landwirtschaftliche Beratungsmaßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge im Bereich außerhalb der Kooperationen durchzuführen (Umsetzung bis 2027).

4 Regionalgeologischer Überblick

Die Stadt Herford liegt im Naturraum Ostwestfälischen Hügelland. Das Ostwestfälische Hügelland besteht im Wesentlichen aus Tonmergel-, Kalk- und Sandsteinen des Erdmittelalters (Trias, Jura, Kreide). Diese insgesamt 1.000 bis 2.000 m mächtigen Sedimente wurden im Verlauf der Erdgeschichte herausgehoben und durch gebirgsbildende Vorgänge in zahlreiche Sättel, Mulden, Horste und Gräben zerlegt. In diesem Bruchfaltengebirge sind die ehemals ungestört übereinander folgenden Gesteinsschichten heute nebeneinander oder gar in überkippter Lagerung angeordnet. Im tieferen Untergrund sind die Gesteine des Erdaltertums (Devon, Karbon, Zechstein) anzutreffen. Lockergesteine des Eiszeitalters (Sand, Kies, Löss, Geschiebemergel) sind hauptsächlich in den Übergangsbereichen zur Westfälischen Bucht, zur Norddeutschen Tiefebene und in den Tälern vorhanden [U 9].

Eine geologische Übersicht des Untersuchungsgebietes der WG Herford-Brunnenstraße anhand der geologischen Karte (GK100) ist in Abbildung 16 dargestellt. Jura und Keuper sind an einer das Untersuchungsgebiet von NW nach SE verlaufenden Störungszone (zugehörig zur „Werretal-Störungszone“) gegeneinander versetzt. Stratigraphisch erstrecken sich die jurassischen Schichten vom Unteren Hettangium im Ortsteil Stuckenberg bis zum Carixium am südwestlichen Gebietsrand und bauen damit beiderseits des Werretals den Untergrund auf. Nur im Nordosten (am Stuckenberg) wird der Untergrund aus triassischen Gesteinen (Keuper) gebildet.

Die quartären Einheiten sind weitgehend an die Werretal-Niederung gebunden. Sie bestehen aus periglazialen und glazialen Sedimenten in unregelmäßiger Wechsellagerung leitender und hemmender Schichten. Zu den Seiten der Werre verzahnen sich die Niederterrassen- und Talauen-Sedimente mit den drenthezeitlichen Vorschütt-sedimenten, dem Grundmoränenmaterial und den Nachschütt-sedimenten. Diese überlagern das Festgestein.

Die Mächtigkeit der quartären Schichten ist regional sehr unterschiedlich. Die größten Mächtigkeiten (10 – 15 m) werden im Bereich der Förderanlage des Wasserwerkes Brunnenstraße erreicht. Diese Zone mit Quartärmächtigkeiten um 10 m zieht sich entlang der Werre. Zu den Seiten hin nimmt sie schnell ab. Oberflächennah treten fast überall grundwasserhemmende Deckschichten mit Mächtigkeiten zwischen 1 und 3 m auf.

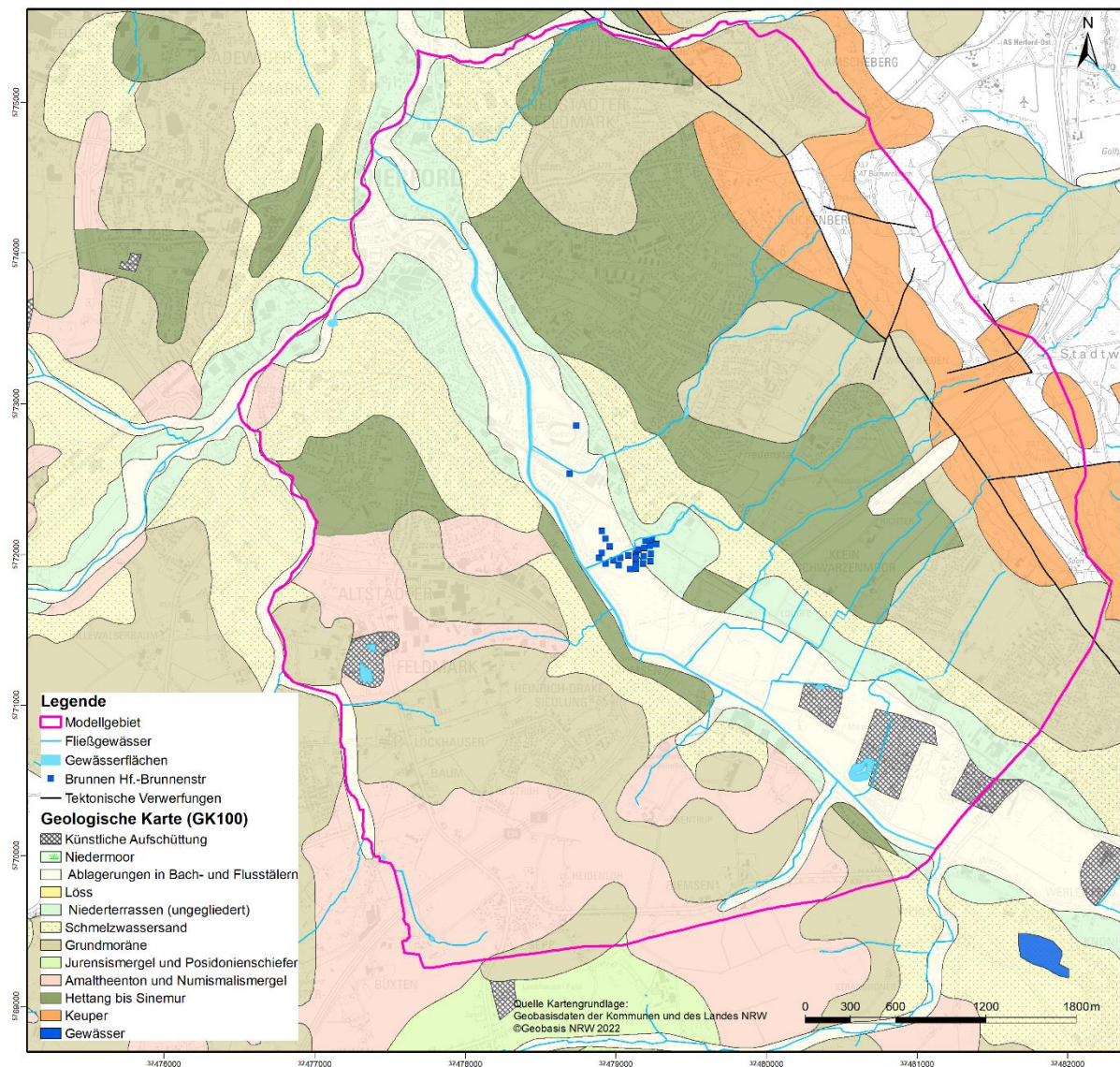


Abbildung 17: Geologische Karte (GK100) mit Lage des Modellgebiets [WMS 9]

5 Hydrogeologische Verhältnisse

Innerhalb des Modellgebiets sind im Wesentlichen die hydrogeologischen Teilräume „Herford-Hamelner Bergland (5109)“, „Hase-Else-Werre-Talaue (5121)“ sowie „Herforder Mulde (5105)“ voneinander zu unterscheiden [U 10]. Diesen werden die folgenden Grundwasserleiter zugeordnet (siehe auch Abbildung 13, Kapitel 3.4.2):

Grundwasserkörper „Mittellippische Trias-Gebiete“ (4_15)

- lokal ergiebiger triaszeitlicher Kluftgrundwasserleiter mit geringen bis mäßigen Durchlässigkeiten
- guter mengenmäßiger und chemischer Zustand (3. Monitoringzyklus 2013 – 2018, ELWAS-WEB)

Grundwasserkörper „Werre-Bega-Else-Talung“ (4_10)

- sehr ergiebiger quartärzeitlicher Porengrundwasserleiter mit mittleren bis hohen Durchlässigkeiten
- guter mengenmäßiger und chemischer Zustand (3. Monitoringzyklus 2013 – 2018, ELWAS-WEB)

Grundwasserkörper „Südliche Herforder Mulde“ (4_12)

- Wenig ergiebiger jurazeitlicher Kluftgrundwasserleiter mit sehr geringen Durchlässigkeiten
- guter mengenmäßiger und chemischer Zustand (3. Monitoringzyklus 2013 – 2018, ELWAS-WEB)

Bei den Grundwasserkörpern „Mittellippische Trias-Gebiete“ und „Südliche Herforder Mulde“ handelt es sich um Kluftgrundwasserleiter. Im Festgestein wirken sich u. a. die Mächtigkeit und räumliche Verbreitung, die Lagerungsverhältnisse und die Trennfugendurchlässigkeit auf die Grundwasserergiebigkeit aus. Die Durchlässigkeit gegenüber Wasser wird also im Festgestein vornehmlich über den Grad der Zerklüftung als Folge der tektonischen Beanspruchung bestimmt.

Die Entnahme an der WG Herford-Brunnenstraße erfolgt aus dem quartärzeitlichen Grundwasserkörper „Werre-Bega-Else-Talung“. Die WG Herford-Brunnenstraße befindet sich im Bereich der größten Mächtigkeiten der quartären Schichten im Werretal (vgl. Anlage 3.2). Die Filterstrecken der 26 Flachbrunnen an der Fassung Brunnenstraße (mittlere Tiefe 13 m) sowie des Brunnens Dennewitzstraße (mittlere Tiefe 10,3 m) und des Brunnens Wiesestraße (mittlere Tiefe 12,2 m) befinden sich im Pleistozän des Werretals und sind auf dieses beschränkt. Die hydrostratigrafische Gliederung im Untersuchungsgebiet ist in Tabelle 10 zusammengestellt.

Tabelle 10: Hydrostratigrafische Gliederung im Modell- bzw. Untersuchungsgebiet

Stratigraphie		Gesteinsbeschreibung		Durchlässigkeit [nach HK100]
Quartär, Holozän	ungegliedert	Kleine Flusstäler in den Hochlagen (f), Bodenauflage	Mittelsand-Grobsand	3 – mittel bis 6 – sehr gering
Quartär, Pleistozän	Weichselkaltzeit	Lössauflage (Hochlagen), Auenlehm (Werretal)(Lo)	Schluff-Feinsand	5 – gering
	Weichselkaltzeit	Niederterrasse, Schmelzwassersande (f/gf)	Sand-Kies	3 – gut bis 4 – mäßig
	Saalekaltzeit	Grundmoräne, Beckenablagerungen (Mg, b)	Schluff(tonig, sandig, kiesig), Schluff-Ton	6 – sehr gering
	Saalekaltzeit	Schmelzwassersande	Feinsand-Grobsand	3 – gut bis 4 – mäßig
Jura	Lias	Ton-, Tonmergel- und Schluffstein mit einzelnen Kalkstein- und Sandsteinlagen	Tonstein, z. T. mergelig, blättrig, bituminös (marin)	VI – sehr gering
Trias	Oberer Keuper	Wechselfolgen: Quarzitischer Sandstein, Lagen von quarzitischem Schluffstein, Schluff-, Ton und Tonmergelstein		V – gering

Als Grundlage für das im Kapitel 6 beschriebene numerische Grundwasserströmungsmodell wurde zunächst ein hydrogeologisches Strukturmodell erstellt, welches den geologischen Schichtaufbau des Modellgebiets vereinfacht wiedergibt. In diesem Zusammenhang wurden u. a. 512 Bohrungen (DABO) und deren Schichtenverzeichnisse ausgewertet [U 3] sowie weitere Kenntnisse zum geologischen Aufbau genutzt ([U 11], [1]). Ein in Südwest-Nordost-Richtung verlaufender Profilschnitt verdeutlicht diesen typischen Schichtaufbau im Modellgebiet (siehe Abbildung 18) im Bereich der WG Herford-Brunnenstraße.

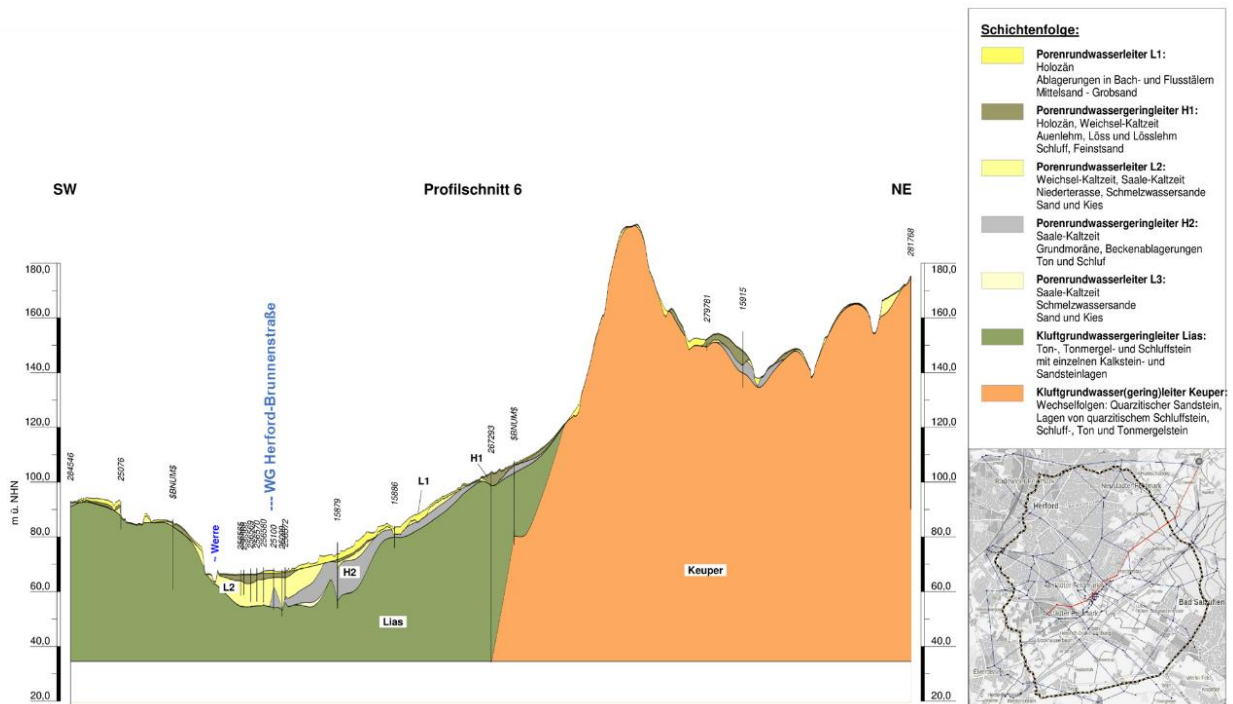


Abbildung 18: Schematischer Profilschnitt, Südwest-Nordost, WG Herford-Brunnenstraße

Die Mächtigkeit der quartärzeitlichen Lockersedimente im Modellgebiet weisen Mächtigkeiten bis etwa 30 m auf (vgl. Anlage 3.2). Die größten Mächtigkeiten liegen dabei im südöstlichen Modellgebiet sowie zentral im Werretal im Bereich der Grundwasserentnahme der WG Hf.-Brunnenstraße. Die Höhenlage der Quartärbasis (vgl. Anlage 3.3) bildet ebenfalls das Werratal nach, mit deutlichen Anstiegen rechts und links der Werre. Die Mächtigkeit und Verbreitung der Grundwasserleiter und Grundwasserhemmer ist in Anlage 3.4 bis Anlage 3.10 zu finden.

5.1 Untergrundverhältnisse an den Standorten der Gewinnungsanlagen

Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße

Die Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße fördern aus den Schichten des quartärzeitlichen Grundwasserleiters (Niederterrasse, Schmelzwassersande), der basal durch die geringleitenden Lockersedimente aus Beckenablagerungen sowie Festgesteine des Lias-Tonsteins begrenzt wird.

Die Oberkante des genutzten Grundwasserleiters liegt im Bereich der Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße zwischen ca. 66 m und 69 m NHN. Die Basis des quartären Grundwasserleiters differiert stark und wird zwischen ca. 58 m NHN (bei HBr. 25) und ca. 54 m NHN (bei HBr. 20) angetroffen. Insgesamt liegt die Basis im Westen der Wassergewinnung (im Bereich der Werre) tiefer als im Osten.

Der genutzte Grundwasserleiter wird von mäßig bis gering durchlässigen, unterschiedlich tonigen Deckschichten überlagert (Lössauflage und Auenlehm). Die Mächtigkeiten sind variabel und erreichen bis 6 m (vgl. Anlage 3.4).

5.2 Förderbrunnen und Fördermengen

Im Modellgebiet sind Förderbrunnen unterschiedlicher Betreiber vorhanden [[U 1][U 2]]. Die folgenden zwei Kapitel geben einen Überblick über die wesentlichen Entnahmen (s. Anlage 1.1).

5.2.1 Brunnenfassungen der WG Herford-Brunnenstraße

Die Stadtwerke Herford GmbH fördert aktuell aus 28 Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße (Br. 1 - Br. 26, Br. Wiesestraße und Br. Dennewitzstraße) Grundwasser zur Versorgung der Einwohner im Verbandsgebiet zum Zwecke des Ge- und Verbrauchs als Trink-, Brauch- und Feuerlöschwasser.

Das Wasserwerksgelände der Stadtwerke Herford GmbH sowie die 28 Brunnenstandorte befinden sich im Bereich der TK25 Blatt 3818 Herford, im südöstlichen Stadtgebiet der Stadt Herford und nordöstlich der Werre.

Die im Antrag näher bezeichneten Grundstücke der Gewinnungsstandorte sind für alle 28 Brunnen im Besitz der Stadtwerke Herford GmbH. Die genauen Katasterangaben sowie weitere Brunnen- und Standortdaten sind der nachfolgenden Tabelle 11 zu entnehmen.

Die wesentlichen Unterlagen zur Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße befinden sich in der Anlage 6 des Erläuterungsberichts (nach [U 2]). Die Lage der 28 Brunnen ist der Anlage 1.1 bis Anlage 1.4 zu entnehmen.

In Bezug zu den Jahressummen wurden seit 2003 Grundwassermengen zwischen 414.893 m³ (2007) und 843.940 m³ (2004) entnommen. An der Heberanlage an der Brunnenstraße wurden seit 2003 zwischen 195.550 m³ (2007) und 493.600 m³ (2004) entnommen. Am Brunnen Wiesestraße wurden seit 2003 zwischen 87.500 m³ und 206.730 m³ sowie am Brunnen Dennewitzstraße zwischen 43.030 m³ und 163.300 m³ entnommen.

Im Trockenjahr 2018 (s. Kapitel 2.7.1) wurde im Verhältnis eine unterdurchschnittliche Fördermenge mit einer Entnahme von 453.790 m³ erreicht. Ein genereller Trend der Entnahmemengen lässt sich im Betrachtungszeitraum nicht ableiten. Eine Gegenüberstellung der Grundwasserentnahmen und dem im Rahmen der Bedarfsanalyse und -prognose ermittelten Wasserbedarf, der durch die Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße zu decken ist, erfolgt im Rahmen der Bedarfsanalyse ([U 11] bzw. Anhang 5).

Tabelle 11: Lage- und Kenndaten der Brunnenfassungen

Benennung	Gemarkung	Flur	Flurstück	Koordinaten (UTM)		Angaben zu den Brunnen			
				Rechts	Hoch	GOK [m NHN]	MPH [m NHN]	Filteroberkante [m NHN]	Filterunterkante [m NHN]
Br. 1	Herford	61	311	32479133	5772006	67,7	65,7	57,5	54,5
Br. 2	Herford	61	311	32479132	5771981	67,5	67,5	58,2	55,2
Br. 3	Herford	61	311	32479132	5771957	68,4	68,4	59,2	56,2
Br. 4	Herford	61	311	32479132	5771932	67,8	67,8	58,0	55,0
Br. 5	Herford	61	311	32479132	5771907	67,5	67,5	60,4	56,4
Br. 6	Herford	61	311	32479148	5772031	67,9	67,9	58,5	55,5
Br. 7	Herford	61	311	32479188	5772043	67,6	67,6	58,9	55,9
Br. 8	Herford	61	311	32479196	5772089	67,8	67,8	58,7	55,7
Br. 9	Herford	61	311	32479224	5772054	67,7	67,7	58,6	55,6
Br. 10	Herford	61	253	32479081	5771995	67,0	67,0	58,2	55,2
Br. 11	Herford	61	253	32479029	5771976	66,8	66,8	57,9	54,9
Br. 12	Herford	61	253	32478981	5771960	66,8	66,8	59,3	56,3
Br. 13	Herford	61	253	32478930	5771937	66,9	66,9	61,0	58,0
Br. 14	Herford	61	311	32479093	5771902	67,0	67,0	61,0	58,0
Br. 15	Herford	61	311	32479178	5771940	67,7	67,7	61,0	58,0
Br. 16	Herford	61	311	32479227	5771956	67,7	67,7	58,6	55,6
Br. 17	Herford	61	253	32479017	5771926	66,9	66,9	58,3	55,3
Br. 18	Herford	61	311	32479182	5771986	67,6	67,6	58,6	55,6
Br. 19	Herford	61	311	32479231	5772004	67,7	67,7	60,8	57,8
Br. 20	Herford	61	311	32479237	5772097	68,1	68,1	58,3	55,3
Br. 21	Herford	61	311	32479268	5772068	68,1	68,1	58,2	55,2
Br. 22	Herford	61	253	32478886	5771976	66,8	66,8	57,2	54,2
Br. 23	Herford	61	253	32478905	5772012	66,7	66,7	57,9	54,9
Br. 24	Herford	61	253	32478958	5772054	66,5	66,5	61,0	58,0
Br. 25	Herford	61	253	32478929	5772104	66,4	66,4	60,5	57,5
Br. 26	Herford	61	253	32478905	5772154	66,4	66,4	60,8	57,8
Br. Wiesestr.	Herford	36	518	32478736	5772853	66,4	65,7	61,2	58,2
Br. Dennewitzstr.	Herford	62	123	32478691	5772533	66,8	66,7	59,9	56,9

Die Fördermengen der vergangenen 18 Jahre (2003 - 2022) sind, je Entnahmestandort (Heberanlage Brunnenstraße, Brunnen Wiesestraße und Brunnen Dennewitzstraße) in der Abbildung 19 dargestellt.

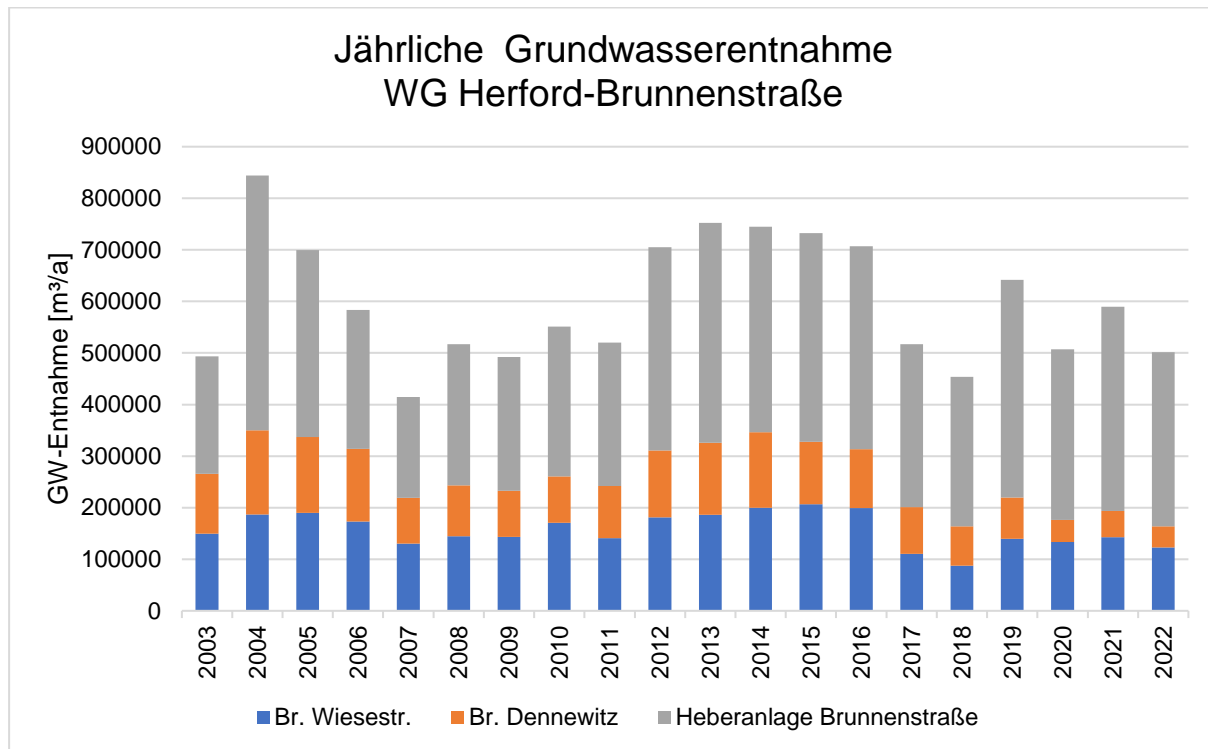


Abbildung 19: Jahresentnahmemengen der Brunnen der WG HF.-Brunnenstraße der Jahre 2003 - 2022

Die Förderung an den einzelnen Brunnen erfolgt bedarfs- und witterungsorientiert. Dies bedeutet, dass es unterschiedlich lange Förderphasen der verschiedenen Brunnen gibt und somit auch die täglichen Fördermengen variieren.

5.2.2 Weitere Grundwasserentnahmen im Untersuchungsgebiet

Die Lage der Wasserrechte im Bereich des Modellgebietes sind Gegenstand der Abbildung 20.

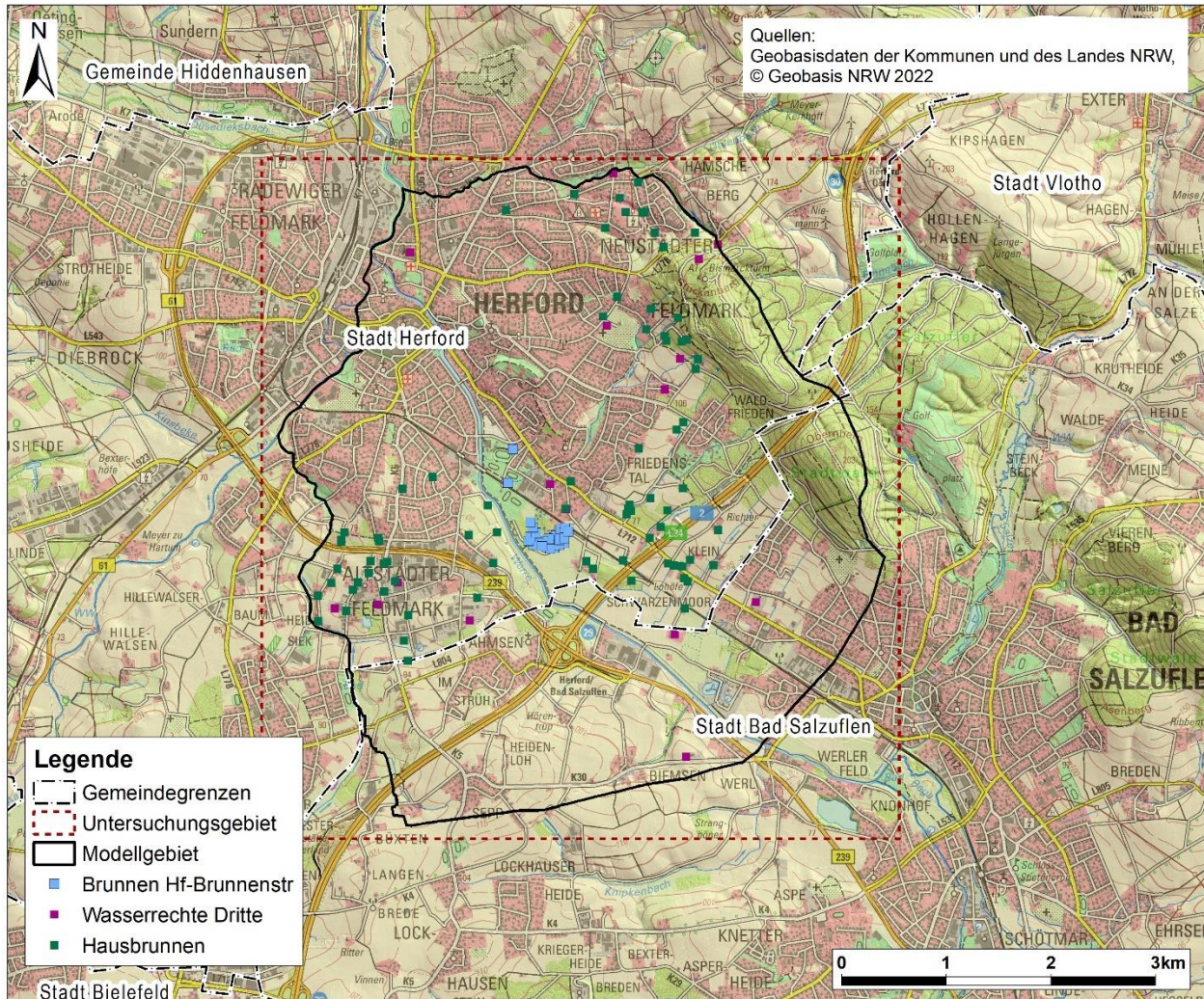


Abbildung 20: Weitere wasserrechtlich genehmigte Grundwasserentnahmen im Modellgebiet

Neben der Stadtwerke Herford GmbH besitzen noch 16 weitere Unternehmen oder Privathaushalte eine wasserrechtliche Genehmigung im Modellgebiet Herford-Brunnenstraße [U 1][U 2][U 5]:

- Brunnen Hochbehälter 4 (HB4) 1 Brunnen; Stadtwerke Herford GmbH, Gemarkung: Schwarzenmoor (derzeit außer Betrieb):
Wasserrechtliche Erlaubnis vom 01.01.2016 in einer Menge von bis zu
 - 6,0 m³/h,
 - 144,0 m³/d,
 - 50.000 m³/a.
- weitere Wasserrechte Dritter (Tabelle 12)

Tabelle 12: Wasserrechte Dritter

Kennziffer	Befristung	Rechtstitel	Gemarkung	genehmigte Entnahmemenge				
				m³/a	m³/Monat	m³/d	m³/h	l/s
7/19094/001	31.12.2026	Erlaubnis	Herford	87.600,0	-	240,0	10,0	-
7/02462/001	31.12.2020	Erlaubnis	Herford	19.000,0	-	95,0	15,0	-
7/08546/002	31.12.2025	Erlaubnis	Herford	10.000,0	-	40,0	5,0	-
7/23654/001	31.01.2035	Erlaubnis	Biemsen-Ahmsen	9.000,0	-	120,0	15,0	-
7/13648/003	30.09.2032	Erlaubnis	Bad Salzuflen	4.990,0	-	200,0	10,0	2,8
7/25017/001	31.12.2031	Erlaubnis	Herford	3.300,0	-	22,0	2,0	-
7/22217/001	31.12.2028	Erlaubnis	Herford	2.990,0	-	12,0	1,3	-
7/04887/001	31.12.2022	Erlaubnis	Schwarzenmoor	2.500,0	-	6,8	0,7	-
7/19746/002	31.12.2027	Erlaubnis	Herford	1.400,0	-	8,0	1,0	-
7/04901/001	31.12.2022	Erlaubnis	Herford	1.000,0	-	2,7	0,3	-
7/22223/001	31.12.2029	Erlaubnis	Herford	900,0	-	2,5	0,3	-
7/28256/001	31.12.2033	Erlaubnis	Schwarzenmoor	600,0	-	2,2	0,2	-
7/04888/001	31.12.2022	Erlaubnis	Herford	500,0	-	1,4	0,1	-
7/05469/001	31.12.2022	Erlaubnis	Herford	400,0	-	2,0	0,5	-
7/19743/001	31.12.2027	Erlaubnis	Herford	250,0	-	1,0	0,1	-
7/18806/001	30.12.2030	Erlaubnis	Bad Salzuflen	162,0	13,5	0,5	-	-

Weitere Grundwasserentnahmen für die Trink- und Brauchwasserversorgung werden durch Hausbrunnen (erlaubnisfreie Nutzung) getätigt. Es liegen 79 registrierte Hausbrunnen im Modellgebiet, von denen 39 als aktiv angegeben werden [U 5]. Angaben zu Entnahmemengen sowie Daten der Grundwasseranalytik liegen dem Gutachter nicht vor.

5.3 Grundwassermessstellen

Im Wassergewinnungsgebiet Herford-Brunnenstraße werden derzeit 34 Grundwassermessstellen durch die Stadtwerke Herford GmbH betrieben. Die monatlich gemessenen Grundwasserstände werden tabellarisch dokumentiert (Lage siehe Anlage 1.1).

Die Grundwassermessstellen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße sind mit Tiefen zwischen ca. 2,4 m (HF 21) und 27,7 m u. GOK (HF 39) im quartären Hauptgrundwasserleiter bzw. im Festgestein abgeteuft. Zur Erweiterung des Messnetzes im weiteren Umfeld der WG wurden im Jahr 2018 zehn neue Grundwassermessstellen abgeteuft (HF31, HF32, HF33, HF34, HF35flach, HF35tief, HF36, HF38, HF39 und HF17neu).

Aufgrund von verschiedenen Alterungserscheinungen (u. a. Defekte, unplausible Messwerte), wird darüber hinaus derzeit eine Instandhaltungsmaßnahme/Neubaumaßnahme für einzelne Grundwassermessstellen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße erarbeitet.

5.4 Grundwasserströmung und Standrohrspiegelhöhen

Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße

Übergeordnet strömt das Grundwasser von den Hanglagen der Werre zu. Die Fließrichtung im Bereich des WSG Herford-Brunnenstraße folgt annähernd den südöstlichen und nordwestlichen Schutzgebietsgrenzen. In Anlage 6 ist der Grundwassergleichenplan für den Hauptgrundwasserleiter (Förderhorizont) aus vorherigen Untersuchungen [U 2] dargestellt. Im Nordwesten des Untersuchungsgebietes im Bereich der Aa-Mündung in die Werre machen die Grundwassergleichen entsprechend einen Bogen. Das Grundwasserpotential im Untersuchungsgebiet reicht von etwa 114 m NHN im Bereich des Stuckenbergs bis auf etwa 64 m NHN im Bereich der Werre. Somit ist das Untersuchungsgebiet hinsichtlich des Grundwasserpotentials aber auch wegen der geringmächtigen Quartärauflage besonders sensitiv gegenüber den meteorologischen Einflussfaktoren. Die mittleren Standrohrspiegelhöhen der Messstellen der WG Herford-Brunnenstraße bewegen sich im Mittel der Jahre Januar 2003 bis Dezember 2021 zwischen 59,55 m NHN und 103,43 m NHN. Im Mittel über alle Grundwassermessstellen liegt die Standrohrspiegelhöhe bei 65,48 m NHN. Zur Auswertung der Grundwasserganglinien im Bereich der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße liegen die Zeitreihen der in Kapitel 5.3 benannten Grundwassermessstellen im Zeitraum Januar 2003 bis Dezember 2021 für die bestehenden Grundwassermessstellen sowie von 2018 (je nach Fertigstellung) bis Dezember 2021 für die neuen Grundwassermessstellen vor. In Anlage 4 sind die Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen dargestellt. Die Filterstrecken der Messstellen liegen im quartären Hauptgrundwasserleiter bzw. im Festgesteinsgrundwasserleiter. Gruppirt wurden die Grundwassermessstellen nach Tabelle 13. Die Ganglinienverläufe der Grundwassermessstellen im Lockergestein sind grundsätzlich ähnlich und zeigen witterungsbedingt gesteuerte jahreszeitliche Schwankungen. Die jährlichen Maxima werden i.d.R. im Frühjahr (zumeist im März) erreicht, die Minima im Herbst (zumeist im Oktober). Die durchschnittliche jährliche Schwankungsbreite der Ganglinien beträgt zwischen rd. 0,88 – 5,25 m. Die Grundwassermessstellen in Brunnennähe zeigen hingegen nur einen eingeschränkten Jahresgang, da die Ganglinienverläufe durch die Grundwasserentnahme überprägt werden.

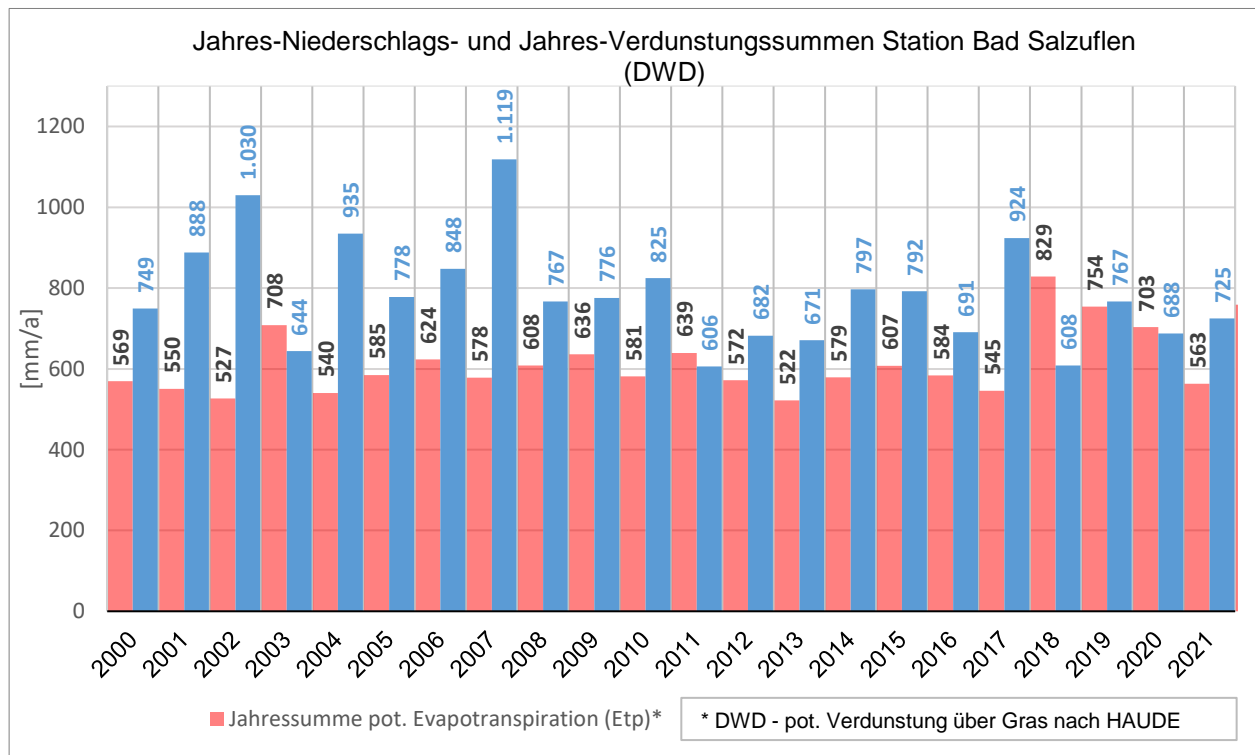
In den Zeitreihen der Grundwassermessstellen lassen sich gut länger andauernde witterungsbedingte Ereignisse, wie z. B. Trockenperioden, abbilden. Die geringen Frühjahrsmaxima treten i.d.R. im Anschluss an sehr niederschlagsarme Jahre auf. So sind z.B. in den Jahren 2013 und 2014 bedingt durch die geringen Frühjahrsmaxima nur geringe jährliche Schwankungsbreiten zu verzeichnen.

Die geringen Winterniederschläge 2013/2014 (s. Kapitel 2.7.1) sind deutlich in den Jahresgängen der Standrohrspiegelhöhen zu erkennen. Erst in der zweiten Jahreshälfte 2014 steigen die Standrohrspiegelhöhen wieder deutlich an, sodass im Jahr 2014 das jährliche Maximum häufig erst im Herbst erreicht wird. Bedingt durch die niederschlagsreiche 2. Jahreshälfte 2014 und das niederschlagsreiche Jahr 2015 werden in den Jahren 2015 und 2016 wieder hohe Frühjahrsmaxima erreicht.

In Abbildung 21 sind die an der DWD-Station Bad Salzuflen aufgezeichneten jährlichen Niederschlagssummen sowie die Summen der potentiellen Verdunstung der Jahre 2000 - 2021 dargestellt.

Tabelle 13: Gruppierung der Grundwassermessstellen der WG Herford-Brunnenstraße

Gruppe	GW-Messstellen	Bereich
GWM-Gruppe 01	HF 1, HF 2,	Heberanlage Br.-Str.
GWM-Gruppe 02	HF 7, HF 8	Heberanlage Br.-Str.
GWM-Gruppe 03	HF 11, HF 12	Heberanlage Br.-Str.
GWM-Gruppe 04	HF 4, HF 5, HF 9, HF 21	Heberanlage Br.-Str., nahe Werre
GWM-Gruppe 05	HF 13, HF 24, HF 25, HF 27	Südl. Heberanlage Br.-Str.
GWM-Gruppe 06	HF 16, HF 18, HF 19	Nördl. Heberanlage Br.-Str.
GWM-Gruppe 07	HF 22, HF 28, HF 35f, HF 35t	Östl. Heberanlage Br.-Str.
GWM-Gruppe 08	HF 29, HF 31	Nahe Brunnen Wiesestraße
GWM-Gruppe 09	HF 36, HF 38,	Anstrom Hanglage
GWM-Gruppe 10	HF 39	Bereich Stuckenbergr
GWM-Gruppe 11	HF 30n, HF 32, HF 34	Westl. der Werre


Abbildung 21: Jahresniederschlags- und Verdunstungssummen 2000 - 2021.

Aus Abbildung 21 wird deutlich, dass insbesondere die Jahre 2018 und 2020 hinsichtlich der

klimatischen Wasserbilanz (Niederschlag abzüglich pot. Evapotranspiration) defizitäre Werte aufweisen. Zusätzlich weist das Jahr 2019 etwa ausgeglichene Verhältnisse auf, wodurch nach dem Frühjahrsmaximum der Standrohrspiegelhöhen im Jahr 2018 an den meisten Grundwassermessstellen niedrige Standrohrspiegelhöhen zu verzeichnen sind.

Die GWM-Gruppen 1, 2 und 3 (vgl. Anlage 4) liegen im Bereich der Heberanlage der WG Herford-Brunnenstraße und weisen demnach förderbedingte Schwankungen auf.

Die GWM-Gruppe 4 umfasst Grundwassermessstellen im nahe der Werre. Die Ganglinien in Ufernähe zur Werre haben unterliegen zusätzlich dem Einfluss durch die Wasserspiegellagen der Werre. Durch die geringen Schwankungen der Wasserspiegellagen der Werre durch das Berger Tor Wehr unterstrom zur WG Herford-Brunnenstraße haben sie einen gegenüber der Witterung und der Förderung gedämpften Verlauf.

Die GWM-Gruppen 5, 6 und 7 befindet im Umfeld der Heberanlage, wobei Brunnengruppe 6 sich nördlich der Heberanlage, zwischen Heberanlage und dem Brunnen Dennewitzstraße befindet. Insbesondere an der Grundwassermessstelle HF19 ist der Einfluss durch die Grundwasserförderung durch die Heberanlage deutlich sichtbar.

Die GWM-Gruppe 8 umfasst Grundwassermessstellen im Bereich des Brunnen Wiesestraße. Hier ist der Fördereinfluss anhand der zeitlich kleinräumigen Schwankungen erkennbar. Insbesondere die Maxima der Standrohrspiegelhöhen in den Jahren 2017 und 2018 korrelieren gut mit den geringen Entnahmen am Brunnen Wiesestraße (vgl. Abbildung 19 in Kap. 5.2.1)

Die GWM-Gruppen 9, 10 und 11 umfassen (neben der GWM Hf35t in Brunnengruppe 7) die Grundwassermessstellen, die im Festgestein verfiltert sind. Es handelt sich um im Rahmen eines umfassenden Bohrprogramms im Jahr 2017 neu abgeteufte Grundwassermessstellen [U 11]. Die Standrohrspiegelhöhen weisen deutliche Jahregänge auf. Des Weiteren wird das große Potential der Standrohrspiegelhöhen im Bereich der Hanglagen innerhalb des Modellgebietes deutlich. So kommt es z.B. an den Grundwassermessstellen HF36 und HF38 temporär zu artesisch gespannten Verhältnissen.

Im betrachteten Zeitraum zwischen 2000 und 2021 ist kein eindeutiger Trend der Standrohrspiegelhöhen erkennbar. Dennoch lassen sich trockenere Zeiträume deutlich erkennen, insbesondere in Folge geringer Winterniederschläge oder stark defizitärer klimatischer Wasserbilanzen.

5.5 Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung

Die Überlagerung des Hauptgrundwasserleiters mit geringdurchlässigen Schichten (schluffige, tonige Sedimente) stellt bei ausreichender Mächtigkeit einen wirksamen Schutz des Grundwassers vor dem Eindringen verunreinigten Wassers dar. Ein solcher Schutz gegen Verunreinigung mit schadstoffbelastetem Sickerwasser kann auch dann gegeben sein, wenn, in Abhängigkeit, von der Gesteinsbeschaffenheit, ein großer Abstand zwischen Gelände- und Grundwasser Oberfläche lange Verweilzeiten bedingt. Im Umfeld der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße ist das Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung nach der 3-stufigen Bewertungsskala (günstig – mittel – ungünstig) der hydrogeologischen Karte von Nordrhein-Westfalen (HK100; [WMS 10]) durch die verschiedenen hydrogeologischen Bereiche (Lockergesteins- und Festgesteinsbereiche) unterschiedlich geprägt. Bereiche mit ungünstigem Schutzpotential befinden sich sowohl in

höheren Lagen, in denen das Festgestein oberflächennah ausstreicht, als auch im Verbreitungsgebiet der quartären Lockersedimente (s. Abbildung 22). Bereiche mit einem mittleren Schutzpotential bestehen ebenfalls großflächig im Hangbereich des Stuckenbergs. Bereiche mit einem guten Schutzpotential befinden sich im Festgestein.

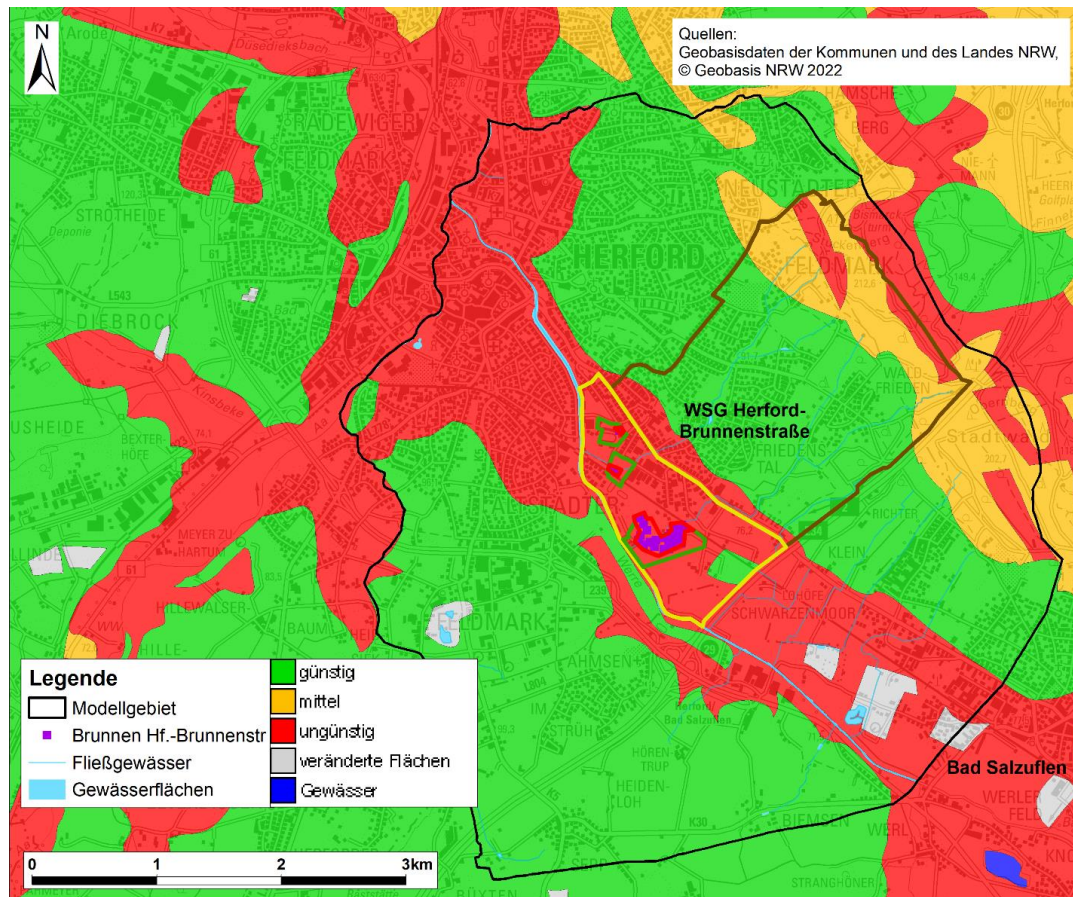


Abbildung 22: Schutzpotenzial der Deckschichten (IS Hydrogeologische Karte HK100)

5.6 Grundwasserbeschaffenheit und hydrochemische Situation

Der natürliche Stoffgehalt von Grundwasser hängt wesentlich von den Wechselwirkungen zwischen dem Grundwasser und dem davon durchströmten Gestein ab. Veränderungen der für einen Standort typischen Wasserzusammensetzung ergeben sich aus dem Zumischen von Grundwasser aus anderen geologischen Schichten (z. B. aus der Tiefe) und durch Sickerwasser, d. h. durch Niederschlagswasser, das nach der Passage der Bodenzone und ggf. von Deckschichten das Grundwasser erreicht. Als Indikatoren für die natürliche Grundwasserbeschaffenheit werden in aller Regel die Inhaltsstoffe herangezogen, die über 99 % des gesamten Lösungsinhalts des Grundwassers ausmachen [10]. Außer diesen gelösten Hauptbestandteilen erlauben sog. Milieuparameter (pH-Wert, Sauerstoff) und Summenparameter (elektr. Leitfähigkeit, DOC) Aussagen über die Beschaffenheit eines Grundwassers.

In diesem Kapitel wird die allgemeine hydrochemische Situation im Untersuchungsgebiet vorgestellt, auf die in den nachfolgenden Kapiteln detaillierter eingegangen wird. In Abbildung 23 bis Abbildung 26 wird zunächst ein räumlicher Überblick gegeben über die gemittelten Messwerte

(Median) der elektrischen Leitfähigkeit, der Chlorid-Konzentration, der Hydrogencarbonat-Konzentration sowie des pH-Werts. Die Abbildung 27 und Abbildung 28 zeigen die Spannweiten der in den einzelnen Messstellen gemessenen elektrischen Leitfähigkeit bzw. der Chlorid-Konzentration. Die Ionenverhältnisse der jeweils letzten Messung jeder Messstelle sind in Abbildung 29 dargestellt.

Den Abbildungen ist zu entnehmen, dass die hydrochemische Beschaffenheit im Untersuchungsgebiet stark variiert. Während bei der Messstelle HF27 mit im Mittel (Median) 379 $\mu\text{S}/\text{cm}$ die geringste elektrische Leitfähigkeit vorliegt, ist diese bei der Messstelle HF36 mit im Mittel (Median) rd. 43.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ außerordentlich hoch. Auch bei der Chlorid-Konzentration zeigt sich ein differenziertes Bild im Untersuchungsgebiet. Bei den Messstellen HF27, HF38 und HF39 liegen die Chlorid-Konzentrationen mit im Mittel (Median) $< 25 \text{ mg/l}$ auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Bei der Messstelle HF36 ist die Chlorid-Konzentration mit im Mittel (Median) rd. 15.500 mg/l deutlich erhöht. Die hohe Chloridkonzentration der Werre hat ihren Ursprung in der Soleeinleitung in die Salze, die über die Bega in die Werre entwässert (Oberstrom der WG Hf.-Brunnenstraße).

Auch beim Niveau der Hydrogencarbonat-Konzentration sind im Untersuchungsgebiet Unterschiede zu erkennen, im Gegensatz zu Chlorid sind diese Unterschiede allerdings weniger stark ausgeprägt. Die Messstelle HF 27 zeigt mit im Mittel (Median) 76 mg/l die niedrigste Hydrogencarbonat-Konzentration, wohingegen die Messstelle HF29 mit im Mittel (Median) 445 mg/l die höchste Hydrogencarbonat-Konzentration aufweist. Auffällig ist generell, dass bei der Messstelle HF27, welche den geringsten Gesamtlösungsinhalt aufweist, auch der niedrigste pH-Wert anzutreffen ist. Mit im Mittel (Median) 6,34 liegt der pH-Wert bei der Messstelle HF27 auf einem leicht sauren Niveau. Die pH-Werte der übrigen Messstellen liegen im Wesentlichen auf einem neutralen bis leicht basischen Niveau.

Um die hydrochemische Situation im Untersuchungsgebiet weiterführend bewerten zu können, ist eine differenzierte Betrachtung erforderlich. Generell lassen sich die Wässer hydrochemisch in die Gruppen Grundwasser, Rohwasser und Werrewasser einteilen. Entsprechend der hydrostratigraphischen Unterschiede der Filterhorizonte der Messstellen sowie einer Vorab-Beurteilung der Wasserchemie lassen sich die Grundwässer weiterhin in Grundwässer aus dem Lockergesteins-Grundwasserleiter und dem Festgesteinsgrundwasserleiter sowie in tiefenwassergeprägtes Grundwasser unterteilen. In den folgenden Kapiteln 5.6.1 bis 5.6.3 werden die Beschaffenheiten der für die hydrochemische Bestandsaufnahme relevanten Wässer ausführlich beschrieben.

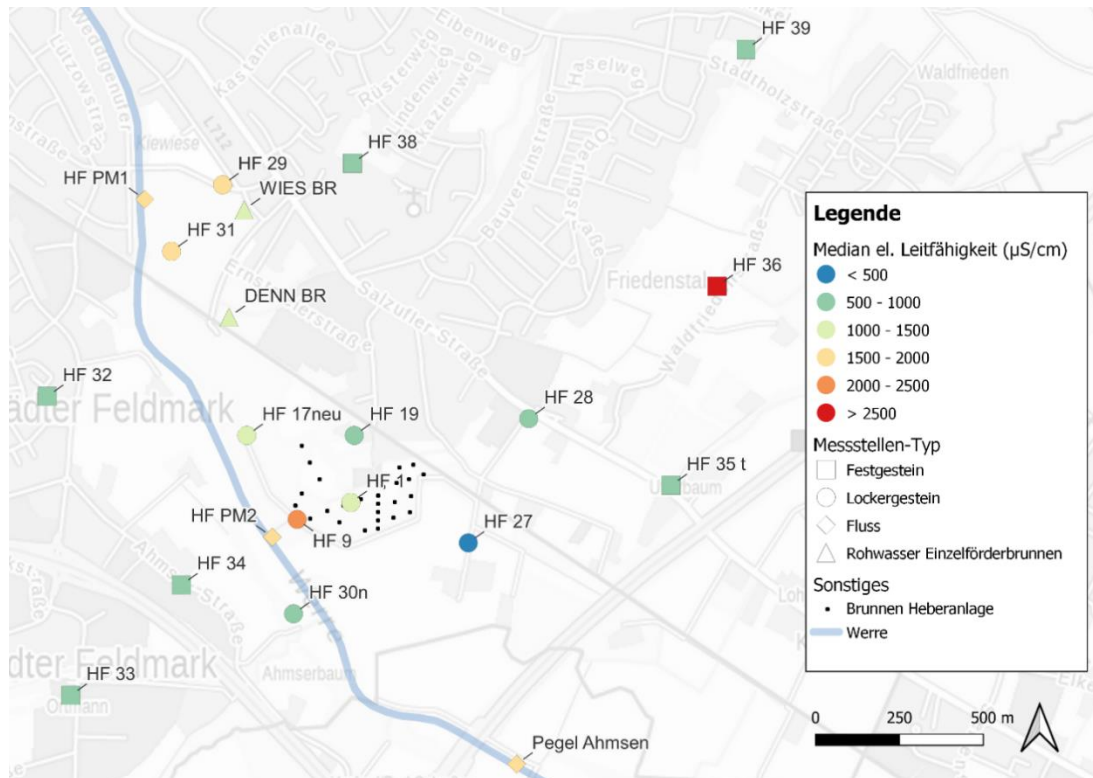


Abbildung 23: Kartendarstellung der gemittelten (Median) elektrischen Leitfähigkeiten im Untersuchungsgebiet. Hintergrundkarte © GeoBasis-DE / BKG (2021)

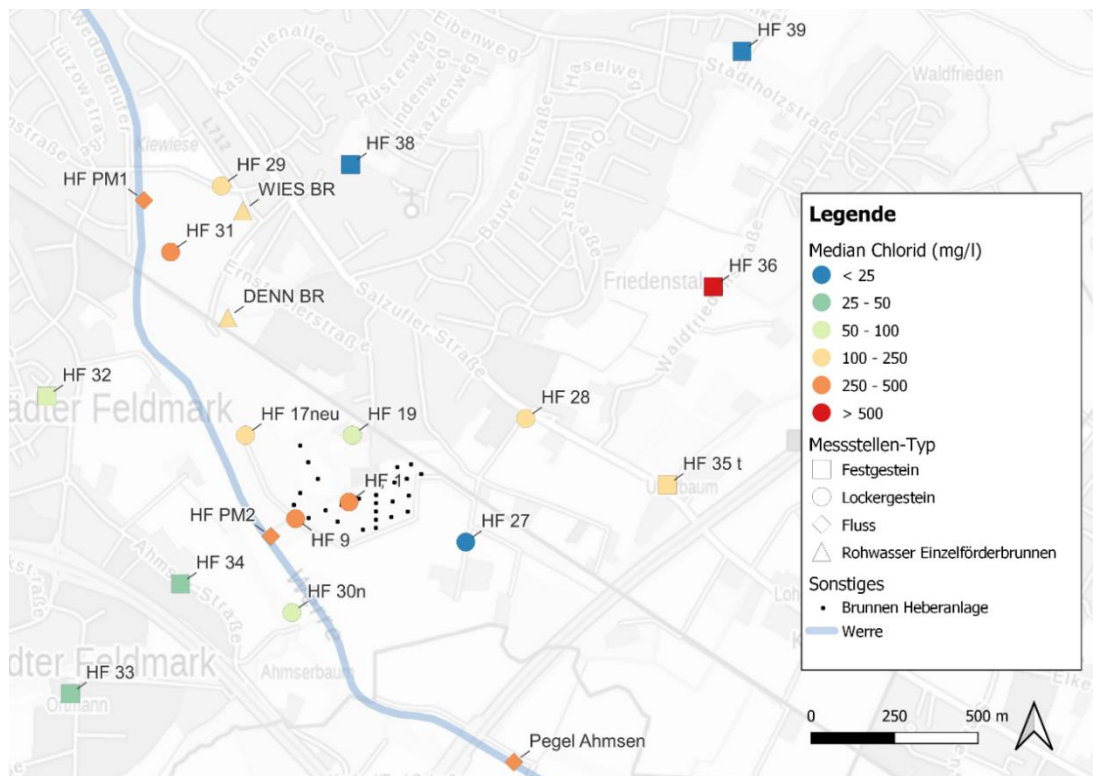


Abbildung 24: Kartendarstellung der gemittelten (Median) Chlorid-Konzentrationen im Untersuchungsgebiet. Hintergrundkarte © GeoBasis-DE / BKG (2021)

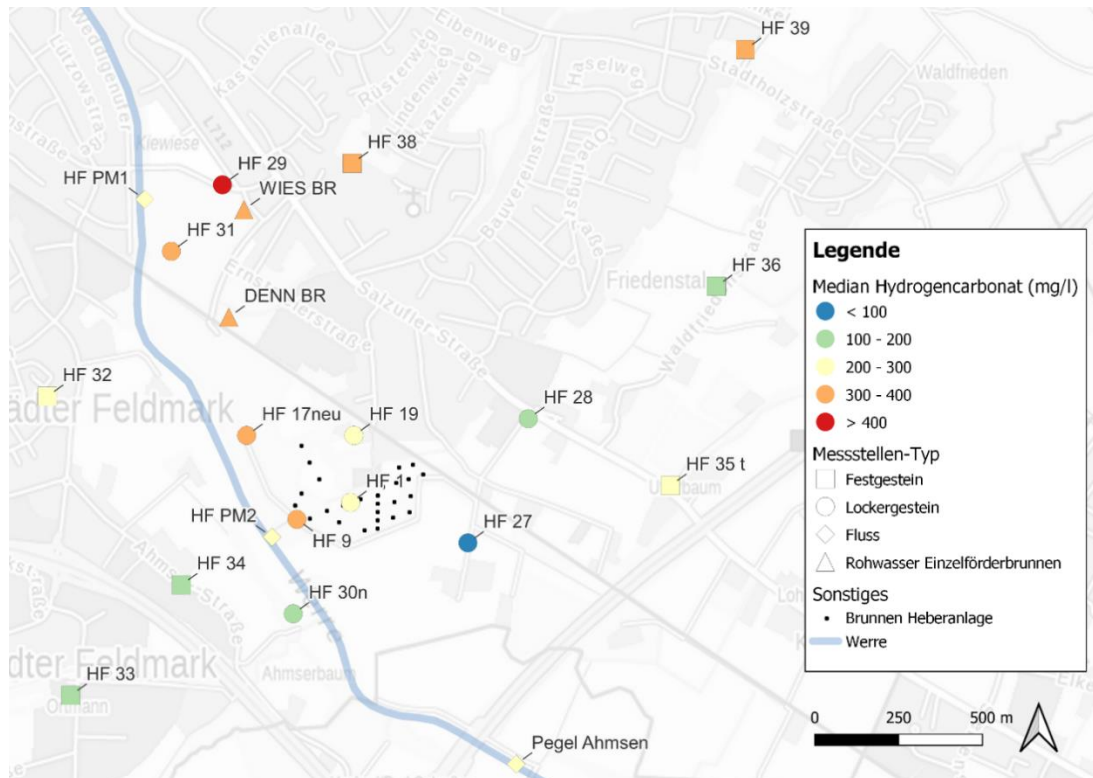


Abbildung 25: Kartendarstellung der gemittelten (Median) Hydrogencarbonat-Konzentrationen im Untersuchungsgebiet. Hintergrundkarte © GeoBasis-DE / BKG (2021)

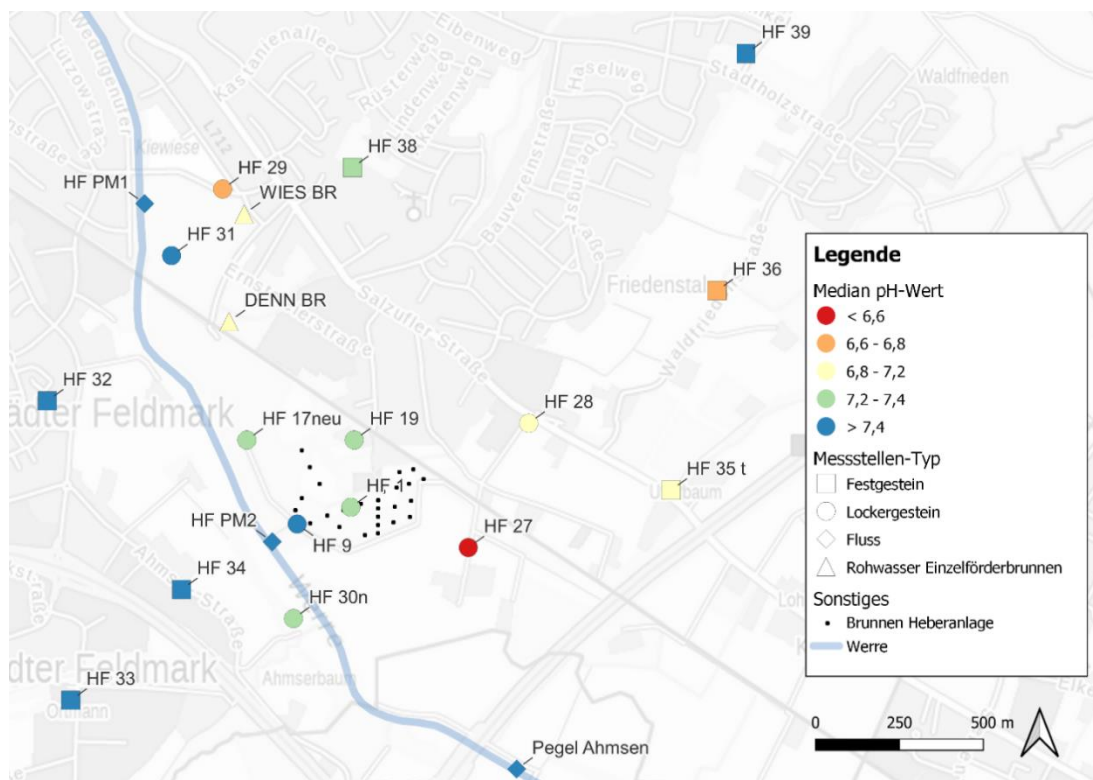


Abbildung 26: Kartendarstellung der gemittelten (Median) pH-Werte im Untersuchungsgebiet. Hintergrundkarte © GeoBasis-DE / BKG (2021)

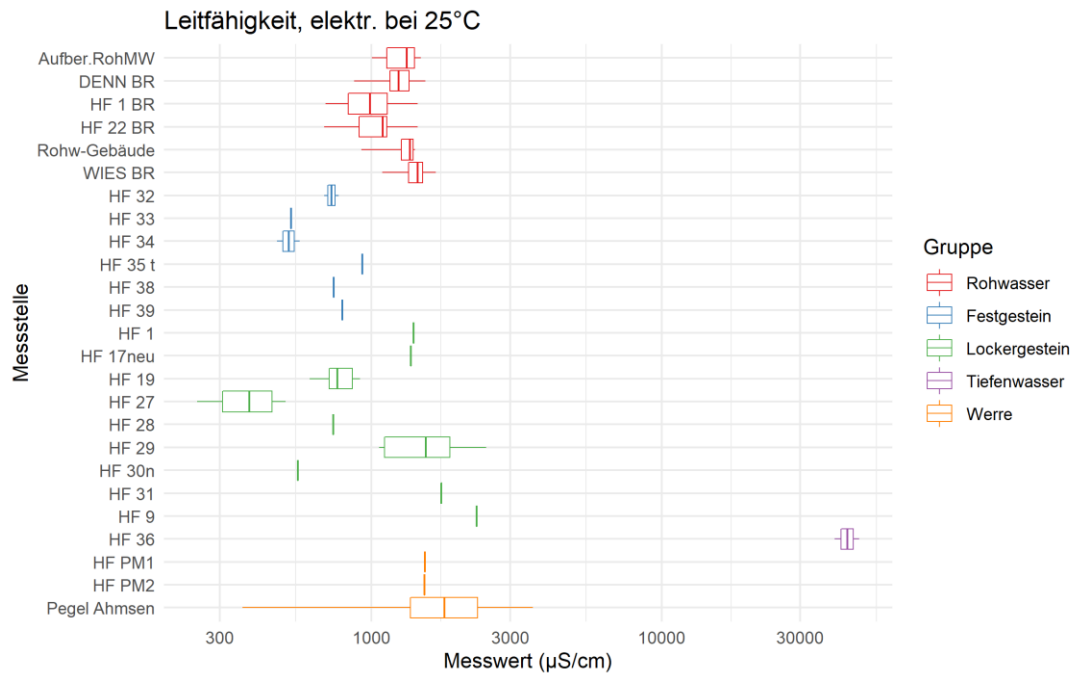


Abbildung 27: Verteilung (logarithmisch) der Messwerte des Parameters elektrische Leitfähigkeit. Die Boxplots geben den Median (mittlere senkrechte Linie in der Box), das erste (25 %) und dritte (75 %) Quantil (linke und rechte Begrenzung der Box) sowie die Gesamtspannweite der Messwerte (horizontale Linien links und rechts der Box) an

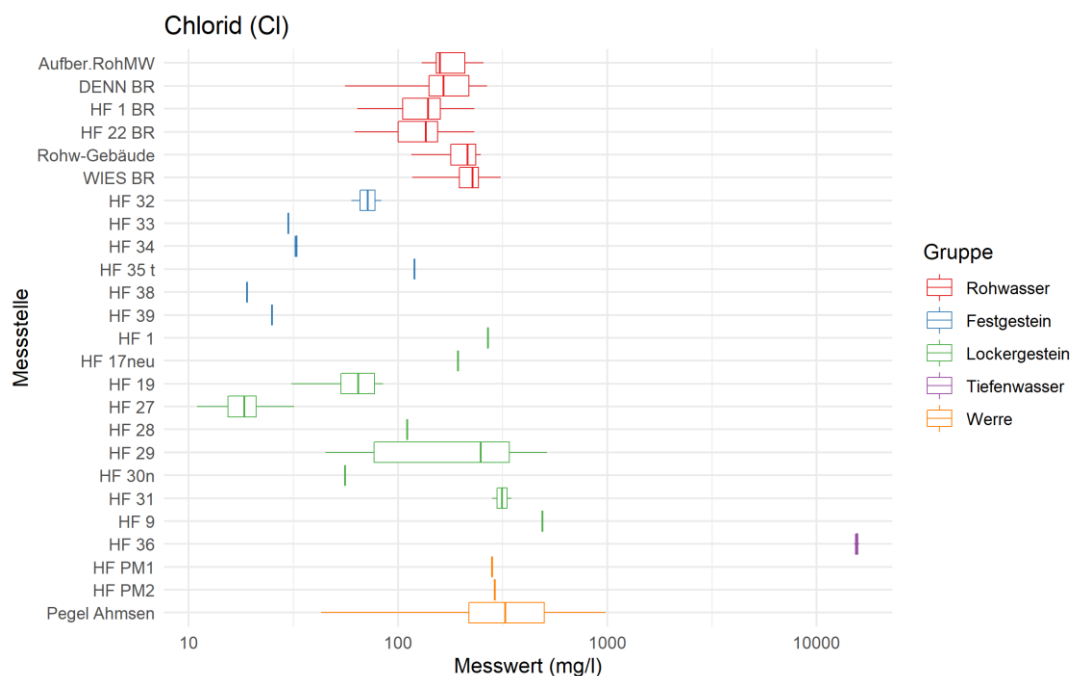


Abbildung 28: Verteilung (logarithmisch) der Messwerte der Chlorid-Konzentration. Die Boxplots geben den Median (mittlere senkrechte Linie in der Box), das erste (25 %) und dritte (75 %) Quantil (linke und rechte Begrenzung der Box) sowie die Gesamtspannweite der Messwerte (horizontale Linien links und rechts der Box) an

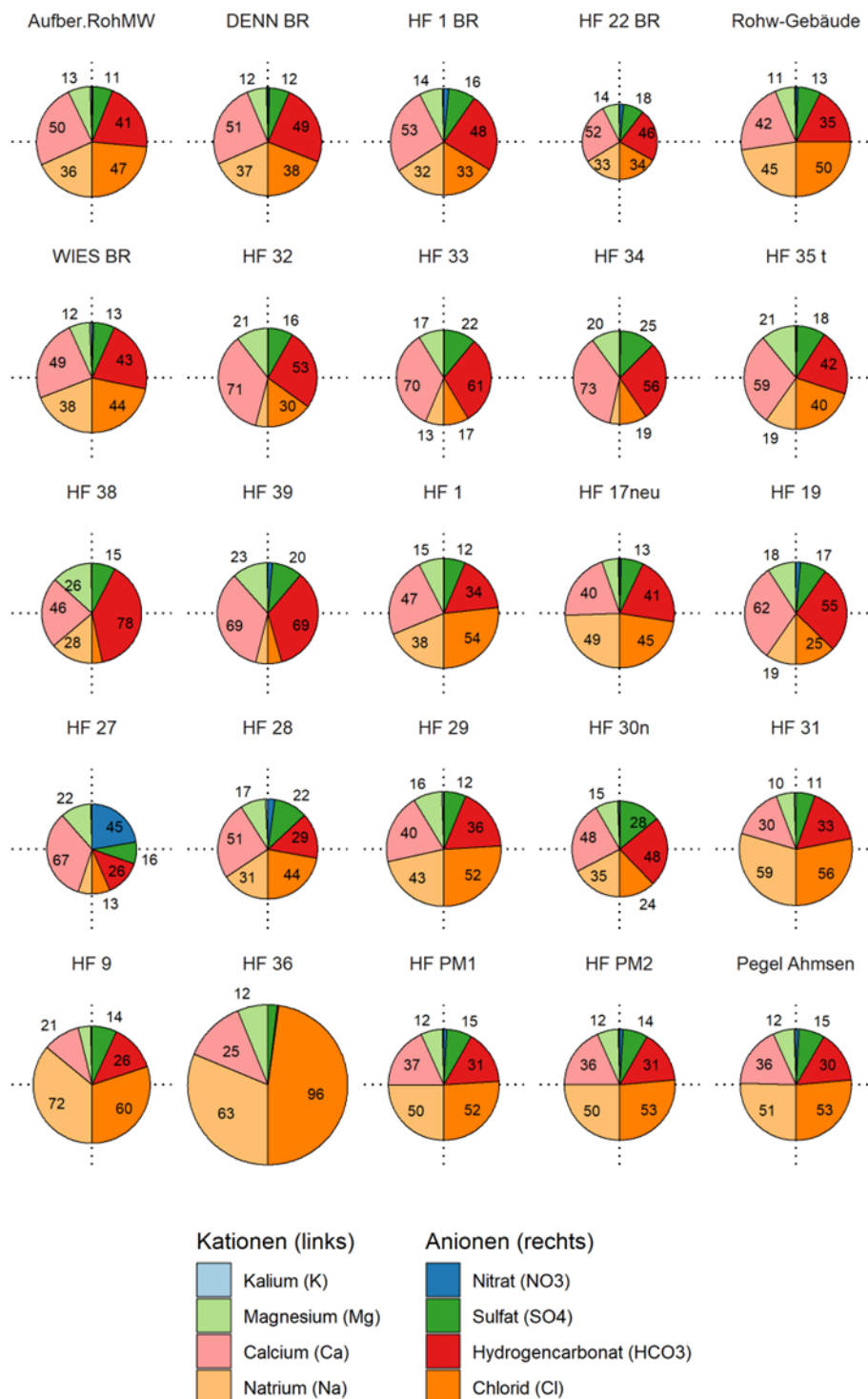


Abbildung 29: Anteile Hauptanionen und -kationen (Äquivalentkonzentration) der betrachteten Messstellen. Zugrunde liegen die Daten der jeweils letzten Probenahme. Der jeweilige Radius eines Kreises repräsentiert die gemessene elektrische Leitfähigkeit, welche zu Darstellungszwecken logarithmiert wurde. Zahlenwerte (in %) sind für Äquivalenzanteile an Kat- bzw. Anionen $\geq 10\%$ dargestellt

5.6.1 Beschaffenheit des Grundwassers

Das Wassergewinnungsgebiet Herford-Brunnenstraße lässt sich räumlich in unterschiedliche (hydro-)geologische Bereiche gliedern, die sich in unterschiedlichen Beschaffenheiten des Grundwassers widerspiegeln. Die Werre wird entlang ihres Verlaufs von Niederterrassen und Talauen, sowie glazifluvialen Bereichen umgeben. Diese bilden einen Lockergesteinsgrundwasserleiter, aus welchem die WG Brunnenstraße durch drei Anlagen mit Grundwasser versorgt wird: die Heberanlage Brunnenstraße sowie die beiden Einzelbrunnen Dennewitzstraße und Wiesestraße. Vom Flusslauf der Werre aus erheben sich Festgesteinsschichten (Geschiebelehm und Tonstein) nach Nordosten und Südwesten, die z. T. ebenfalls grundwasserleitende Schichten ausbilden. Anhand der oben genannten 16 aufgeführten GWM wird das Grundwasser im Folgenden genauer charakterisiert, wobei eine Einteilung in Locker- und Festgestein Grundwasserleiter stattfindet. Eine Übersicht über die Grundwasserchemie und -typisierung gibt das Piperdiagramm in Abbildung 30.

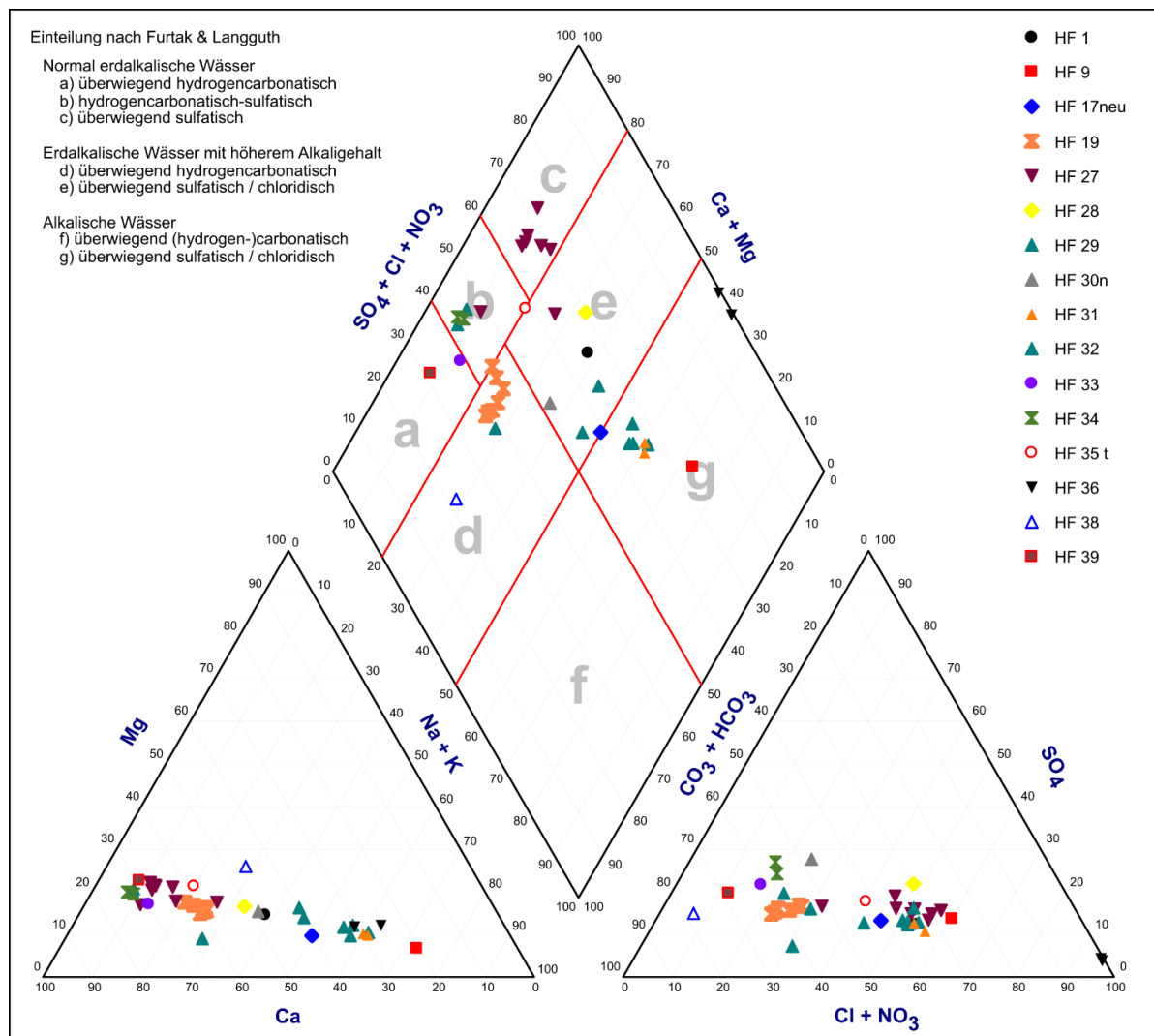


Abbildung 30: Piper-Diagramm zur Darstellung der Wasserbeschaffenheit der vorliegenden Wasseranalysen aus den untersuchten Grundwassermessstellen

5.6.2 Messstellen im Lockergesteins-Grundwasserleiter

Neun ausgewählte GWM im Lockergestein (HF 1, HF 9, HF 17neu, HF 19, HF 27, HF 28, HF 29, HF 30n, HF 31) im Bereich der WG Brunnenstraße wurden hinsichtlich ihrer hydrochemischen Beschaffenheit ausgewertet. Eine eindeutige Eingruppierung in einen bestimmten Grundwassertyp nach Furtak & Langguth [5] lässt sich für das Grundwasser im Lockergestein nicht vornehmen (siehe Abbildung 30). Es kommen sowohl erdalkalische als auch alkalische Wässer vor, die sich jeweils wieder in hydrogencarbonatisch und sulfatisch-chloridisch einteilen lassen. Basierend auf ihrer jeweils letzten Beprobung, lassen sich die Grundwässer nach den Äquivalenzanteilen ihrer Hauptanionen und -kationen im Lockergestein allgemein den Typen Na-Ca-Cl-HCO₃ oder Ca-Na-HCO₃-Cl zuordnen, meist auch mit Magnesium- und Sulfatanteilen von knapp über 10 %. Lokal (HF 27) ist Nitrat (NO₃) das dominante Anion. Na-Cl dominiert sind die Messstellen HF 17neu, HF 29, HF 31 und, insbesondere, HF 9. Ca-HCO₃ dominiert sind die Messstellen HF 30n und, insbesondere, HF 19. Die restlichen GWM lassen sich nicht eindeutig einordnen, weisen aber allesamt Calcium- und Hydrogencarbonat-Äquivalenzanteile von über 20 % auf.

Einen Überblick über die Spannweiten der gemessenen Stoffkonzentrationen und physikochemischen Parameter bezogen auf alle im Lockergestein verfilterten GWM gibt Tabelle 14.

In Abbildung 23 ist die räumliche Verteilung der elektrischen Leitfähigkeiten dargestellt. Die elektrische Leitfähigkeit lässt erste Aussagen über die Gesamtmineralisation der betrachteten Wässer zu. Diese ist mit dem TDS-Gehalt korreliert, welcher zur Überprüfung als summierte Masse der gelösten Spezies bestimmt und mit der Leitfähigkeit verglichen wurde. Gemessen an der Leitfähigkeit und bestätigt durch den TDS-Gehalt trat die geringste Gesamtmineralisation mit etwa 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in der GWM HF27 (geringer Na-Cl-Einfluss, hoher Nitratanteil) auf, die höchste mit 2.480 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in der GWM HF29 (leicht Na-Cl-dominiert). Westlich der Werre wurde eine relativ geringe Leitfähigkeit von etwa 560 $\mu\text{S}/\text{cm}$ festgestellt. Hier konnte allerdings nur eine GWM (HF 30n) in Betracht gezogen werden, für die wiederum nur eine Messung vorliegt. Eine geringe Mineralisierung der Grundwässer westlich der Werre bestätigt sich unter Einbeziehung der GWM im Festgestein (s. Kapitel 5.6.3). Östlich der Werre finden sich erhöhte Leitfähigkeiten zwischen Werre und Förderbrunnen (HF29, HF31, HF9, HF1). Hier liegen die Leitfähigkeiten im Mittel (Median) zwischen ca. 1.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (HF1, basiert auf nur einem Messwert) und 2.300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (HF 9, basiert auf nur einem Messwert). Östlich der Brunnen und damit weiter von der Werre entfernt (HF 19, HF 27, HF 28) finden sich vergleichsweise geringe Leitfähigkeiten. Diese liegen im Mittel (Median) zwischen ca. 380 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (HF27) und 760 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (HF19).

Anhand des Indikators elektrische Leitfähigkeit und bestätigend durch den Summenparameter TDS lässt sich die Vermutung aufstellen, dass höher mineralisiertes Wasser aus der Werre nach Osten in Richtung Förderbrunnen in den Lockergesteinsgrundwasserleiter infiltriert, der ansonsten relativ gering mineralisiertes Wasser führt.

**Tabelle 14: Spannweiten der ausgewerteten Parameter aller Messstellen der Gruppe Grundwasser-
 messstellen im Lockergestein.**

Parameter	Einheit	Minimum	Maximum	Median*	Mittelwert*	Anzahl
Natrium (Na)	mg/l	5,8	364,0	45,1	78,0	58
Calcium (Ca)	mg/l	31,5	200,0	97,5	98,0	58
Kalium (K)	mg/l	0,4	9,4	3,2	4,0	58
Magnesium (Mg)	mg/l	6,2	39,0	15,3	16,7	58
Chlorid (Cl)	mg/l	11,0	515,0	58,0	122,4	58
Hydrogencarbonat (HCO ₃)	mg/l	42,7	640,7	280,7	270,5	58
Sulfat (SO ₄)	mg/l	19,0	178,0	68,5	75,0	58
Nitrat (NO ₃)	mg/l	< 1,0	100,0	48,0	45,0	307
Nitrit (NO ₂)	mg/l	< 0,020	0,550	0,020	0,034	57
Ammonium (NH ₄)	mg/l	< 0,010	8,985	0,100	1,426	58
Eisen (Fe), gesamt	mg/l	0,010	22,800	0,465	3,109	58
Mangan (Mn), gesamt	mg/l	< 0,010	2,480	0,110	0,615	58
Aluminium (Al), gesamt	mg/l	< 0,005	1,600	0,050	0,233	51
TDS	mg/l	193,0	1523,6	610,8	698,2	58
Leitfähigkeit, elektr. bei 25°C	µS/cm	251	2480	766	961	59
pH-Wert	ohne	6,0	7,6	6,8	6,9	59
Redoxspannung Eh (E)	mV	5	344	138	176	5
Wassertemperatur	°C	10,5	13,6	11,6	11,7	35

* Anmerkung: Median und Mittelwert wurden übergreifend aus allen Messwerten gebildet. Aufgrund der relativ geringen Datengrundlage wurde an dieser Stelle auf den Zwischenschritt zunächst für jede Messstelle einen Median/Mittelwert zu bilden verzichtet. Bei Messstellen mit nur einem Messwert würden diese einzelnen Messwerte ansonsten eine relativ starke Gewichtung erhalten.

Diese Vermutung lässt sich auf die Chlorid-Konzentrationen ausweiten. Auch hier zeigt sich ein potenzieller Einfluss des Werre-Wassers bis zu den Förderbrunnen. Allgemein lassen sich die bisher niedrigsten Chlorid-Konzentrationen östlich der Brunnen ausmachen, mit 11 bzw. 31 mg/l insbesondere in den GWM HF27 bzw. HF19. Die höchsten Chlorid-Konzentrationen zeigten sich

bisher in den GWM HF29 und HF9 mit 515 mg/l bzw. 490 mg/l. Im Mittel (Median) zeigt sich ein ähnliches Bild: die GWM HF27 (19 mg/l) weist die niedrigste mittlere Chlorid-Konzentration auf, HF9 (490 mg/l) die höchste.

Die Hydrogencarbonat-Konzentrationen lassen mitunter Rückschlüsse auf den Einfluss durch Karbonat-Mineralen im Grundwasserleiter und damit dessen Pufferwirkung bezogen auf den pH-Wert zu. Abbildung 25 zeigt eine tendenziell ähnliche Verteilung der mittleren (Median) Konzentrationen wie im Falle der Chlorid-Konzentrationen: erhöhte Konzentrationen scheinen östlich der Werre aufzutreten. In diesem Falle beschränken sich die erhöhten Konzentrationen jedoch nicht auf den Bereich zwischen Werre und Förderbrunnen. Insbesondere in den GWM im Norden des Wassergewinnungsgebiets um den Einzelförderbrunnen Wiesestraße lassen sich vergleichsweise hohe Konzentrationen feststellen. Die mit Abstand höchste Hydrogencarbonat-Konzentration im Lockergestein wurde in der Messstelle HF29 (641 mg/l) gemessen. Die niedrigsten Konzentrationen wurden in den vermutlich Werre-unbeeinflussten GWM HF27 (43 mg/l) und HF28 (127 mg/l) festgestellt. Eine Betrachtung der Mittelwerte (Median) ergibt die gleiche Reihenfolge. Auch im Bereich der Heberanlage, insbesondere in den GWM HF 9 und HF 1, können relativ hohe Hydrogencarbonat-Konzentrationen beobachtet werden, die in der Regel allerdings nicht an die Konzentrationen im Norden heranreichen.

Zu vermuten ist also ein erhöhter Einfluss durch die Auflösung von Karbonatmineralen in den Bereichen östlich der Werre. Bestätigt wird das Vorhandensein von Karbonatphasen durch die Schichtenprofile entsprechender Messstellen (z.B. HF 38). Neben Calciumcarbonat (z. B. Calcit) könnten auch Magnesium-, Eisen- und untergeordnet auch Mangancarbonate eine Rolle spielen. Zum einen lässt ein stöchiometrischer Vergleich der Calcium- und Hydrogencarbonat-Konzentrationen vermuten, dass Calcit möglicherweise nicht als alleiniges Karbonatmineral zu entsprechenden Hydrogencarbonat-Konzentrationen führt. Zum anderen zeigen manche GWM recht hohe Magnesium-, Eisen- und Mangankonzentrationen. Hier ist erneut die GWM HF 29 zu nennen, mit Magnesium-Konzentrationen bis zu 39 mg/l, Eisen-Konzentrationen bis zu 22,8 mg/l und Mangan-Konzentrationen bis etwa 2,5 mg/l. In den restlichen Messstellen liegen diese Konzentrationen weit niedriger, allerdings sei auch hier auf die kleine Probenanzahl verwiesen, denn bis auf HF19, HF27 und HF29 liegen für jede Messstelle maximal zwei Messwerte vor.

Die gemessenen pH-Werte im Lockergesteins-Grundwasserleiter variieren zwischen 6,0 und 7,6, die Wässer sind im Mittel nahezu neutral. Der geringste pH-Wert von etwa 6,0 wurde in der GWM HF 27 festgestellt (Median 6,3), also in der Messstelle, die mit bis zu 100 mg/l auch die höchsten Nitrat-Konzentrationen aufweist. Die relativ niedrigen pH-Werte könnten z. B. durch eine aktive Denitrifikation und deren Folgeprozesse (Eisenhydroxidausfällung) im Umfeld der GWM HF 27 erklärt werden.

Zusammenfassend lassen sich folgende Charakteristiken bzw. grundwasserprägende Prozesse für den Lockergesteins-Grundwasserleiter festhalten:

- Es liegt ein relativ gering mineralisiertes Grundwasser vor, das durch Calcium und Hydrogencarbonat bzw. Natrium und Chlorid dominiert wird.
- Östlich der Werre ist bei den Messstellen, die sich im Anstrom auf die Förderbrunnen (Wiesenstraße, Dennewitzstraße, Heberanlage) befinden, ein erhöhter Mineralstoffgehalt

vorhanden. Die ist ein Hinweis auf Infiltration von Werrewasser in den Grundwasserleiter.

- Zusätzlich ist die erhöhte Chlorid-Konzentration der weiter im Osten gelegenen Messstelle HF28 ein Indiz dafür, dass lokal ein Einfluss von aufsteigendem Tiefenwasser aus Richtung Ost-Nordost erfolgen könnte. Die Datenlage reicht allerdings nicht aus, um dies zu bestätigen, auch andere Einflussfaktoren wären denkbar (z.B. Streusalz).
- Im Norden des Wassergewinnungsgebietes (HF29) ist ein verstärkter Einfluss durch Lösungsreaktionen von Karbonatmineralen zu vermuten. In der GWM HF29 sind zudem relativ hohe Eisen- und Mangan-Konzentrationen sowie eine zeitlich stark schwankende Wasserbeschaffenheit festzustellen.
- Die Messstelle HF27 zeigt eine im Vergleich zu den anderen GWM hohe Nitrat-Konzentration. Zudem finden sich in dieser Messstelle die niedrigsten pH-Werte bis 6,0.

5.6.3 Messstellen im Festgesteins-Grundwasserleiter

Für eine Beurteilung der hydrochemischen Verhältnisse im Festgestein im Bereich der WG Herford-Brunnenstraße kommen sieben GWM in Frage. Davon stellt sich nach einer Vorabbeurteilung heraus, dass die GWM HF36 gesondert betrachtet werden sollte: Die Proben aus dieser Messstelle weisen einen sehr hohen Mineralstoffgehalt auf, der als Hinweis auf aufsteigendes Tiefenwasser zu deuten ist. Von daher werden von den sieben Messstellen im Festgestein in diesem Abschnitt nur sechs (HF32, HF33, HF34, HF35 t, HF38, HF39) betrachtet und ausgewertet. Tabelle 15 gibt Auskunft über die Spannweiten der Messwerte im Festgesteinsgrundwasserleiter.

Im Gegensatz zu den Wässern im Lockergestein, die eine große hydrochemische Variabilität ausweisen, lassen sich die Wässer aus den beprobten Messstellen im Festgestein nach Furtak & Langguth [18] (s. Abbildung 30), mit Ausnahme der Messstelle HF38, als normal erdalkalisch sowie hydrogencarbonatisch-sulfatisch bis überwiegend hydrogencarbonatisch charakterisieren. Das Grundwasser aus der GWM HF38 ist als Wasser mit höherem Alkaligehalt und überwiegend hydrogencarbonatisch zu bezeichnen. Entsprechend der Daten ihrer jeweils letzten Probenahme sind die Wässer aus allen Messstellen Ca-HCO₃-dominiert, wobei Magnesium und Sulfat in der Regel Äquivalenzanteile von etwa 20 % an den Kationen bzw. Anionen ausmachen. Z. T. kommen auch höhere Chlorid- (HF35 t und HF32) sowie Natrium-Anteile (HF38) vor. Wie im Falle der Grundwässer im Lockergestein, wurden auch im Festgestein Magnesium- und Sulfatanteile von knapp über 10 % festgestellt. Die genaue Verteilung der Äquivalenzanteile zeigt Abbildung 29.

Die Wässer sind relativ gering mineralisiert, was sich an den Spannweiten der elektrischen Leitfähigkeit (siehe Abbildung 27), die jedoch auf wenigen Messungen beruhen, zeigt. Die Leitfähigkeiten liegen für die betrachteten Messstellen zwischen etwa 470 µS/cm (HF34) und 930 µS/cm (HF35 t). Die im Südwesten des betrachteten Gebiets gelegenen Messstellen HF33 und HF34, welche gemeinsam mit HF32 als einzige westlich der Werre liegen, sind geringer mineralisiert als die restlichen Messstellen im Festgestein.

Tabelle 15: Spannweiten der ausgewerteten Parameter aller Messstellen der Gruppe Grundwassermessstellen im Festgestein.

Parameter	Einheit	Minimum	Maximum	Median*	Mittelwert*	Anzahl
Natrium (Na)	mg/l	8,1	50,7	13,5	20,3	8
Calcium (Ca)	mg/l	66,0	105,0	87,0	87,3	8
Kalium (K)	mg/l	0,2	2,2	0,8	1,1	8
Magnesium (Mg)	mg/l	9,8	25,1	17,8	17,3	8
Chlorid (Cl)	mg/l	19,0	120,0	32,6	50,3	8
Hydrogencarbonat (HCO ₃)	mg/l	170,0	379,4	235,4	246,8	8
Sulfat (SO ₄)	mg/l	52,0	74,0	64,8	64,2	8
Nitrat (NO ₃)	mg/l	< 1,0	13,0	2,0	2,9	8
Nitrit (NO ₂)	mg/l	< 0,020	0,190	0,020	0,054	8
Ammonium (NH ₄)	mg/l	< 0,050	0,770	0,105	0,173	8
Eisen (Fe), gesamt	mg/l	0,050	0,340	0,250	0,227	8
Mangan (Mn), gesamt	mg/l	0,060	1,280	0,110	0,285	8
Aluminium (Al), gesamt	Nicht bestimmt					
TDS	mg/l	356,8	608,6	531,4	491,1	8
Leitfähigkeit, elektr. bei 25°C	µS/cm	473	930	713	686	8
pH-Wert	ohne	6,9	7,8	7,5	7,5	8
Redoxspannung Eh (E)	mV	-30	-18	-24	-24	2
Wassertemperatur	°C	12,5	12,5	12,5	12,5	2

* Anmerkung: Median und Mittelwert wurden übergreifend aus allen Messwerten gebildet. Aufgrund der relativ geringen Datengrundlage wurde an dieser Stelle auf den Zwischenschritt zunächst für jede Messstelle einen Median/Mittelwert zu bilden verzichtet. Bei Messstellen mit nur einem Messwert würden diese einzelnen Messwerte ansonsten eine relativ starke Gewichtung erhalten.

Daraus lässt sich auch hier analog zu den Hydrogencarbonat-Konzentrationen im Lockergestein (s. Kapitel 5.6.2) eine regionale Unterteilung der Grundwasserbeschaffenheit vermuten – mit höheren Stoffkonzentrationen bzw. einer höheren Gesamtmineralisation der Grundwässer östlich der Werre. Diese Vermutung wird jedoch von nur wenigen Messungen gestützt, sowohl bezogen

auf die Anzahl der Messstellen, als auch auf die Häufigkeit der Probenahme. Unterstützt wird die Annahme allerdings von der ebenfalls westlich der Werre gelegenen, im Lockergestein verfilterten GWM HF30n, die ebenfalls gering mineralisiert ist (s. Kapitel 5.6.2).

Die gemessenen Chlorid-Konzentrationen in den Grundwässern im Festgestein sind vergleichsweise niedrig. Nur in den GWM HF35 t (120 mg/l) und HF32 (maximal 84 mg/l) wurden Chlorid-Konzentrationen über 80 mg/l festgestellt, während die Chlorid-Konzentrationen in den restlichen Messstellen unter 50 mg/l liegen. Bei der Messstelle HF35 t ist aufgrund ihrer geographischen Lage potenziell eine Beeinflussung durch Tiefenwasser denkbar ist, wie auch bei der Messstelle HF 28 im Lockergestein (s. Kapitel 5.6.2).

Im Falle von Hydrogencarbonat lassen sich analog zum Lockergesteinsgrundwasserleiter erhöhte Konzentrationen in den nördlich gelegenen Messstellen feststellen, die höchsten wurden in HF38 und HF39 gemessen (s. Abbildung 25). Dies ist ein möglicher Hinweis auf einen höheren Einfluss durch die Auflösung von Karbonat-Mineralen wie Calcit. Die Nitrat-Konzentrationen liegen auf einem relativ niedrigen Niveau. Mit 13 mg/l finden sich die die höchsten Nitrat-Konzentrationen in der GWM HF39. In den restlichen Messstellen im Festgestein liegen diese bei maximal 3 mg/l und damit im Bereich bzw. zum Teil unterhalb der Nitrat-Bestimmungsgrenze. Die nahezu nitratfreien GWM HF32, HF34 und HF38 weisen zudem leicht reduzierende Verhältnisse im Grundwasser auf, was anhand der gemessenen Redoxspannung von -18 und -30 mV bzw. im Falle der Messstelle HF38 anhand der Ammonium-Konzentrationen festzustellen ist. Die Redoxspannung wurde bisher selten gemessen, sodass dieser Parameter für viele Messstellen nicht für die vorliegende Auswertung herangezogen werden kann. Aufgrund entsprechender Nitrat-Konzentrationen sind zumindest für die GWM HF39 reduzierende Bedingungen nahezu auszuschließen. Die Nitrit-Konzentration kann Hinweise auf stattfindende Denitrifikationsprozesse liefern. Zumeist liegt diese unter der Bestimmungsgrenze – in den Messstellen HF32 und HF34 leicht darüber und zeigt somit vermutlich an, dass im Grundwasser entsprechende Prozesse stattfinden und ursprünglich vorhandenes Nitrat über Nitrit zu elementarem Stickstoff reduziert wird.

Die gemessenen pH-Werte im Festgesteinsgrundwasserleiter liegen mit einer Ausnahme zwischen 7,3 und 7,8, somit sind die Wässer leicht alkalisch – ein Hinweis auf die erwähnte Pufferwirkung durch z. B. Karbonatminerale. Die Ausnahme bildet die GWM HF35 t mit annähernd neutralen Verhältnissen (pH 6,9). Durch die pH-Redox-Verhältnisse lassen sich u. U. auch die niedrigen Eisenkonzentrationen erklären, da Eisen in diesen Bereichen z. T. in Form von Eisenhydroxid oder Siderit vorliegt und somit nicht mobil ist.

Zusammenfassend lassen sich folgende Charakteristiken bzw. grundwasserprägende Prozesse für den Festgesteins-Grundwasserleiter festhalten:

- Das Grundwasser im Festgesteins-Grundwasserleiter ist relativ gering mineralisiert.
- Die Wasserbeschaffenheit wird auf Kationen- bzw. Anionenseite größtenteils von Calcium bzw. Hydrogencarbonat dominiert.
- Die nördlichen Messstellen zeigen im Allgemeinen höhere elektrische Leitfähigkeiten und Hydrogencarbonat-Konzentrationen als die südlichen Messstellen. Analog zum Grund-

wasser im Lockergestein ist auch hier ein regional höherer Einfluss durch Karbonatminerale zu vermuten.

5.6.4 Rohwasserbeschaffenheit der Förderbrunnen

Die hydrochemischen Befunde der Roh- und Rohmischwasseranalysen des Zeitraums 2010 bis 2021 lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

Die bakteriologischen Analysen der beprobten Rohwässer der Förderbrunnen waren im Betrachtungszeitraum nicht auffällig. Die Wasserproben waren gemäß Trinkwasserverordnung unter seuchenhygienischen Aspekten nicht zu beanstanden.

Die pH-Werte der Rohwasserproben bewegen sich im Betrachtungszeitraum mit 6,87 bis 7,73 im neutralen bis schwach basischen Bereich.

Die elektr. Leitfähigkeit (bei 25°C) bewegt sich zwischen rd. 922 µS/cm und 1.614 µS/cm.

Die Gesamthärte liegt zwischen 17,2 °dH und 25,1 °dH. Dem Wasch- und Reinigungsmittelgesetz (WMRG) nach ist das Rohwasser der Brunnen durchweg in den Härtebereich „hart“ einzustufen.

Der Parameter Chlorid weist Werte zwischen 116 mg/l und 260 mg/l auf (Abbildung 31). Temporäre Überschreitungen der Trinkwasserverordnung treten in den Jahren 2014 und 2015 am Brunnen Wiesestraße sowie damit einhergehend 2014 im Rohmischwasser am Wasserwerk auf. Der Grenzwert der TrinkwV für Chlorid von 250 mg/l [4][5] wurde in den übrigen Jahren eingehalten.

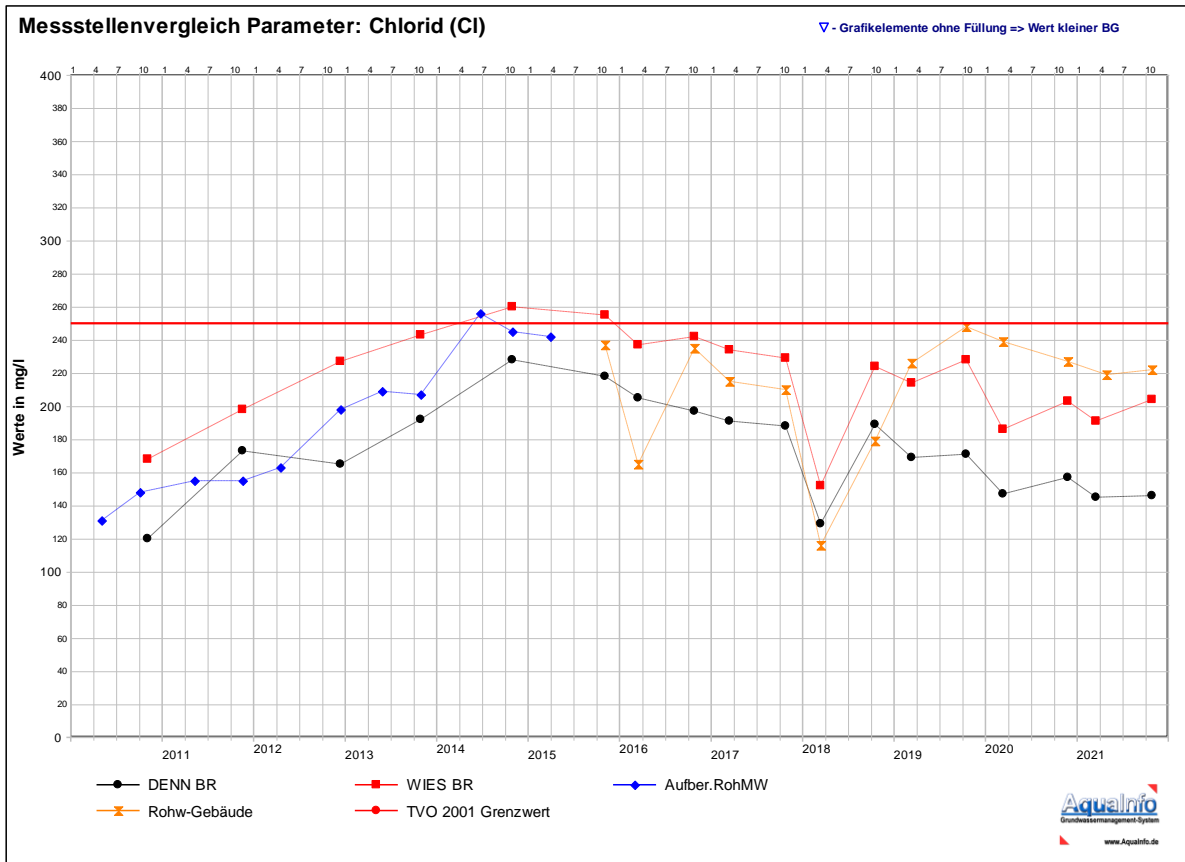


Abbildung 31: Chlorid-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021

Die Sulfat-Konzentrationen variieren von 63 – 94 mg/l (Abbildung 32). Die höchsten Sulfat-Konzentration wurden am Brunnen Wiesestr. Mit 94 mg/l festgestellt. In allen Rohwasserproben wird der Grenzwert der TrinkwV für Sulfat von 250 mg/l [4][5] nicht überschritten. Die Zeitreihen der Sulfatkonzentrationen zeigen für den Zeitraum seit 2010 bis 2021 ein gleichbleibendes Niveau. Alle Rohwasserproben befinden sich auf einem ähnlichen Konzentrationsniveau.

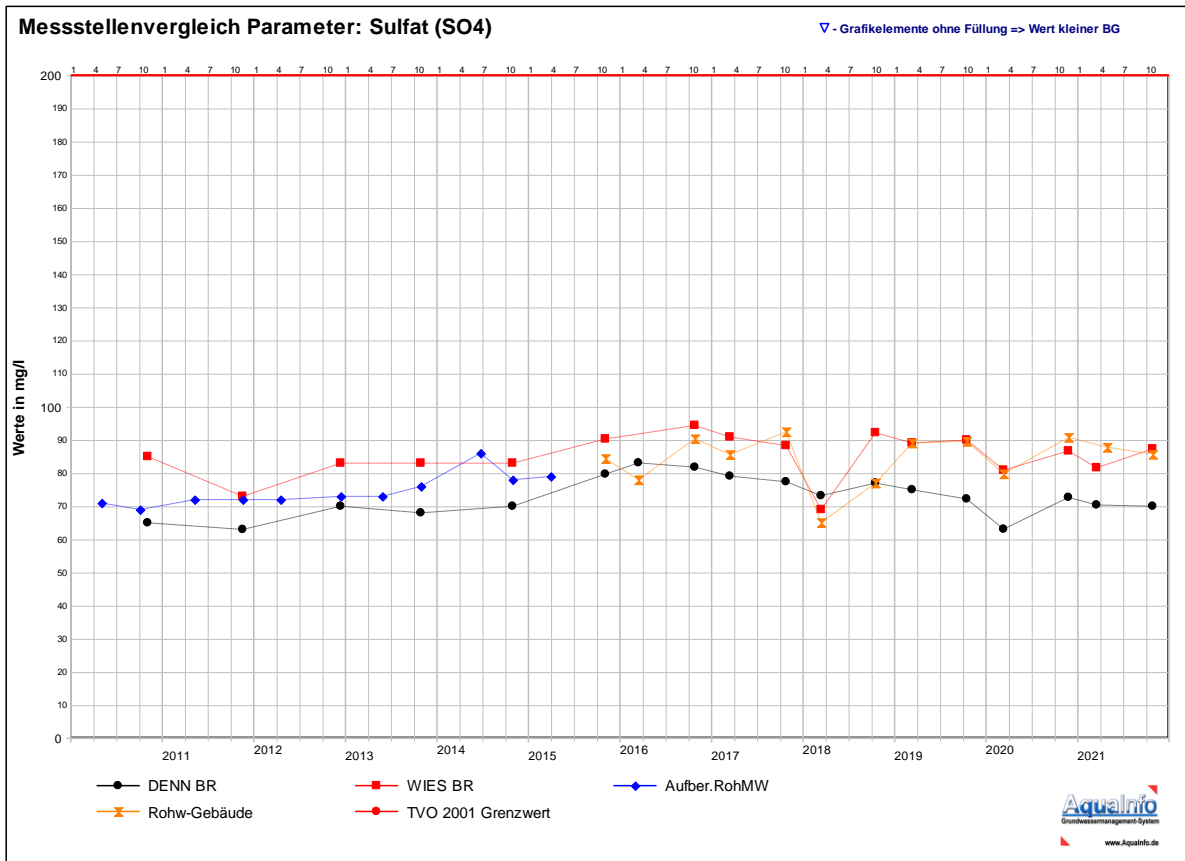


Abbildung 32: Sulfat-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021

Die Calcium-Konzentrationen betragen zwischen 94 mg/l und 143 mg/l (Abbildung 33). Analog zu Sulfat sind die höchsten Calcium-Konzentrationen am Brunnen Wiesestraße aufgetreten. Die Zeitreihen der Calcium-Konzentrationen korrelieren gut mit den Sulfat-Konzentrationen. Die Zeitreihen der Calcium-Konzentration zeigen für den Zeitraum seit 2010 bis 2021 ein gleichbleibendes Niveau. Alle Rohwasserproben befinden sich auf einem ähnlichen Konzentrationsniveau.

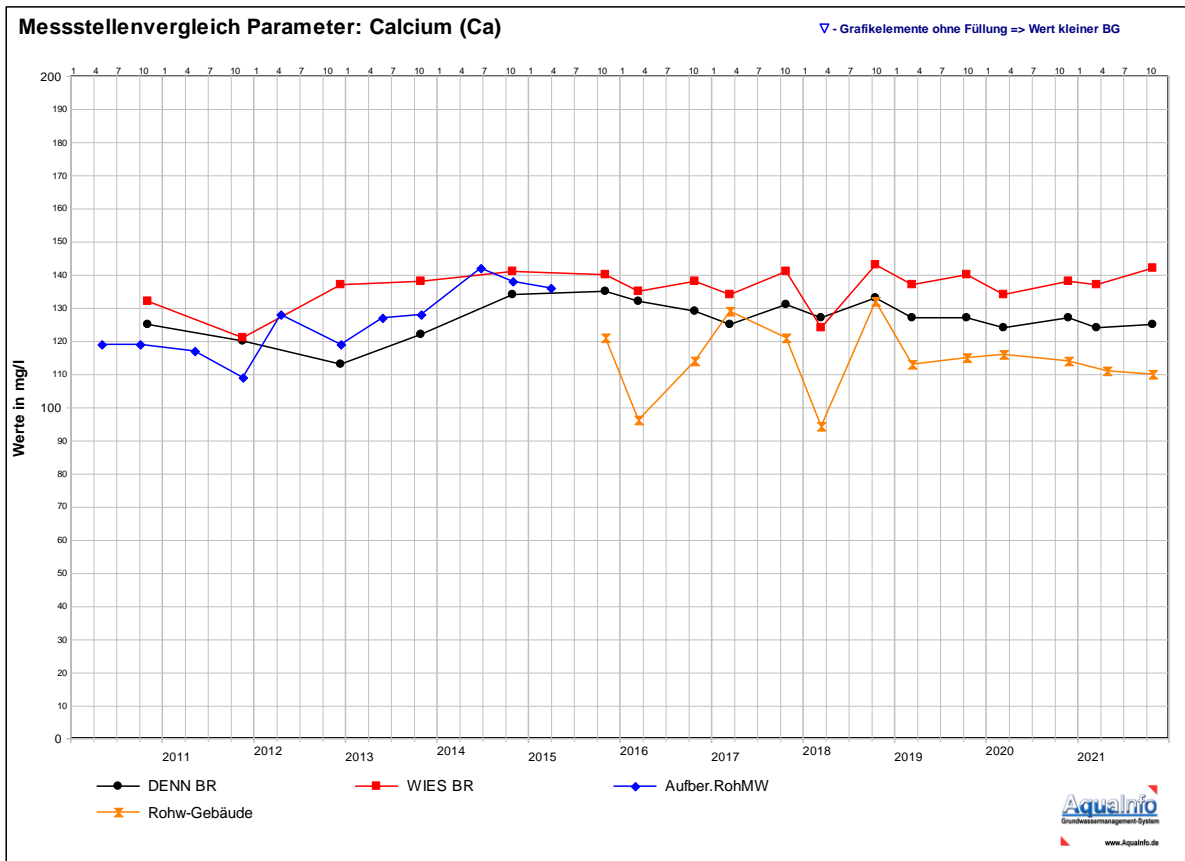


Abbildung 33: Calcium-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021

Hinsichtlich des Parameters Natrium wurden Konzentrationen von 58 - 141 mg/l festgestellt (Abbildung 34). Die höchsten Natrium-Konzentrationen wurden mit 141 mg/l an der Heberanlage der Brunnenstraße festgestellt. In allen Rohwasserproben wird der Grenzwert der TrinkwV für Natrium von 200 mg/l [4][5] nicht überschritten. Die Zeitreihen der Natriumkonzentrationen zeigen für den Zeitraum seit 2010 bis 2021 keinen Trend. Alle Rohwasserproben haben einen ähnlichen Konzentrationsverlauf.

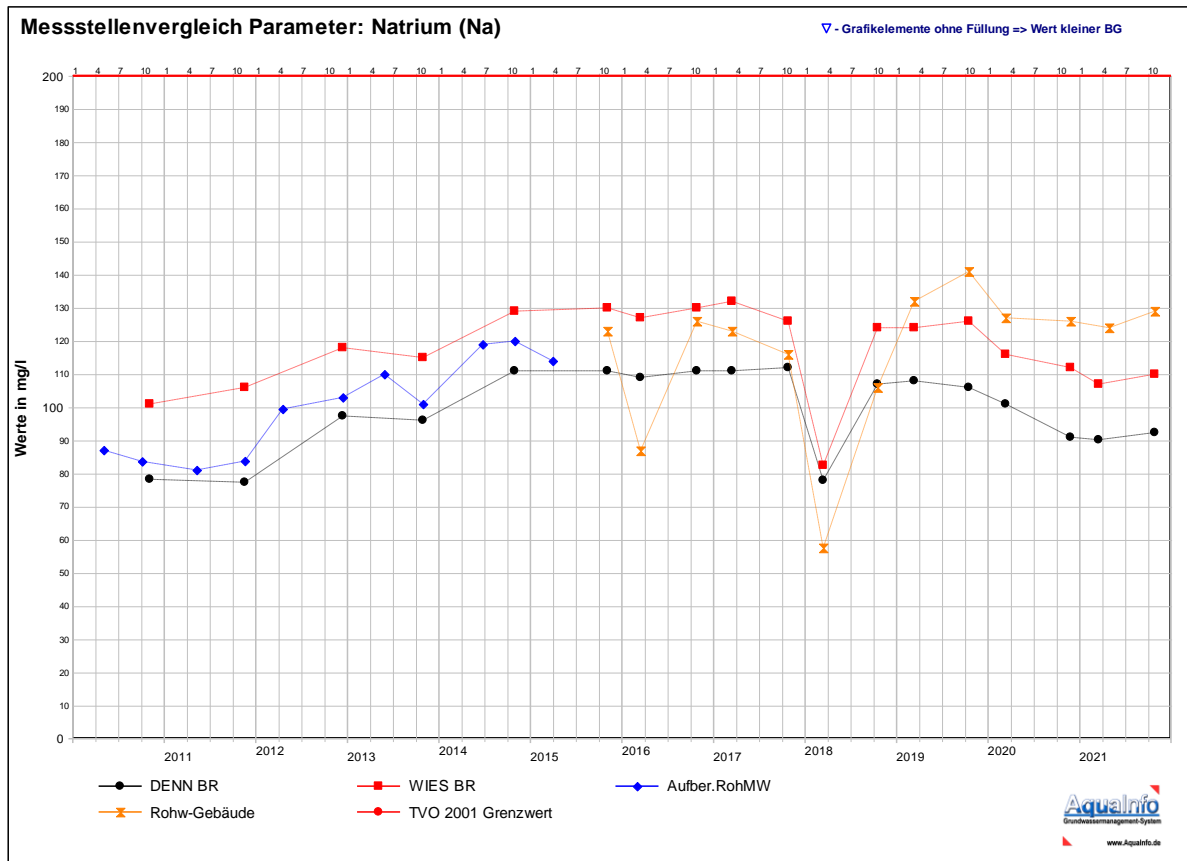


Abbildung 34: Natrium-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021

Die Magnesium-Konzentrationen schwanken im Rohwasser zwischen 17 mg/l und 24 mg/l (Abbildung 35). Die höchste Konzentration wird am Brunnen Wiesestraße mit 24 mg/l gemessen. Die Zeitreihen der Magnesium-Konzentration zeigen für den Zeitraum seit 2010 bis 2021 ein gleichbleibendes Niveau. Alle Rohwasserproben befinden sich auf einem ähnlichen Konzentrationsniveau.

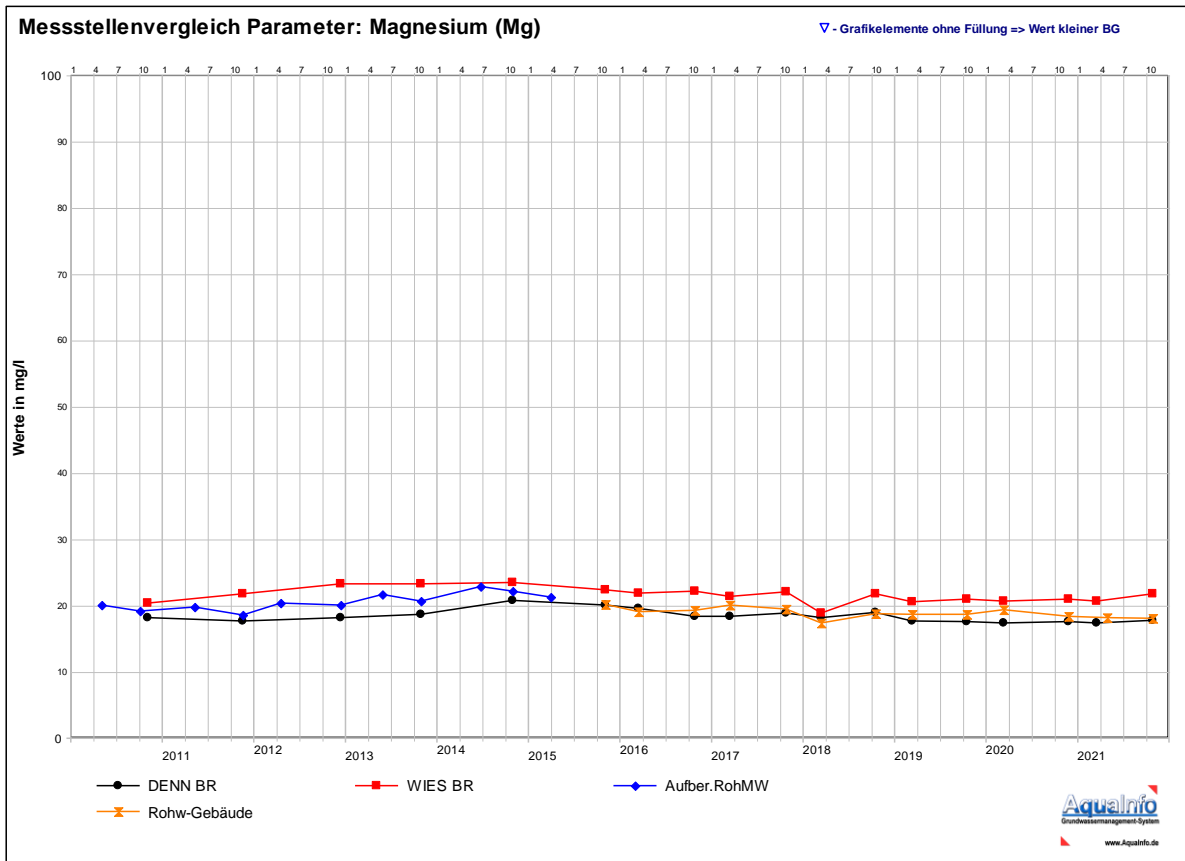


Abbildung 35: Magnesium-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021

Die Konzentrationen des Parameters Nitrat schwanken im Rohwasser zwischen 5 mg/l und 20 mg/l (Abbildung 36). An der Heberanlage Brunnenstraße werden mit 20 mg/l die höchsten Konzentrationen im März 2018 ermittelt. Im übrigen Betrachtungszeitraum schwanken die Werte des Rohmischwassers zwischen 5 mg/l und 15 mg/l. Trotz der leicht erhöhten Nitratkonzentrationen wird der Grenzwert der TrinkwV für Nitrat von 50 mg/l [4][5] noch deutlich unterschritten.

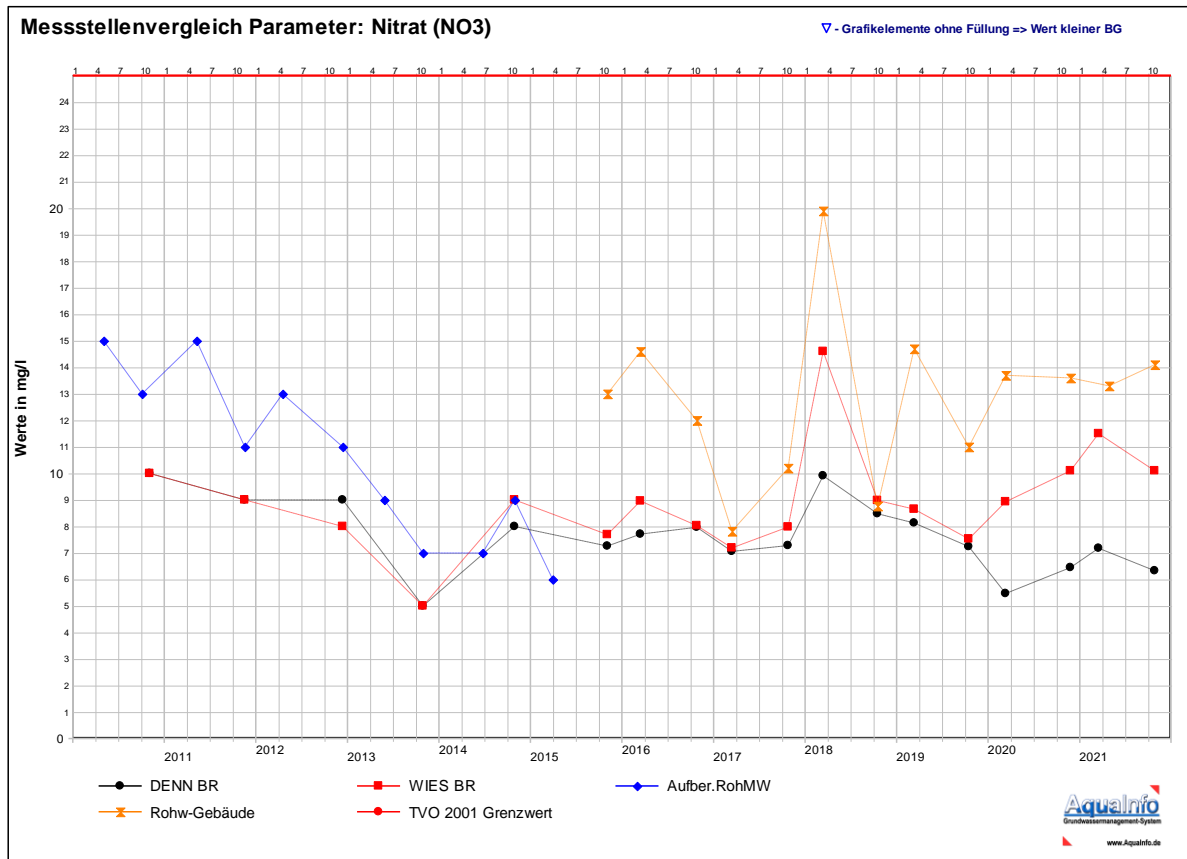


Abbildung 36: Nitrat-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021

Die Ammoniumkonzentrationen sind insbesondere im Brunnen Wiesestraße erhöht. (siehe Abbildung 37). Die sie liegen zwischen 0,02 und 1,5 mg/l. Die Ammoniumkonzentration liegt damit teilweise oberhalb des Grenzwertes der TrinkwV von 0,5 mg/l [4][5]. Am Brunnen Wiesestraße ist ab dem Jahr 2014 ein deutlicher Konzentrationsrückgang von 1,5 mg/l auf etwa 1 mg/l zu verzeichnen und unterliegt dann Schwankungen ohne abnehmende oder zunehmende Tendenzen.

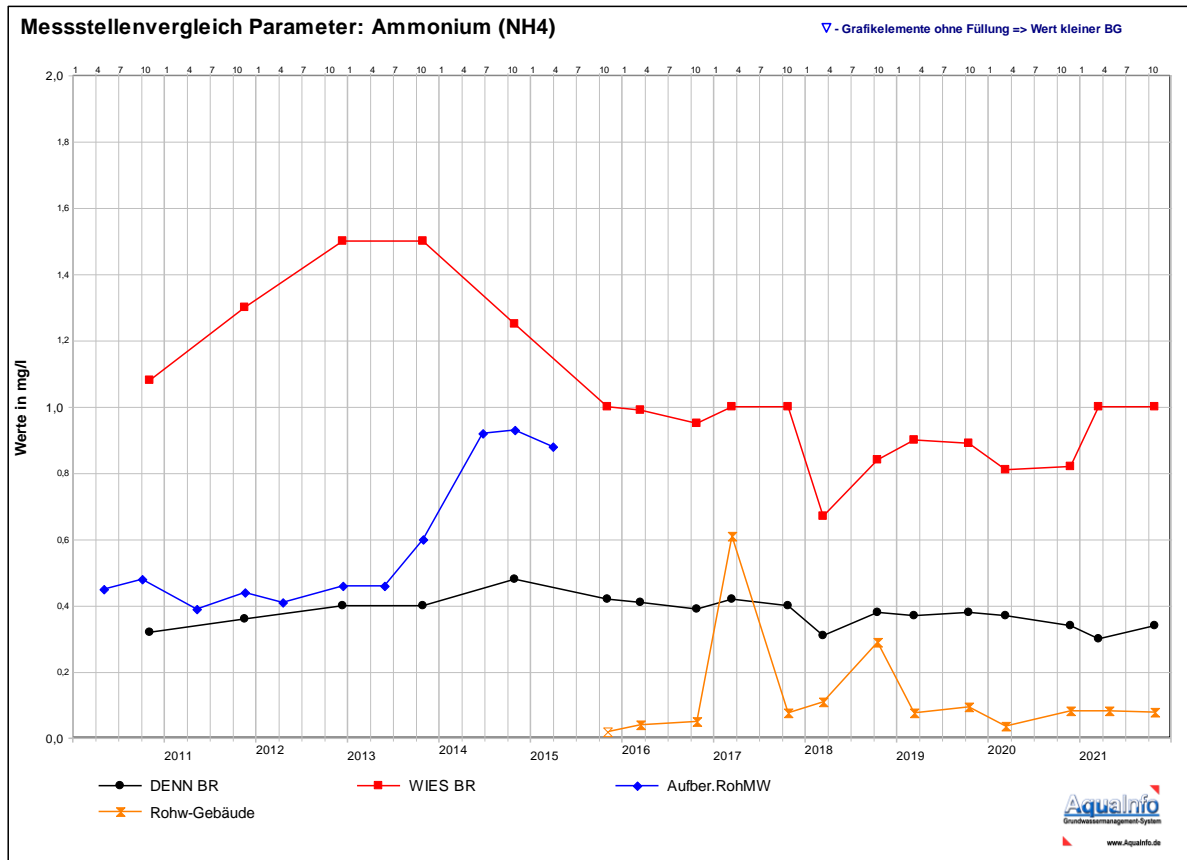


Abbildung 37: Ammonium-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021

Im Rohwasser der Förderbrunnen sind hohe Eisen- und Mangan-Konzentrationen zu verzeichnen (Abbildung 38 und Abbildung 39). Die Eisen-Konzentrationen liegen zwischen 0,01 und 0,309 mg/l und die Mangan-Konzentrationen bei 0,01 - 0,336 mg/l. Die Eisen- und Mangan-Konzentrationen liegen damit teilweise oberhalb der jeweiligen Grenzwerte der TrinkwV von 0,2 mg/l für Eisen bzw. 0,05 mg/l für Mangan [4][5] und sind verantwortlich für die benötigte Wasseraufbereitung. An der Heberanlage wurden im Frühjahr 2018 außerordentlich hohe Konzentrationen an Eisen (0,309 mg/l) festgestellt. Ein weiterer erhöhter Eisenwert wurde am Brunnen Wiesestraße im Jahr 2019 mit 0,289 mg/l festgestellt. Alle übrigen Messwerte im Betrachtungszeitraum liegen unterhalb des Grenzwertes der TrinkwV.

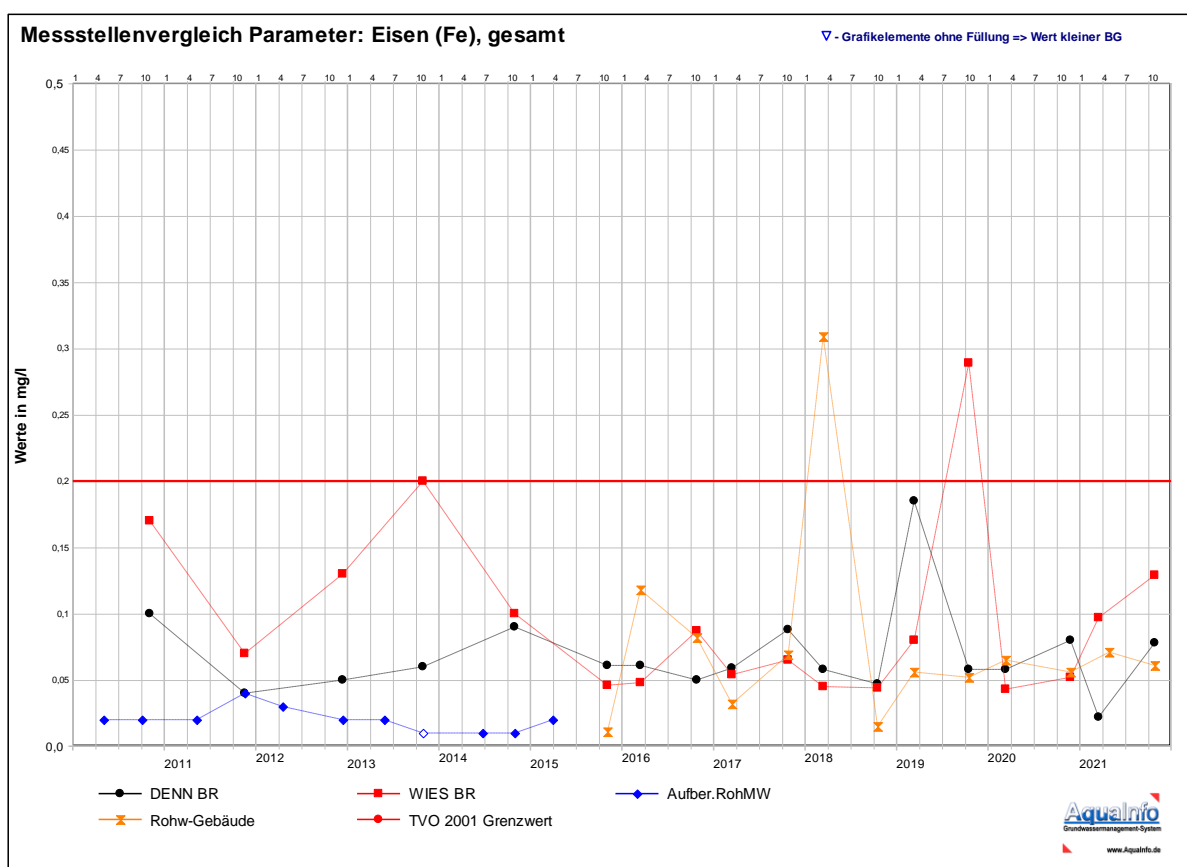


Abbildung 38: Eisen-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021

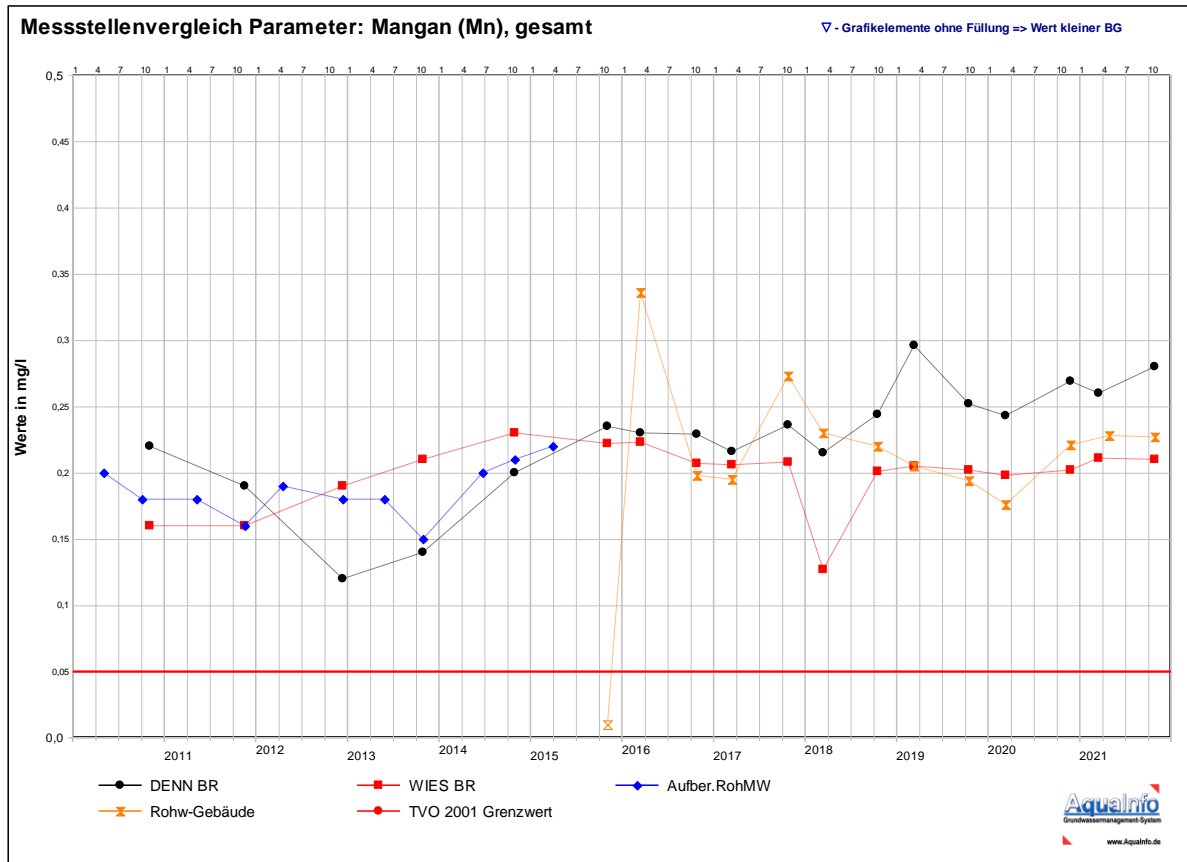


Abbildung 39: Mangan-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021

In der Anlage 5 sind die Ganglinien der Parameter Calcium, Sulfat, Chlorid, Magnesium sowie elektr. Leitfähigkeit und Gesamthärte gemeinsam für die einzelnen Brunnen/Messpunkte dargestellt. An den Ganglinien der Brunnen sind überwiegend Verläufe auf gleichbleibendem Niveau zu erkennen. Ein Anstieg zeichnet sich im Betrachtungszeitraum 2010 - 2021 einzig für die Chloridkonzentration in den Jahren 2010 bis 2015 ab. Dieser verbleibt an der Heberanlage ab 2015 auf etwa gleichbleibendem Niveau, während die Konzentration an den Brunnen Dennewitzstraße und Wiesestraße wieder sinkt.

6 Numerisches Grundwasserströmungsmodell

6.1 Ziel und Prinzip des Grundwassermodells „Herford-Brunnenstraße“

Die Einzugs- und Beeinflussungsgebiete der Förderbrunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße sind gemäß Merkblatt der Bezirksregierung Detmold [U 1] anhand von Modellberechnungen zu ermitteln. Ziel dieser Modellberechnung ist der Nachweis einer nachhaltigen Gewinnbarkeit der zu beantragenden Grundwassermengen anhand der Bilanzierung des nutzbaren Grundwasserdargebots sowie die Ermittlung zur Abgrenzung der Einzugsgebiete und förderbedingten Absenkungen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße.

Der Aufbau des numerischen Modells orientiert sich an den Ausführungen zur Vorgehensweise des DVGW-Regelwerks Arbeitsblatt W 107 [13].

Zur Modellberechnung des Bilanzgebiets der Brunnen an der Herford-Brunnenstraße, Wie-sestraße und Dennewitzstraße wurde das Programmsystem FEFLOW 7.1 (DHI-WASY GmbH) verwendet, ein numerisches, dreidimensionales Grundwasserströmungsmodell mit Finiten Elementen zur Diskretisierung, welches im instationären Modus eingesetzt wurde.

Als Grundlage für den Schichtaufbau diente ein hydrogeologisches Strukturmodell. Das Modell bildet in idealisierter, vereinfachter Weise die hydrogeologische Struktur des Untersuchungsraums mit seinen relevanten grundwasserleitenden und -geringleitenden Einheiten und damit die hydrogeologischen Verhältnisse und Eigenschaften des Untergrunds ab.

6.2 Abgrenzung des Grundwassermodellgebiets

Das verwendete Grundwassermodell beruht auf einem bereits in vorangegangenen Arbeitsschritten erstellten Modell des Gewinnungsgebietes Herford-Brunnenstraße [U 11]. Die Abgrenzung erfolgte so, dass die förderbedingten Einflussbereiche der Wassergewinnung gemäß DVGW-Regelwerk Arbeitsblatt W 107 [17] fachgerecht zu ermitteln sind.

Die konkrete Abgrenzung des Modellgebietes basiert auf hydrologischen und hydrogeologischen Erkenntnissen unter Berücksichtigung der Stromlinien und Isohypsen, der oberirdischen Einzugsgebiete und der vorhandenen Pegelstandorte (siehe Abbildung 40). Es wurde darüber hinaus ausreichend groß (25,9 km²) innerhalb des Untersuchungsgebietes gewählt, um die förderbedingten Auswirkungen, insbesondere auf die Werre hinreichend genau abbilden zu können. Die Abgrenzung des Modellgebietes ist ergänzend in der Anlage 1.1 dargestellt.

Die südöstliche Modellgebietsabgrenzung verläuft normal (im rechten Winkel) zu den Isolinen (Standrohrspiegelhöhen des „Grobmodells“) zwischen dem Stadtwald Bad Salzuflen im Osten bis zur Ortschaft Buxten im Süden. Als Grundlage wurde ein verhältnismäßig grober Plan der Grundwasser Oberfläche aus einem Grobmodell [U 11] als Basis (u.a.) für die Abgrenzung des Grundwassermodellgebiets verwendet. Die westliche Begrenzung bildet der Flachsbach von Buxten bis zur Mündung in die Aa. Die nordwestliche Begrenzung bilden die Aa, bis zur Mündung in die Werre, sowie die Werre. Die Begrenzung im Norden folgt dem Verlauf des Uhlenbaches. Im Nordosten bis Südosten verläuft die Begrenzung entlang der Grundwasserscheide im Bereich des Stuckenbergs und Obernbergs bis zum Stadtwald Bad Salzuflen.

Das Modellgebiet ist in seiner Ausdehnung so gewählt, dass sowohl die Einzugsgebiete, als auch die förderbedingten Einflussbereiche der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße (förderbedingte Absenkung) die Modellränder nicht erreichen. Es erstreckt sich in West-Ost-Richtung maximal 5,8 km, Die größte Nord-Süd-Ausdehnung beträgt 6,3 km. Die Fläche des Modellgebietes umfasst 25,9 km². Das Gebiet ist für die Modellierung somit ausreichend groß bemessen, um die Einzugsgebiete und Beeinflussungsgebiete (förderbedingte Absenkungen) der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße sicher abzudecken (vgl. Kap. 9.5).

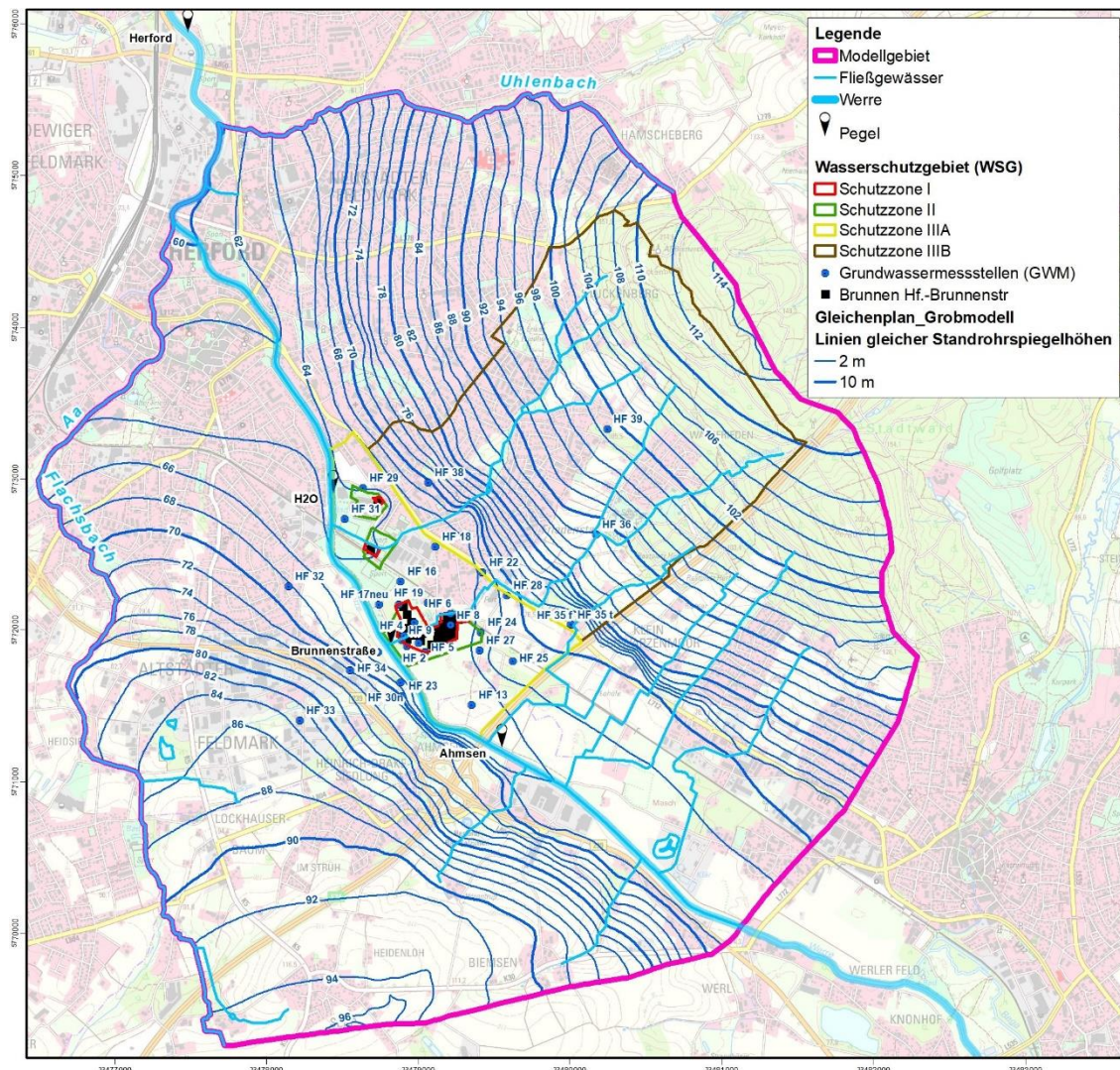


Abbildung 40: Abgrenzung des Modellgebietes

6.3 Aussagegebiet

Um Beeinflussungen der Modellberechnungen durch die Modellränder und deren definierte Randbedingungen möglichst gering zu halten, wurde, wie oben beschrieben, ein ausreichend großes Modellgebiet festgelegt. Das Aussagegebiet beinhaltet in etwa das Teilgebiet des Modells, in dem aufgrund ausreichend vorhandener Grundwassermessstellen (vgl. Anlage 1.1) eine

gute Kalibriergenauigkeit und damit eine zuverlässige Aussagegenauigkeit für die Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße erreicht werden konnte. Es beschränkt sich auf die Lockergesteinsgebiete mit seinem Hauptgrundwasserleiter, aus dem die Förderbrunnen ihre Entnahmen beziehen.

Die Festgesteinsgebiete im Norden und Süden sind im Modellgebiet einbezogen, da ein signifikanter Grundwasseranteil aus diesen Gebieten in Richtung der Förderbrunnen im Werretal strömt. Im Festgestein gibt es aber nur wenige Grundwassermessstellen (vgl. Anlage 1.1), die für eine verlässliche Modellkalibrierung des Kluftgrundwasserleiters im Modellgebiet nicht ausreichen. Zudem gibt es zu wenige Informationen über die Klüftigkeit und die resultierenden Durchlässigkeiten im Festgestein. Im Kluftgrundwasserleiter treten erfahrungsgemäß häufig bevorzugte Wasserwegsamkeiten auf, die im Detail nicht bekannt sind und in der Regel ohne unverhältnismäßig hohen Aufwand nicht ermittelbar sind.

Die Festgesteinsgebieten in denen das Festgestein oberflächennah ansteht, so wie in der Abbildung 41 dargestellt, werden deshalb nicht als Teil des Aussagegebiets betrachtet. Für diese Gebiete werden die modellberechneten Ergebnisse zu den ermittelten förderbedingten Absenkungen und Flurabständen nicht dargestellt (siehe Kap. 8.2 und 8.3, sowie 9.3 und 9.4).

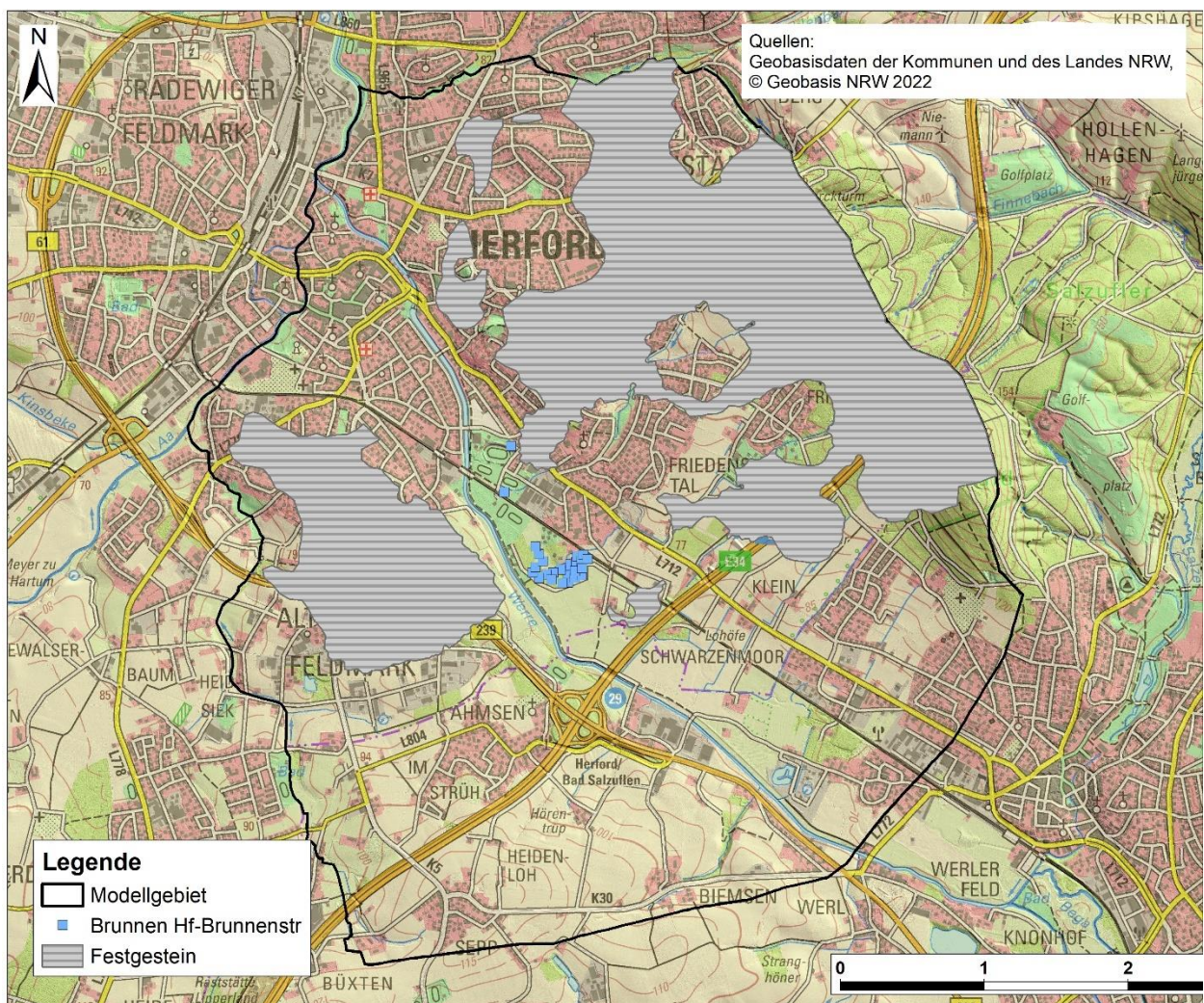


Abbildung 41: Oberflächennahe Verbreitung des Festgesteins

- Hydrogeologisches Gutachten -

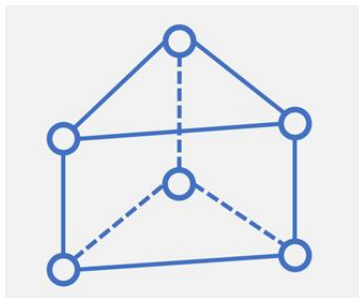
Die Einzugsgebiete wurden in den Festgesteinsgebieten nach hydrogeologischen Gesichtspunkten abgegrenzt. Für die hier erforderliche Fragestellung reichen die hydrogeologischen Informationen über das Festgesteinsgebiet aus, um das Einzugsgebiet nach Süden hin, wie dargestellt (siehe Kap. 8.4 und 9.6), fachlich begründet abgrenzen zu können.

6.4 Modellaufbau

6.4.1 Horizontale Diskretisierung

Die horizontale Abgrenzung des Modellgebiets erfolgte anhand eines Polygons (sog. 'Superelement') mit einer Größe von ca. 25,9 km². Zusätzlich wurden die Vorfluter und sämtliche bekannten Entnahmekbrunnen als Linien- bzw. Knoten-'Superelemente' vorgegeben, wodurch erreicht wird, dass bei der Generierung des Netzes die Netzknotenpunkte exakt auf diesen Superelementen liegen.

Das numerische Finite-Elemente Netzgitter wurde mit dem in FEFLOW integrierten Mesh-



Generator nach dem Verfahren „Triangle“, entwickelt von J. R. SHEWCHUK (© 2005) an der University of California in Berkeley, erstellt. In horizontaler Ebene entstehen Dreieckselemente. Da bei der vorliegenden Dreidimensionalität die einzelnen horizontalen Netzebenen (s.u.) vertikal miteinander verbunden sind, entstehen zwischen den Netzebenen Prismen mit sechs Knotenpunkten (siehe nebenstehende Skizze).

Auf dieser Grundlage wurde das horizontale Diskretisierungsnetz aus Dreiecken generiert und anschließend im Bereich der Grundwasserentnahmen und der Vorfluter weiter verdichtet (vgl. Abbildung 42).

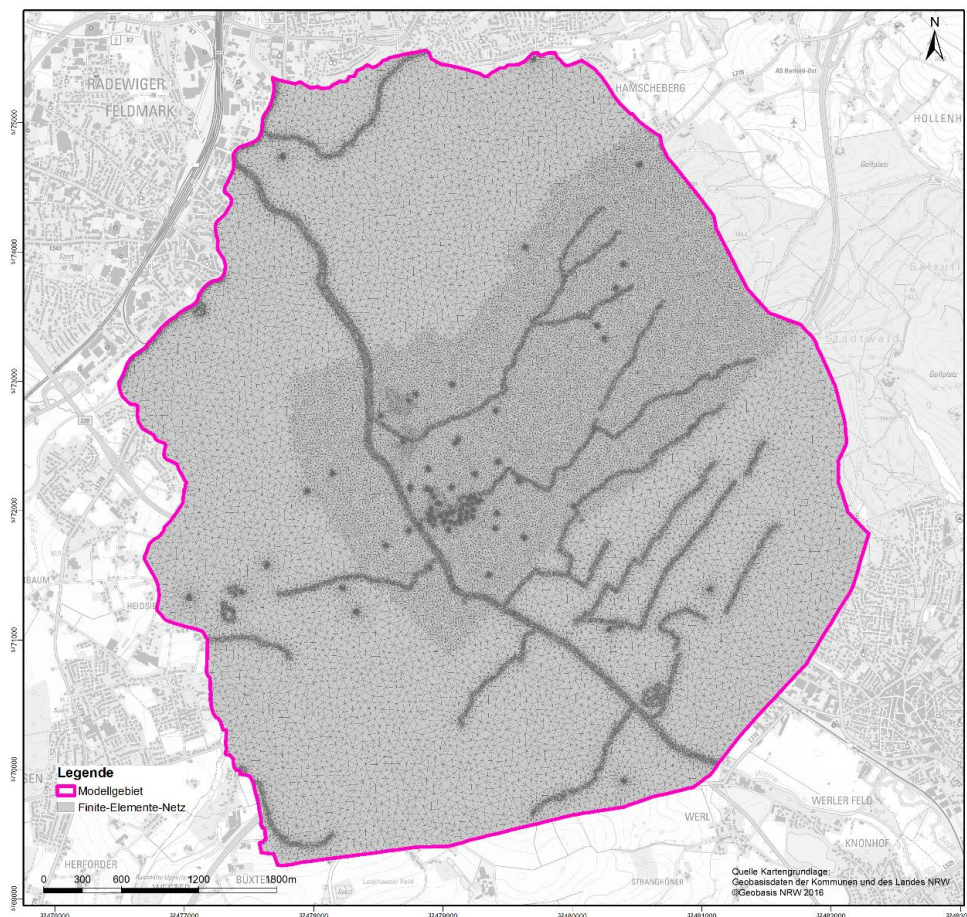


Abbildung 42: Räumliche Darstellung des Netzgitters

Das verdichtete Netzgitter besteht je horizontaler Knotenebene (Slice) aus:

- Anzahl der Knoten 38.528
- Anzahl der Elemente 76.203
- mittlere Elementgröße 339,9 m²
- größtes / kleinstes Element 4.618,3 m² / 0,01 m²

6.4.2 Vertikale Diskretisierung

Die vertikale Diskretisierung stellt u. a. die hydrogeologische Struktur des Modellgebiets dar und wird durch sogenannte „Modell-Layer“ beschrieben. Die Modell-Layer werden im Top (Oberkante) bzw. an der Basis (Unterkante) jeweils durch Netzebenen (Slices) begrenzt, die miteinander gekoppelt sind. Die hydrogeologischen Eigenschaften des Modellgebiets werden durch 9 Modellschichten (Layer) beschrieben. Hieraus ergeben sich insgesamt 10 Slices. Das gesamte Netzgitter besteht, entsprechend dieser vertikalen Diskretisierung aus:

- Gesamtzahl der Knoten 385.280
- Gesamtzahl der Elemente 685.827

Die Mächtigkeiten und die räumliche Lage der Layer entsprechen dem hydrogeologischen Strukturmodell. Eine modelltechnisch begründete Ausnahme bildet der Modellgrundwasserleiter L1 und das Festgestein des Lias-Tonsteins, welche durch je zwei Layer beschrieben werden:

- Die Aufteilung der Modellschicht L1 in zwei Layer liegt darin begründet, dass die Einbindetiefe der Gewässerrandbedingung und damit die Austauschfläche zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser einheitlich mit 1 m berücksichtigt werden soll. Weiterhin wird durch die Mindestmächtigkeit von 0,3 m eine durchgehende Bodenauflage im Modellgebiet berücksichtigt.
- Der Lias-Tonsteins wurde in zwei Layer aufgeteilt, um im oberen Bereich im Übergang zum Lockergestein noch einen Verwitterungshorizont berücksichtigen zu können.

Die nachfolgende Prinzipskizze in Abbildung 43 zeigt die vertikale Diskretisierung der hydrogeologischen Einheiten.

Strukturmodell			
Bezeichnung	Stratigraphie	Layer	Slice
DGM5			S1
L1, H1, Boden		L1	S2
L1	qh/mS-gS/f	L2/L3	S3
H1	qh-qw/U-ffS/Lo	L2/L3	S4
L2	qw-qs/S-G/f, gf	L4	S5
H2	qs/U(t,s,g), U-T/Mg, b	L5	S6
L3 QB	qs/fs-gS/gf	L6	S8
JU	jlm, jlu (Lias)	L7/L8	S9
Trias	ko (Oberer Keuper)	L9	S10

Abbildung 43: Vertikale Diskretisierung des Modells, schematisiert

Der **Modellgrundwasserleiter Boden** bildet die oberflächennahe, gesondert parametrisierte Schicht des Modellgrundwasserleiters 1, des Modellgrundwasserhemmers H1 sowie einer Bodenauflage im Bereich des Festgesteins und ist im gesamten Modellgebiet verbreitet. In den Festgesteinsbereichen repräsentiert er eine geringmächtige Bodenauflage von etwa 0,3 m.

Der **Modellgrundwasserleiter L1** ist im Bereich kleiner Flusstäler in den Hochlagen verbreitet und hat einen gesamten Mächtigkeitbereich zwischen 0,1 m und 10 m.

Der **Modellgrundwasserhemmer H1** ist überwiegend in den Hangbereichen als Lössauflage sowie als Auensediment im Werretal verbreitet. Der Modellgrundwasserleiter L1 und der Modellgrundwasserhemmer H1 sind im Schichtenmodell des Grundwassermodells so berücksichtigt, dass eine definierte Einbindetiefe der Gewässer von 1 m ermöglicht wird. H1 hat einen Mächtigkeitbereich zwischen 0,1 m und 6 m.

Der **Modellgrundwasserleiter L2** (Niederterrasse, Schmelzwassersande) bildet den Hauptgrundwasserleiter und ist im Werretal verbreitet. L2 hat einen Mächtigkeitbereich zwischen 0,1 m und 19 m.

Der **Modellgrundwasserhemmer H2** (Grundmoräne, Beckenablagerungen) ist überwiegend in den Hochlagen und Hangbereichen des Modellgebiets verbreitet und liegt meist direkt auf dem Festgestein auf. H2 hat einen Mächtigkeitbereich zwischen 0,1 m und 15 m.

Der **Modellgrundwasserleiter L3** (Schmelzwassersande) hat nur eine sehr geringe flächenhafte Verbreitung im Modellgebiet. L3 hat einen Mächtigkeitbereich zwischen 0,1 m und 6 m.

Der **Modellgrundwasserhemmer Lias Tonstein (JU)** stellt einen Kluftgrundwasserleiter dar und ist im Modellgebiet weit verbreitet. Er erstreckt sich vom Rand der Hochlagen im Nordwesten aus in das gesamte Modellgebiet. Er wird im Grundwassermodell in zwei Schichten berücksichtigt, sodass im Übergangsbereich zwischen Lockergestein zum Festgestein eine Verwitterungsschicht mit einer Mächtigkeit von 5 m gesondert parametrisiert werden kann. Der Lias Tonstein hat einen Mächtigkeitbereich im Grundwassermodell zwischen 0,1 m und 136 m.

Der **Modellgrundwasserhemmer Keuper (Ko, Trias)** ist überwiegend im Bereich der Hochlagen im nordwestlichen Modellgebiet vorhanden. Der Modellgrundwasserhemmer Keuper hat einen Mächtigkeitbereich zwischen 0,1 m und 232 m.

6.4.3 Randbedingungen

Alle relevanten Grundwasserentnahmen wurden als Randbedingung 4. Art in Form von „Multi-Layer-Brunnen“ bzw. als „Brunnenrandbedingung“ lagetreu, je nach vertikaler Lage der bekannten Filterstrecken, in das Modell integriert.

Die Randbedingungen zur Abbildung der Grundwasserentnahmen wurden entsprechend ihrer Datengrundlage belegt (vgl. Kap. 5.2).

Zur Abbildung der Grundwasserentnahmen im Modellgebiet wurden insgesamt 45 Randbedingungen vergeben. Insgesamt ergeben sich auf die Weise 33 Multi-Layer-Brunnen und 28 Brunnenrandbedingungen im Grundwassermodell. Für Entnahmehäuser wurde die Entnahmetiefe

(Filterlage), wenn verfügbar, entsprechend des Brunnenausbaus gesetzt, andernfalls über vorhandene Bohrprofile abgeschätzt.

Für die zu modellierenden Variantenrechnungen (Null, Ist, Prognose) werden für alle Fremdentnehmer die genehmigten Entnahmemengen nach Wasserrecht (2020) berücksichtigt.

Fließgewässer

Teile der äußeren Modellgrenze im Bereich des Flachsaches und der Aa, wurden als Randbedingung 3. Art ("Cauchy-Randbedingung") definiert. Weiterhin sind alle in das Modell integrierten Gewässer mit einer Randbedingung dritter Art belegt worden. Sie gilt für die Slices 1, 2 und 3.

Die Wechselwirkung der Vorfluter mit dem Grundwasser, insbesondere der Wasseraustausch zwischen Grundwasserleiter und Vorfluter wird auf der Grundlage des Darcy-Gesetzes beschrieben bzw. berechnet. Dabei parametrisiert die Transferrate die hydraulischen Eigenschaften der Gewässersohle, die sog. "Kolmationsschicht". Austausch an den Gewässern berechnet sich folgendermaßen:

$$Q = A * \Phi * (h_2 - h)$$

mit:

Q = Menge des Wasseraustauschs zwischen Gewässer und Grundwasser

A = Wasserbenetzte Fläche auf der ein Austausch zwischen Grundwasser und Gewässer stattfindet (Gewässerbreite / -tiefe)

h_2 = Wasserstände in den Gewässern

h = Standrohrspiegelhöhe (Grundwasser) am Gewässer

Φ = „**Transferrate**“ (Leakage), $\Phi = K/d$; Quotient aus k_f -Wert der Kolmationsschicht (K) und Mächtigkeit der Kolmationsschicht (d). Es wird unterschieden zwischen infiltrierenden und drainierenden Verhältnissen (siehe Abbildung 44)

Die hydraulischen Eigenschaften der Kolmationsschicht können jedoch im natürlichen System nur mit großem Aufwand und nicht flächendeckend gemessen werden. Daher sind sie Gegenstand der Kalibrierung.

Die Sensitivität dieser Parameter hinsichtlich der berechneten Grundwasserstände (h) im Vergleich zu den Messwerten und den berechneten Abflussmengen wurden in einer entsprechenden Analyse näher untersucht (siehe 6.5.5).

Da die Wasserstände und die Geometrien der Gewässer nicht verändert werden, erfolgt die Kalibrierung des Wasseraustausches zwischen Gewässern und Grundwasser über eine Bestimmung bzw. Anpassung der Transferraten anhand des Vergleiches zwischen gemessenen und berechneten

- Abflussmengen der Gewässer,
- Standrohrspiegelhöhen der Grundwassermessstellen

sowie Prüfung im Rahmen der Gesamtbilanz.

Die Fläche für den Austausch zwischen Grundwasser und Gewässern wird modelltechnisch

durch eine vertikale Fläche (Einbindetiefe) zwischen den Modellslices 1, 2 und 3 definiert.

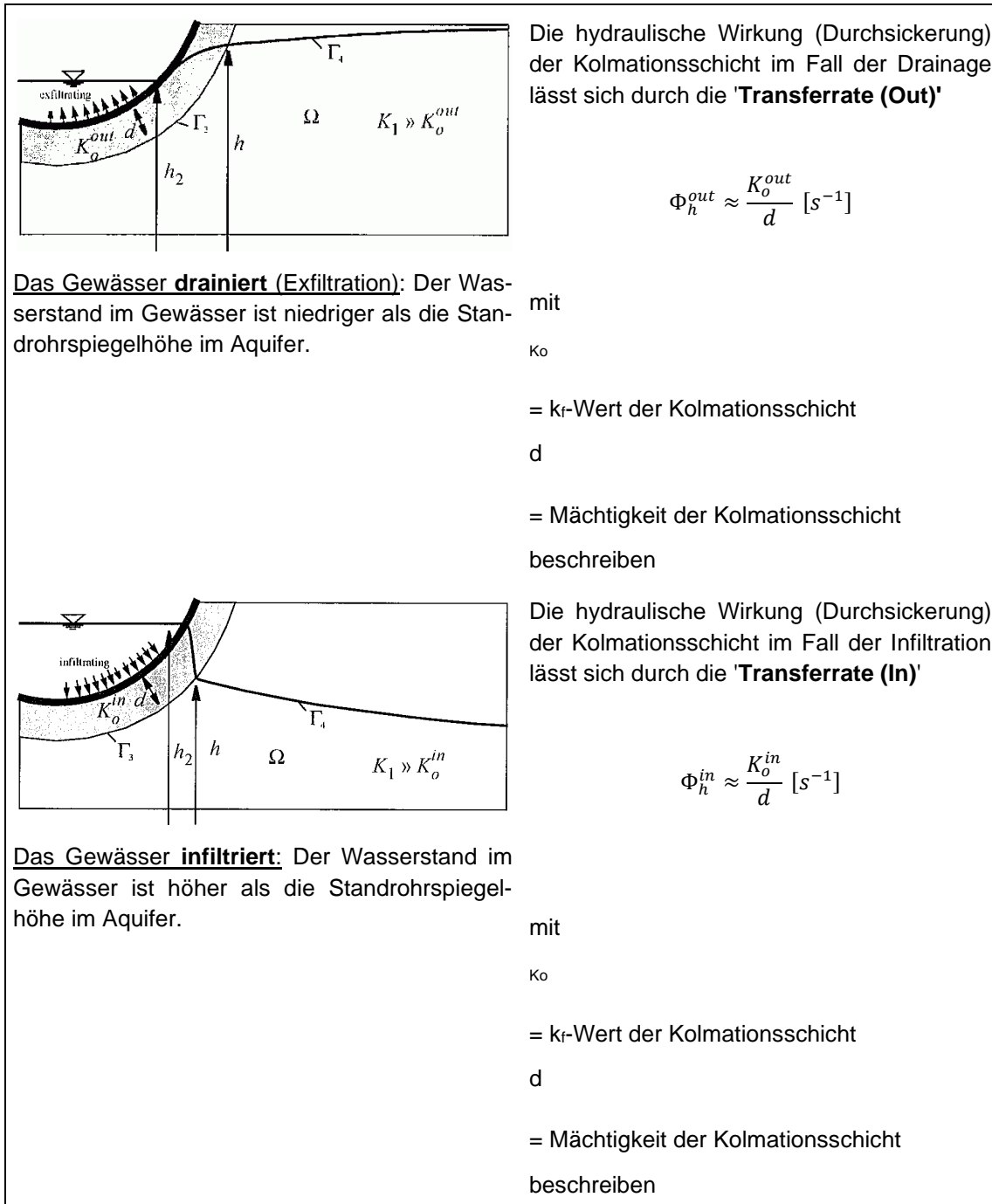


Abbildung 44: Randbedingungen der Gewässer

Alle Gewässer reichen bis auf das Slice 3. Für das Slice 3 wurde ein für das gesamte Modellgebiet einheitlicher Abstand von einem Metern unter GOK definiert. Diese modelltechnische Vereinheitlichung wurde aus den folgenden Gründen eingeführt:

- Zur Definition eines Gewässers müssen im Modell immer jeweils benachbarte Knoten(-

reihen) mit den entsprechenden Randbedingungen 3. Art belegt werden, so dass zwischen den Knoten eine Fläche entsteht.

- Werden die Flüsse, wie in den meisten Fällen, als Linien in der obersten Knotenpunktebene (Slice 1) definiert, liegt der jeweilige nächste benachbarte Knotenpunkt auf der nächst tieferen Ebene (Slice 2). Die Flächen, die zwischen diesen so definierten Knoten liegen, bilden die Flächen für die Berechnung des Wasseraustausches zwischen Gewässer und Grundwasser.
- Die reale Mächtigkeit der oberen Schicht nach hydrogeologischen Strukturmodell schwankt sehr stark. Würden die Gewässer zwischen Geländeoberkante und der Basis der oberen Schicht definiert, entstünden im Verlauf der Gewässer sehr stark variierende Größen der Austauschflächen. Bei geringen Mächtigkeiten wären nahezu keine Austauschflächen vorhanden.
- Um diesen Effekt zu vermeiden und die Größe der Austauschflächen zu vereinheitlichen, wurde für das Slice 3 (als modelltechnische „Hilfsebene“) ein einheitlicher vertikaler Abstand von 1 m zur GOK definiert.

Rechnerisch ergibt sich hieraus pro laufendem Meter Gewässer eine Austauschfläche von maximal 1 m². Da das Modell aber im phreatischen Modus rechnet, ist die Austauschfläche, wie in der Realität auch, von der errechneten Standrohrspiegelhöhe des Grundwassers im Verhältnis zu Lage der Grundwassersohle abhängig.

Für kleine, schmale Gewässer ist die so definierte modelltechnische Austauschfläche ggf. zu groß. Dies wird durch eine entsprechende kleinere Transferrate für diese Gewässer berücksichtigt.

Um modelltechnisch zu simulieren, dass die Hauptvorfluter (Aa und Werre) eine stärkere Vorflutwirkung als die „kleinen“ (Neben-) Gewässer aufweisen, wurden diese mit entsprechend größeren Werten der Transferrate berücksichtigt.

Die Gewässerhöhen (gültig für mittlere Wasserstände) wurden nach dem folgenden pragmatischen Ansatz bestimmt:

Pegeldaten des LANUV standen für die Pegel Ahmsen und Herford zur Verfügung und wurden entsprechend verwendet. Zusätzlich standen die Wasserstände des Pegels H2O (PM1, Werre) im Bereich der Entnahmebrunnen Wiesestraße und Dennewitzstraße sowie des Pegels Brunnenstraße (PM2, Werre) im Bereich der Entnahmebrunnen an der Brunnenstraße zur Verfügung.

Für alle übrigen Gewässer wurden die Wasserstände aus dem digitalen Geländemodell (DGM5) abgeleitet. Aufgrund der Ungenauigkeiten der Höheninformationen in Gewässernähe wurden die Wasserstände korrigiert, so dass in Fließrichtung ein kontinuierliches Gefälle gewährleistet ist. Weiterhin wurde das Wehr am Berger Tor bei der Interpolation der Wasserspiegellagen berücksichtigt.

Für die Haupt-Vorfluter wurden Startwerte für den „Transfer-Out“ zwischen 0,4 und 0,2 [1/d] ermittelt, was bei einer angenommenen Mächtigkeit der Kolmationsschicht von einem halben Meter rechnerisch einem k_f -Wert von $2,3 \cdot 10^{-6} - 1,2 \cdot 10^{-7}$ [m/s] entspricht. Kleinere Gewässer wurden mit 0,1 bis 0,01 [1/d] belegt.

Die Transferraten für die Infiltration sind erfahrungsgemäß eine Größenordnung kleiner, da sich die Gewässer bei längerer Infiltration durch feine Schwebteile zusätzlich kolmatieren. So liegen die Startwerte zwischen 0,1 und 0,01 [1/d]. Für kleinere Gewässer und Gräben wird keine Infiltration zugelassen, da die Gewässer hier, sobald die Gewässersohlen höher als die umgebenden Grundwasserstände liegen, unmittelbar trockenfallen.

Modellränder

Im Westen des Modellgebietes wurden im Bereich der Aa und des Flachsbaehes Randbedingungen dritter Art gesetzt, die den Austausch zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser beschreiben. Die übrigen Ränder des Modellgebietes verlaufen im Bereich von unterirdischen Wasserscheiden oder normal (rechtwinkelig) zur Grundwasserfließrichtung (Grundwasserstromlinien), sodass an diesen Rändern davon ausgegangen werden kann, dass hier kein Grundwasseraustausch stattfindet (siehe Abbildung 45).

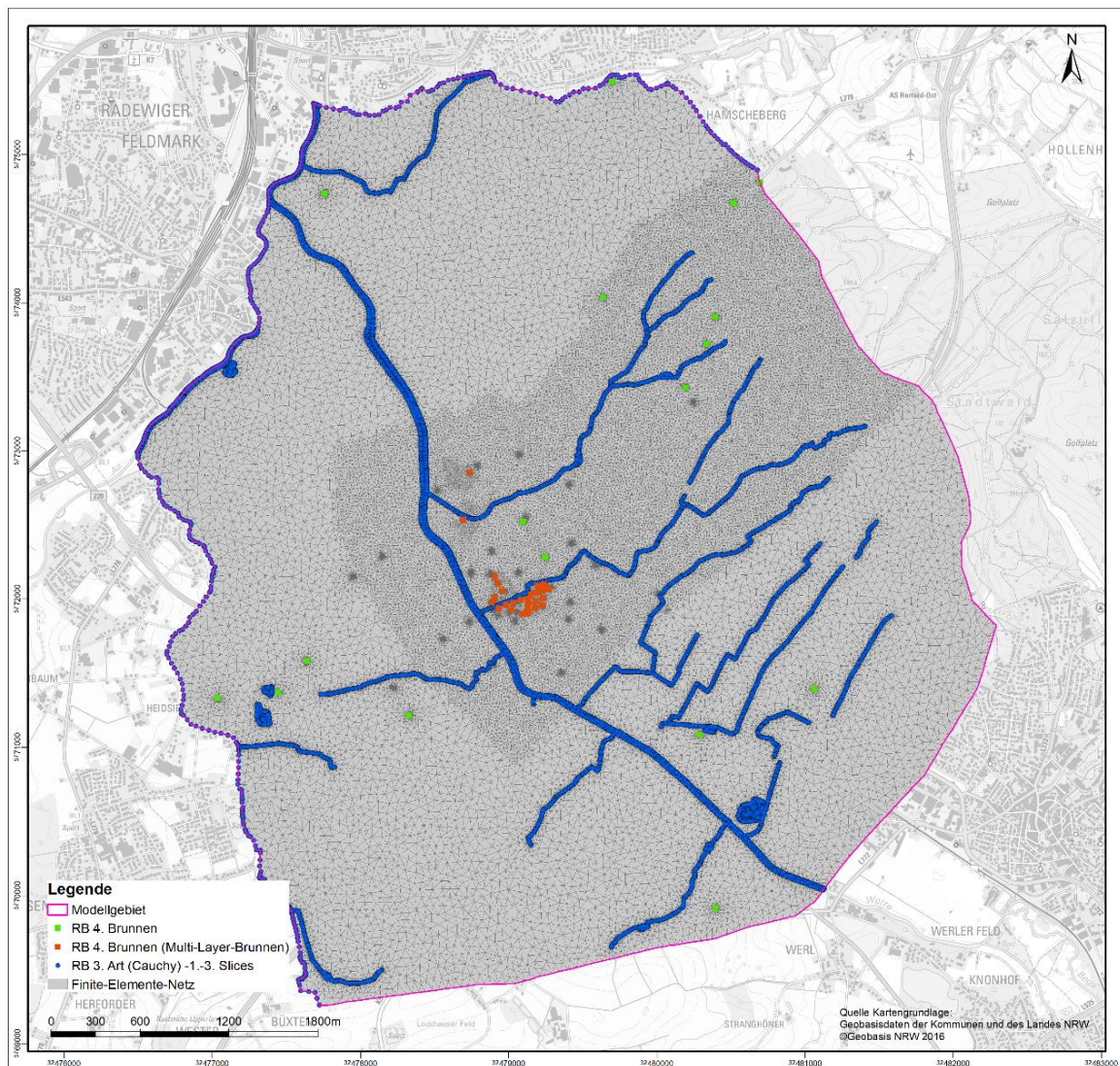


Abbildung 45: Verortung der Randbedingungen an den Modellrändern und im Bereich der Vorfluter

Die Netto-Grundwasserneubildung wurde zum Aufbau des instationären Grundwassermodells aus dem Wasserhaushaltsmodell „mGROWA“ für den Zeitraum 1981-2010 unverändert in das Grundwassermodell übernommen und im Rahmen der Kalibrierung über Faktoren ein Jahresgang berechnet (siehe Kapitel 6.5.3).

6.5 Kalibrierung des Grundwassermodells

Das instationäre numerische Grundwasserströmungsmodell wurde entsprechend der oben zusammengefassten Daten und Bedingungen anhand der gemessenen Standrohrspiegelhöhen für das Jahr 2020 kalibriert. Für die grobe Orientierung wurde das Modell im ersten Schritt stationär für das Jahr 2020 vorkalibriert und anschließend zu einem instationären Modell erweitert.

Zur Kalibrierung wurden die nachfolgenden Modellparameter variiert:

- horizontale und vertikale k_f -Werte der Grundwasserleiter und -stauer
- Transferraten der Fließgewässer
- Grundwasserneubildung nach mGROWA

Um die Anzahl der Freiheitsgrade während der Kalibrierung möglichst klein zu halten, wurden die Transferraten der Gewässer bzw. die Grundwasserneubildung nur verändert, wenn sich mit k_f -Wert-Variationen keine befriedigenden Anpassungsergebnisse erzielen ließen. Die Kalibrierung erfolgte „klassisch“ nach dem Trial-and-Error-Verfahren.

6.5.1 K_f -Werte

Die k_f -Wert-Verteilung der aus dem hydrogeologischen Strukturmodell abgeleiteten Schichten (vgl. Anlage 3.4) stellt den wesentlichen Parameter zur Kalibrierung dar. Die Ergebnisse der Kalibrierung der k_f -Wert-Verteilung auf Basis des Jahres 2020 sind in Tabelle 16 zusammengefasst. Die vertikale Durchlässigkeit wurde dabei im Verhältnis zur horizontalen um den Faktor 0,2 reduziert. Das liegt darin begründet, dass durch die Genese der Schichten üblicherweise mit bindigen Zwischenlagen und einer Ausrichtung des Korngerüstes zu rechnen ist.

Die Startwerte für die Anpassung der k_f -Wertverteilung wurden aus einem bestehenden Grobmodell Modell zur WG Hf.-Brunnenstraße [U 11] abgeleitet.

Tabelle 16: k_f -Wert-Verteilung als Ergebnis der instationären Kalibrierung

Bezeichnung	Stratigraphie	Petrographie	Genese	Layer	kf-Wert [m/s]				[m/d]	
					von	Mittel	bis	Anisotropie	Mittel	
DGM5					von	Mittel	bis	Anisotropie	Mittel	
L1, H1, Boden					L1	1,0E-09	5,0E-06	3,0E-05	0,2	0,4
L1	qh/mS-gS/f	mS-gS	f	L2/L3	1,5E-05	1,6E-05	4,5E-05	0,20	1,4	
H1	qh-qw/U-ffS/Lo	U-ffS	Lo	L2/L3	5,0E-10	1,2E-05	3,0E-05	0,20	1,1	
L2	qw-qs/S-G/f, gf	S-G	f, gf	L4	5,0E-09	2,7E-04	1,2E-03	0,20	23,4	
H2	qs/U(t,s,g), U-T/Mg, b	U(t,s,g), U-T	Mg, b	L5	1,0E-06	1,8E-05	5,6E-05	0,20	1,6	
L3 QB	qs/fs-gS/gf	fs-gS	gf	L6	1,0E-05	3,1E-05	4,8E-05	0,20	2,7	
JU	jlm, jlu (Lias)			L7/L8	7,2E-08	1,0E-06	3,5E-05	0,20	0,1	
Trias	ko (Oberer Keuper)			L9	1,8E-07	1,0E-06	5,0E-06	0,20	0,1	

Die in Anlage 8.3 dargestellte räumliche Verteilung der Modellschichten und deren Parametrisierung im Bereich der Schichtverbreitung lassen sich wie folgt beschreiben:

Modellgrundwasserleiter Boden

- Der Modellgrundwasserleiter Boden bildet die oberflächennahe, gesondert parametrisierte Schicht des Modellgrundwasserleiters 1, des Modellgrundwasserhemmers H1 sowie einer Bodenauflage im Bereich des Festgesteins und ist im gesamten Modellgebiet verbreitet.
- Die Parameterbandbreite der k_f -Werte liegt zwischen 1,0e-09 m/s und 3,0e-05 m/s, mit einem Mittelwert von 5,0e-06 m/s

Modellgrundwasserleiter L1

- Der Modellgrundwasserleiter 1 ist im Bereich kleiner Flusstäler in den Hochlagen verbreitet.
- L1 hat einen gesamten Mächtigkeitbereich zwischen 0,1 m und 10 m.
- Die Parameterbandbreite der k_f -Werte liegt zwischen 1,5e-05 m/s und 4,5e-05 m/s, mit einem Mittelwert von 1,6e-05 m/s.

Modellgrundwasserhemmer H1

- Der Modellgrundwasserhemmer H1 ist überwiegend in den Hangbereichen als Lössauflage sowie als Auensediment im Werretal verbreitet. Der Modellgrundwasserleiter L1 und der Modellgrundwasserhemmer H1 sind im Schichtenmodell des Grundwassermodells so berücksichtigt, dass eine definierte Einbindetiefe der Gewässer von 1 m ermöglicht wird (siehe Kap. 6.4.2).
- H1 hat einen Mächtigkeitbereich zwischen 0,1 m und 6 m.

- Die Parameterbandbreite der k_f -Werte liegt zwischen $5,0e-010$ m/s und $3,0e-05$ m/s, mit einem Mittelwert von $1,2e-05$ m/s.

Modellgrundwasserleiter L2

- Der Modellgrundwasserleiter L2 (Niederterrasse, Schmelzwassersande) bildet den Hauptgrundwasserleiter und ist im Werretal verbreitet.
- L2 hat einen Mächtigkeitbereich zwischen 0.1 m und 19 m.
- Die Parameterbandbreite der k_f -Werte liegt zwischen $5,0e-09$ m/s und $1,2e-03$ m/s, mit einem Mittelwert von $2,7e-04$ m/s.

Modellgrundwasserhemmer H2

- Der Modellgrundwasserhemmer H2 (Grundmoräne, Beckenablagerungen) ist überwiegend in den Hochlagen und Hangbereichen des Modellgebiets verbreitet und liegt meist direkt auf dem Festgestein auf.
- H2 hat einen Mächtigkeitbereich zwischen 0.1 m und 15 m.
- Die Parameterbandbreite der k_f -Werte liegt zwischen $1,0e-06$ m/s und $5,6e-05$ m/s, mit einem Mittelwert von $1,8e-06$ m/s.

Modellgrundwasserleiter L3

- Der Modellgrundwasserleiter L3 (Schmelzwassersande) hat nur eine sehr geringe Verbreitung im Modellgebiet.
- L3 hat einen Mächtigkeitbereich zwischen 0,1 m und 6 m.
- Die Parameterbandbreite der k_f -Werte liegt zwischen $1,0e-05$ m/s und $4,8e-05$ m/s, mit einem Mittelwert von $3,1e-05$ m/s.

Modellgrundwasserleiter Ju (Lias Tonstein) (Kluftgrundwasserleiter)

- Der Modellgrundwasserleiter Lias Tonstein ist ein Kluftgrundwasserleiter, der im Modellgebiet weit verbreitet ist. Er erstreckt sich vom Rand der Hochlagen im Nordwesten aus in das gesamte Modellgebiet. Er wird im Grundwassermodell in zwei Schichten berücksichtigt, sodass im Übergangsbereich zwischen Lockergestein zum Festgestein eine Verwitterungsschicht mit einer Mächtigkeit von 5 m gesondert parametrisiert werden kann.
- Der Modellgrundwasserleiter Lias Tonstein hat einen Mächtigkeitbereich im Grundwassermodell zwischen 0,1 m und 136 m
- Die Parameterbandbreite der k_f -Werte liegt zwischen $7,2e-08$ m/s und $3,5e-05$ m/s, mit einem Mittelwert von $1,0e-06$ m/s

Modellgrundwasserleiter Ko (oberer Keuper) (Kluftgrundwasserleiter)

- Der Modellgrundwasserleiter Keuper ist überwiegend im Bereich der Hochlagen nordwestlich des Modellgebietes vorhanden.
- Der Modellgrundwasserleiter Keuper hat einen Mächtigkeitbereich zwischen 0,1 m und 232 m
- Die Parameterbandbreite der k_f -Werte liegt zwischen $1,8e-07$ m/s und $5,0e-06$ m/s, mit einem Mittelwert von $1,0e-06$ m/s

6.5.2 Transferraten

Die Transferraten bilden im Bereich der mit einer Cauchy-Randbedingung belegten Gewässer den Parameter zur Berücksichtigung der heterogen ausgebildeten Gewässersohle. Die Transfer rate berechnet sich aus dem Quotienten aus Durchlässigkeit und Mächtigkeit der Gewässersohle. So können Bereiche stark kolmatierter Gewässer in Beriechen langsamer Fließgeschwindigkeiten von Bereichen gröberer Korngrößen an der Gewässersohle unterschieden werden.

Die Kalibrierung der Transferrate erfolgt nachgeordnet zur Anpassung der k_f -Werte, falls durch k_f -Wertanpassung keine plausible Nachbildung der gemessenen Standrohrspiegelhöhen nahegelegener Grundwassermessstellen möglich war. Die Verteilung der Transferraten ist in Anlage 8.4 dargestellt. Aufgrund der über alle Gewässer gleichermaßen angenommenen Einbindetiefe von 1 m (siehe Kapitel 6.4.2), wurden die Transferraten der Nebengewässer mit kleineren Werten parametrisiert.

Der Wertebereich für die richtungsabhängigen kalibrierten Transferraten ist in Tabelle 17 zusammengefasst.

Tabelle 17: Wertebereich der richtungsabhängigen Transferraten im kalibrierten Grundwassermodell

Parameter	Minimum [1/d]	Maximum [1/d]
In-Transferrate	0,002	0,05
Out-Transferrate	0,09	0,26

6.5.3 Grundwasserneubildung

Als Grundlage wurde die Grundwasserneubildung nach dem Modell mGROWA für den Zeitraum 1981-2010 verwendet und im Rahmen der Kalibrierung des Modells anhand der gemessenen Standrohrspiegelhöhen entsprechend angepasst. Dies ist insbesondere in den unterschiedlichen Witterungsverhältnissen des Kalibrierzeitraumes (Jahr 2020) im Verhältnis zum Modellierungszeitraum des mGROWA-Modells (1981-2010) zu begründen. Des Weiteren können durch die höher aufgelöste Untergrundstruktur im Grundwassermodell auch klein-skaligere Phänomene berücksichtigt werden, die die Grundwasserneubildung beeinflussen (z.B. Flurabstände). Darüber hinaus wurde für die instationäre Modellkalibrierung die mittlere Grundwasserneubildung aus mGROWA über Faktoren in einen Jahresgang überführt.

Die nach diesen Punkten editierte Jahresverteilung der Grundwasserneubildung nach mGROWA ist in Anlage 8.1 dargestellt. Es ergibt sich eine Grundwasserneubildungshöhe im Gebietsmittel für den Kalibrierzeitraum von rd. 99 mm/a. Gegenüber der Ausgangsverteilung von mGROWA (107 mm/a) entspricht dieser Wert einer Verringerung um ca. 7 %.

6.5.4 Wiedergabetreue des Modells

Abweichungen zwischen modellberechneten und gemessenen Grundwasserständen können u. a. aus folgenden, während der Kalibrierung nicht beeinflussbaren, Gründen auftreten:

- Hydrogeologisches Gutachten -

- Fehler in den Stammdaten der Messstellen und Brunnen (Lage, Höhe, Teufe, Filterstrecke, etc.),
- lücken-/fehlerhafte Informationen über Entnahmeraten von umliegenden Grundwasserentnahmen,
- unterschiedliche Anzahl der Messdaten pro Messstelle innerhalb des modellierten Zeitraums,
- mangelnde Funktionsfähigkeit der Messstelle,
- falsche Layer-Zuordnung der Messstellen bzw. Brunnen,
- nicht vollständige oder fehlerhafte Erfassung der geologischen Verhältnisse = Informationslücken.
- „Skalenprobleme“:
 - zu grobe horizontale und vertikale Diskretisierung (z. B. unterschiedliche Höhenlage der Filterstrecken innerhalb eines Layers,
 - nicht erfasste lokale Besonderheiten der Geologie,
 - lokal stark variierende Strömungsgradienten.

Die Wiedergabetreue der Standrohrspiegelhöhen ist in Tabelle 18 anhand der Fehlerkriterien Mittelwert aller Abweichungen, mittlere Beträge der Abweichungen sowie der Root-Mean-Square Deviation und der normierten Root-Mean-Square Deviation für jede Messstelle im Modellgebiet dargestellt (Beschreibung der Fehlerkriterien s.u.).

Für die Messstellen im Lockergestein liegt der Betrag der mittleren Abweichung bei 0,25 m und damit im Rahmen des Qualitätsziels. Der RMSD überschreitet das Qualitätsziel insbesondere aufgrund der Abweichungen in den Messstellen HF 25 und HF 35f. Die Messstelle HF 25 bildet dabei einen lokalen Ausreißer, da z.B. die Nachbarmessstelle HF 27 eine deutlich höhere Übereinstimmung aufweist. Die Messstelle HF 35f liegt im Randbereich des Schutzgebietes und außerhalb des Absenkungsbereiches.

Die Messstellen im Festgestein weisen größere Abweichungen auf. Die Grundwassermessstellen liegen überwiegend in den höheren Lagen des Modellgebietes, sodass eine Anpassung hier insgesamt schwieriger war. Wenn man jedoch die Fehlerkriterien mit dem insgesamt im Modell vorhandenen Potential (max. und min. gemessene Standrohrspiegelhöhe) in Beziehung setzt (NRMS), wird das Qualitätsziel von 5 % deutlich unterschritten.

Die Dynamik wird für den Großteil der Messstellen gut bis sehr gut wiedergegeben (siehe Anlage 9). Lediglich bei den Messstellen HF 4, HF 5 und HF 11 ist der Verlauf, insbesondere am Anfang des Jahres 2020 unterschiedlich. Die Messstellen HF34, HF 36 und HF 39 haben einen etwas zu flachen Verlauf im Verhältnis zu den Messwerten.

Für das Aussagegebiet im Lockergestein werden, bis auf einzelne Ausreißer, die definierten Qualitätsziele bezüglich des Vergleichs berechneter und gemessener Standrohrspiegelhöhen erreicht.

Tabelle 18: Statistik der instationären Kalibrierung anhand der gemessenen Standrohrspiegelhöhen und der mit dem instationären Modell berechneten Standrohrspiegelhöhen für den Zeitraum Januar 2020 bis Dezember 2020.

MESTKBEZ	Abw. [m]	Abw. [m]	RMSD [m]	NRMSD [%]
Lockergestein				
HF 1	-0,01	0,06	0,08	0,20
HF 2	0,05	0,08	0,09	0,23
HF 4	-0,16	0,20	0,29	0,73
HF 5	-0,04	0,23	0,28	0,69
HF 7	-0,03	0,18	0,27	0,66
HF 8	-0,08	0,11	0,15	0,37
HF 9	0,06	0,08	0,09	0,23
HF 11	0,15	0,30	0,34	0,84
HF 12	0,40	0,40	0,41	1,01
HF 13	-0,27	0,29	0,31	0,77
HF 16	0,18	0,19	0,23	0,56
HF 17neu	0,14	0,15	0,17	0,42
HF 18	0,00	0,07	0,09	0,22
HF 19	0,15	0,18	0,20	0,50
HF 20	0,00	0,15	0,19	0,48
HF 21	0,26	0,28	0,29	0,73
HF 22	-0,02	0,12	0,15	0,36
HF 23	0,39	0,39	0,39	0,98
HF 24	0,37	0,38	0,46	1,15
HF 27	0,26	0,28	0,32	0,81
HF 28	-0,07	0,10	0,14	0,36
HF 25	0,78	0,78	0,89	2,21
HF 29	-0,25	0,25	0,27	0,68
HF 30n	0,02	0,07	0,09	0,22
HF 31	-0,15	0,15	0,18	0,45
HF 35 f	0,99	0,99	1,00	2,48
Festgestein				
HF 32	0,12	0,16	0,24	0,60
HF 33	0,79	0,79	0,82	2,03
HF 34	0,69	0,69	0,90	2,23
HF 35 t	0,05	0,19	0,22	0,53
HF 36	1,36	1,36	1,38	3,43
HF 38	1,35	1,35	1,35	3,36
HF 39	1,24	1,24	1,32	3,28
Mittel Lockergestein	0,12	0,25	0,28	0,70
Mittel Festgestein	0,80	0,83	0,89	2,21
Qualitätsziel (Erfahrungswert)	<0,10 m	<0,25 m	<0,25 m	<5 %

Die Gütekriterien errechnen sich dabei wie folgt:

- Vorz.** Die Abweichungen bekommen ein positives Vorzeichen, wenn die jeweilige modellberechnete Standrohrspiegelhöhe höher ist als der Messwert, im umgekehrten Fall wird sie negativ.
- Abw.** Mittelwert aller Abweichungen unter Berücksichtigung des Vorzeichens, d.h., die Abweichungen an den Messstellen werden inklusive ihres Vorzeichens addiert und durch die Messstellenanzahl dividiert (Beispiel: Messstelle 1 weist eine Abweichung von -0,2 m auf, Messstelle 2 von +0,1 m. Die mittlere Abweichung beträgt dann -0,05 m).
- [Abw.]** Mittelwert aller Abweichungen unter Negierung des Vorzeichens (Beträge der Abweichungen), hier: die Abweichungen an den Messstellen werden ohne ihr Vorzeichen addiert und durch die Messstellenanzahl dividiert (nach obigem Beispiel ergibt sich eine Abweichung von 0,15 m).

RMSD Root-Mean-Square Deviation ist hier definiert als:

$$RMSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{1,i} - x_{2,i})^2}{n}}$$

mit

x_1 = berechnete Standrohrspiegelhöhen,

x_2 = gemessene Standrohrspiegelhöhen

n = Anzahl der Differenzenwerte (Abweichungen)

$x_1 - x_2$ (= Anzahl der Messstellen).

Beispiel: die Abweichungen an den Messstellen werden quadriert, addiert, durch die Messstellenanzahl dividiert, und aus dem Ergebnis wird die Quadratwurzel gezogen (nach obigem Beispiel ergibt sich eine RMSD von 0,158 m).

NRMSD Normalized Root-Mean-Square Deviation ist hier definiert als:

$$NRMSD = \frac{RMSD}{x_{max} - x_{min}} * 100$$

mit

x_{max} = höchste gemessene Standrohrspiegelhöhe (103,43 m NHN);

x_{min} = niedrigste gemessene Standrohrspiegelhöhe (63,13 m NHN);

$x_{max} - x_{min}$ = hydraulisches Gefälle innerhalb des Untersuchungsgebiets
= 40,30 m (bezogen auf die vorhandenen Messstellen).

Das folgende Diagramm (Abbildung 46) zeigt für 33 Grundwassermessstellen im Locker- und Festgestein ein so genanntes Scattergramm. Hierfür werden die bei der instationären Betrachtung die gemessenen Standrohrspiegelhöhen jeder Messstelle (x-Achse) gegen die modellberechneten Standrohrspiegelhöhen (y-Achse) jedes Zeitschritts, für den ein Messwert vorliegt, dargestellt. Es ergibt sich für jede Messstelle und jeden Zeitschritt ein Punkt (33 Messstelle x 12 Monate = 396 Messwerte). Idealerweise liegen diese Punkte auf einer Geraden, die durch den Ursprung des Koordinatensystems verläuft und die Steigung 1 aufweist. Ein Scattergramm zeigt

die Streuung (Abweichung) der Datenpunkte um die Ideallinie. Insgesamt wurde eine geringe Streuung mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,9987$ und einer Steigung von $y=0,959x+2,551$ erreicht.

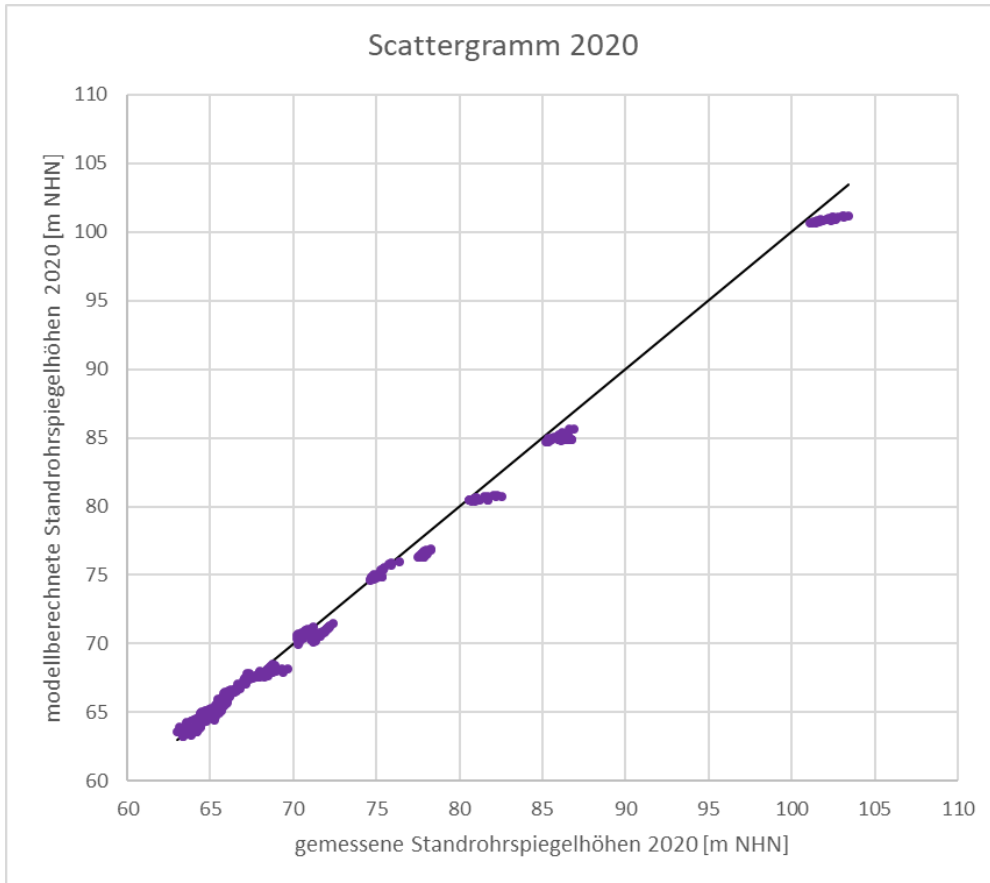


Abbildung 46: Scattergramm für 33 Grundwassermessstellen (alle gemessenen und modellberechneten Standrohrspiegelhöhen Januar bis Dezember 2020)

In Abbildung 47 wird ein so genanntes Histogramm (Häufigkeitsverteilung) dargestellt. Bei diesem Diagramm werden die Abweichungen zwischen gemessenen und berechneten Standrohrspiegelhöhen in Cluster aufgeteilt (hier in 0,0 bis 0,1 m, 0,1 bis 0,3 m, 0,3 bis 0,5 m, jeweils mit positivem und negativem Vorzeichen). Wie viele Daten den einzelnen Clustern zugeteilt werden können, wird in einem Balkendiagramm dargestellt. Die Datengrundlage bilden ebenfalls die aus der instationären Betrachtung auf Monatsbasis abgeleiteten Differenzen zwischen modellberechneten und gemessenen Standrohrspiegelhöhen der 33 Grundwassermessstellen.

Idealerweise treten die größten Häufigkeiten bei den Clustern mit den geringsten Abweichungen auf und die Balkenenden beschreiben in etwa den Verlauf einer Glockenkurve (Gaußsche Normalverteilung). Als weiteres Kriterium wurde angestrebt, dass etwa $\frac{2}{3}$ aller Abweichungen innerhalb der Spanne von -0,3 m bis +0,3 m liegen.

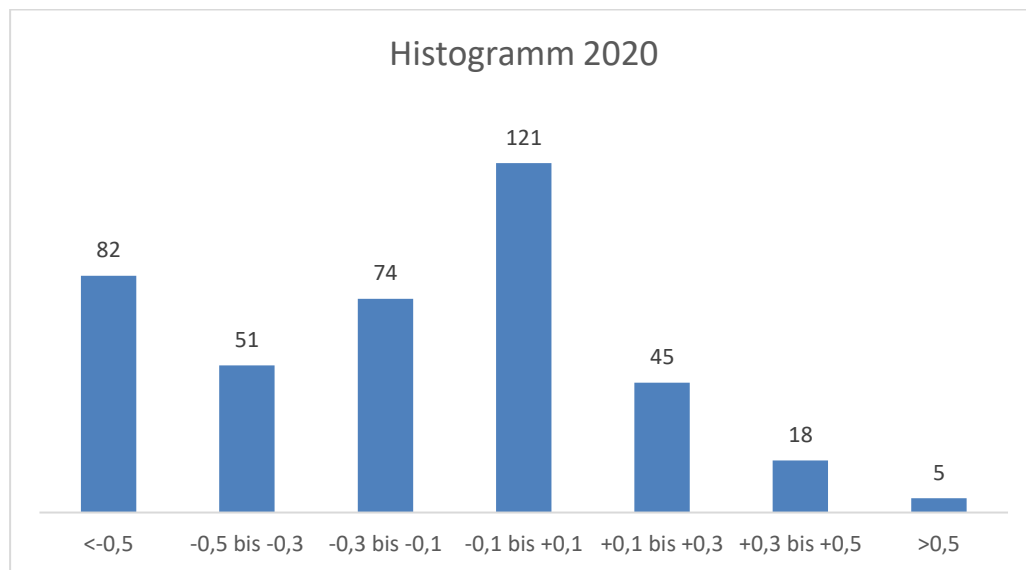


Abbildung 47: Histogramm für 33 Grundwassermessstellen (Monatliche Messwerte Januar bis Dezember 2020) für den Abweichungsbereich von -0,5 m bis +0,5 m

Die Häufigkeitsverteilung entspricht, bis auf die negativen Ausreißer, in etwa einer Gaußschen Normalverteilung. Es liegen insgesamt 240 Messwerte innerhalb der Abweichungsbandbreite zwischen -0,3 m und +0,3 m. Dies entspricht einem Anteil von ca. 60,6 % aller Messwerte und 70 % der Messwerte von Messstellen im Lockergestein. Die negativen Abweichungen kleiner - 0,5 m kommen durch die Messstellen im Bereich des Festgesteins zustande, deren Abweichungen insgesamt höher sind, als die der Grundwassermessstellen im Lockergestein (Aussagegebiet) (siehe Tabelle 18).

Die Prüfung des Basisabflusses erfolgt anhand des Vergleiches von modellberechnetem Abfluss über die Vorfluter (Cauchy-Randbedingung) und dem überschlägig berechneten Basisabfluss (Tabelle 19) nach Wittenberg [17] aus der Differenz der Pegeleinzugsgebiete Herford, Ahmsen und Brake (siehe Kapitel 2.7.2). Verglichen wurde der Abfluss ab Pegel Ahmsen. Nach definiertem Qualitätsziel sollte ein modellberechneter Abfluss über die Vorfluter zwischen 90% und 110% erreicht werden.

Tabelle 19: Modellberechnete Basisabflüsse über die Vorfluter (Cauchy-Randbedingung, Ist) und berechnete Basisabflüsse (nach Wittenberg [17], Soll) für den Zeitraum Januar bis Dezember 2020.

Einzugsgebiet	Basisabfluss 2020 [m³/a]	Basisabfluss 2020 [m³/d]
Basisabfluss Modellgebiet	1.255.461	3.430
Modellberechneter Basisabfluss	1.210.737	3.308
Abweichung [%]		103,7

Der Jahresgang des modellberechneten Basisabflusses für das Modellgebiet ist in Anlage 7.2 dargestellt. Es werden alle definierten Qualitätsziele bezüglich des Basisabflusses erreicht.

6.5.5 Sensitivitätsanalysen

Die Sensitivitätsuntersuchungen (Empfindlichkeitsanalysen) sind neben dem Modelltest (Modellprüfung) eine weitere wesentliche Säule der Qualitätssicherung des Kalibrierergebnisses. Sie ermöglichen einerseits die Identifizierung des Parameterdatensatzes bzw. eine Parameterspannbreite mit dem ‚Best Fit‘, speziell auch für Bereiche, in denen ‚Unsicherheiten‘ der Datenbelegung auftreten, und andererseits Aussagen über die mögliche Ergebnisstreuung.

Die instationäre Sensitivitätsuntersuchungen erfolgten parallel bzw. iterativ zur Kalibrierung auf Grundlage der Grundwasserströmungssituation (2020). Hierfür wurden die Parameter Grundwasserneubildung, k_f -Werte und Transferraten (Leakage) innerhalb der angegebenen Grenzen in vier Anpassungsstufen variiert (siehe unten). Für die Auswertung der Sensitivitätsuntersuchung wurden acht exemplarische, überwiegend im Lockergestein verfilterte Messstellen, ausgewählt (HF1, HF2, HF8, HF9, HF19, HF22, HF27, HF28). Die Messstellen befinden sich im Brunnenfeld an der Brunnenstraße, im östlichen Anstrombereich sowie im Bereich der Werre.

Für jeden Parameter und jede Parametervariation wurden die Abweichungen zwischen modellberechneten und gemessenen Standrohrspiegelhöhen ermittelt. Sie wurden als Mittelwerte (\emptyset) der Beträge der „|Abweichungen|“, als Mittelwerte (\emptyset) der Abweichungen sowie als RMSD (siehe Gütekriterien, Kap. 6.5.4) tabellarisch aufgelistet (Anlage 10). Zudem wurden der RMSD in den Anlagen graphisch dargestellt, so dass auch visuell diejenige Parametervariation zu erkennen ist, bei der die geringsten Abweichungen auftraten und damit der „Best-Fit“ erreicht ist.

Je größer die Differenzen der Abweichungen zwischen den einzelnen Parameter-Variationen sind, desto empfindlicher reagiert das Modell auf diesen Parameter und desto sicherer ist der Wert bestimmt.

Folgende Sensitivitätsanalysen wurden auf Basis der stationären Modellierung für das Modellgebiet durchgeführt.

- Grundwasserneubildung: Variation 80%, 90%, 110%, 120% (Anlage 10.1).
- Variation der k_f -Werte (Anlage 10.2):

- L1 bis L3 Variation 10%, 50%, 200%, 1000%

- H1 bis H2; Lias Tonstein; oberer Keuper: Variation 10%, 50%, 200%, 1000%

- Variation der Transferraten (Anlage 10.3):
 - Vorfluter: Variation 10%, 50%, 200%, 1000%

Variation der Grundwasserneubildung

Das Grundwassersystem reagiert sensibel und eindeutig auf Änderungen der Grundwasserneubildung. Schon geringe Änderungen der Neubildungsraten (-10%) führen zu deutlichen Veränderungen der Abweichungen der Standrohrspiegelhöhen (RMSD über 0,8 m) und der Basisabflüsse. Eine positive Anpassung der Grundwasserneubildung führt zu einer leichten Verbesserung bei den Standrohrspiegelhöhen, zeigt aber für den Basisabfluss eine Überschätzung und wäre auch im Verhältnis zur Grundlage mGROWA (Mittelwert 1981-2010) nicht plausibel, da das Jahr 2020 im Verhältnis trockener war.

Deshalb wurde bezogen auf das Gesamtsystem der Kalibrierdatensatz (100%) als „Best Fit“ angenommen.

Variation der k_f -Werte

k_f -Werte in den Modellgrundwasserleitern L1 Boden (Layer 1) und L1

- Die k_f -Wert-Variationen in den Modellgrundwasserleitern L1 Boden (Layer 1) und L1 haben in der ersten Anpassungsstufe sehr geringen Einfluss auf die Standrohrspiegelhöhen. So wirken sich die Anpassungen trotz des starken Reliefs im Modellgebiet nur sehr gering aus.
- Erwartungsgemäß führen größere k_f -Werte zu fallenden, kleinere k_f -Werte zu steigenden Standrohrspiegelhöhen.
- Bezogen auf das Gesamtsystem ergibt der Kalibrierdatensatz (100%) den „Best Fit“. Das Gesamtsystem reagiert wenig sensitiv auf eine k_f -Wertanpassung in den oberen Modellgrundwasserleitern L1 Boden (Layer 1) und L1.
- Die Abflussmengen der Gewässer reagieren insgesamt etwas sensitiver auf eine Anpassung der k_f -Werte in den Modellgrundwasserleitern L 1 Boden (Layer 1) und L1. Bei einer Erhöhung der k_f -Werte in der ersten Anpassungsstufe erreicht der modellberechnete Basisabfluss nicht mehr das Qualitätskriterium von mindestens $\pm 10\%$ des Basisabflusses (Sollwert).

k_f -Werte in den Modellgrundwasserleitern L2 und L3

- Die k_f -Wert-Variationen in den Modellgrundwasserleitern L2 und L3 haben schon bei geringen Anpassungen Einfluss auf die Standrohrspiegelhöhen, im Verhältnis deutlich höher als bei den Modellgrundwasserleitern L1 Boden (Layer 1) und L1.
- Eine positive Anpassung der k_f -Werte führt in der ersten Anpassungsstufe des Modellgrundwasserleiters L2 auf das Gesamtgebiet bezogen bei Betrachtung des RMSD zu Abweichungen von 0,23 m.
- Der Modellgrundwasserleiter L3 reagiert weniger sensitiv, was vermutlich an der geringeren Verbreitung im Modellgebiet liegt. Eine positive Anpassung der k_f -Werte führt in der ersten Anpassungsstufe zu einer Erhöhung des RMS von lediglich 0,01 m.
- Die Abflussmengen der Gewässer reagieren insgesamt sehr sensitiv auf eine Anpassung der k_f -Werte in den Modellgrundwasserleitern L2 und L3. Bei einer Erhöhung der k_f -Werte in der ersten Anpassungsstufe erreicht der modellberechnete Basisabfluss nicht mehr das Qualitätskriterium von mindestens $\pm 10\%$ des Basisabflusses (Sollwert). Bezogen auf den Basisabfluss zeigt der Kalibrierdatensatz (100%) den „Best Fit“.
- Bezogen auf das Gesamtsystem ergibt der Kalibrierdatensatz (100%) den „Best Fit“. Das Gesamtsystem reagiert sensitiv auf eine k_f -Wertanpassung in den Modellgrundwasserleitern L2 und L3.

kf-Werte in den Modellgrundwasserhemmern H1 bis H2

- Die k_f -Wert-Variationen in den Modellgrundwasserhemmern H1 und H2 wirken sich auf das Gesamtsystem etwas geringer aus als die k_f -Wertvariationen der Leiter.
- Der Modellgrundwasserhemmer H1 hat aufgrund der geringen Verbreitung und nur kleine Auswirkungen auf das Gesamtsystem. Die Anpassung der Standrohrspiegelhöhen ist in der ersten negativen Anpassungsstufe der k_f -Werte nach RMSD um 0,01 m besser, weicht jedoch beim Basisabfluss deutlich vom Zielwert ab.
- Insgesamt wirken sich die k_f -Wertanpassungen des Modellgrundwasserhemmers H2 stärker aus, was in der großen Verbreitung des Hemmers in den Hochlagen zu begründen ist, in denen die Sensitivität auf Anpassungen der k_f -Werte im Verhältnis höher ist.
- Die Anpassung der k_f -Werte in den Modellgrundwasserhemmern wirkt sich sensitiv auf die Abflussmengen in den Vorflutern aus. Insgesamt führte der Kalibrierdatensatz zur vergleichsweise besten Anpassung.
- Für alle Modellgrundwasserhemmer im Lockergestein ergibt der Kalibrierdatensatz bezogen auf das Gesamtsystem (100%) somit den „Best Fit“.

kf-Werte in den Modellgrundwasserleitern Lias Tonstein (Ju) und Keuper (ko)

- Die k_f -Wert-Variationen in den Modellgrundwasserleitern Ju (Lias Tonstein) und Keuper (ko) (Festgestein) wirken sich auf das Gesamtsystem etwas geringer aus als die k_f -Wertvariationen der Hemmer im Lockergestein. Für den Lias Tonstein (Ju) wurde der Übergangsbereich (evtl. Verwitterungszone) als Schicht gesondert auf Sensitivität untersucht.
- Alle Festgesteinsschichten haben eine sehr geringe Sensitivität bezogen auf die Standrohrspiegelhöhen und den Basisabfluss.
- Für alle Modellgrundwasserhemmer im Festgestein ergibt der Kalibrierdatensatz bezogen auf das Gesamtsystem (100%) somit den „Best Fit“.

Variation der Transferraten (Leakage)

- Die Variation der Transferraten hat insgesamt einen deutlichen Einfluss auf den Basisabfluss und somit indirekt auch einen Einfluss auf die Standrohrspiegelhöhen.
- Größere Transferraten führen zu einem erhöhten Abfluss und damit zu niedrigeren Standrohrspiegelhöhen, kleinere Transferraten zu einem tendenziell verminderten Basisabfluss.
- Bezogen auf die Abflussmengen ist die Übereinstimmung für die im Rahmen der Kalibrierung erfolgten Parametrisierung der Transferraten am höchsten.
- Der Kalibrierdatensatz der Transferrate ergibt bezogen auf das Gesamtsystem (100%) den „Best Fit“.

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse konnte parallel zur Kalibrierung eine ergänzende Prüfung der Parametersätze auf die beste Anpassung erfolgen.

6.5.6 Wasserbilanzen

Nach Abschluss der Kalibrierung und Sensitivitätsanalysen wurde mit dem Grundwassermodell für die Grundwasserströmungssituation Januar bis Dezember 2020 eine Grundwasserbilanz aufgestellt, die in der folgenden Tabelle 20 dargestellt ist.

Tabelle 20: Modellberechnete Grundwasserbilanz für das Bilanzgebiet ab Pegel Ahmsen (Januar bis Dezember 2020)(Bilanzgebiet Kalibrierung, siehe Abbildung 8)

Grundwasserbilanz des Bilanzgebietes ab Pegel Ahmsen					
Monat	GWN [m³]	Basisabfluss Werre [m³]	Basisabfluss Aa [m³]	GW-Entnahme [m³]	Bilanz [m³]
Jan 20	267.825,0	-74.875,4	-29.462,6	-52.911,5	110.575,4
Feb 20	719.531,1	-109.056,0	-32.963,6	-40.224,0	537.287,5
Mrz 20	289.029,8	-157.416,4	-36.372,0	-42.476,5	52.764,9
Apr 20	56.694,2	-117.351,1	-29.988,2	-57.203,9	-147.849,0
Mai 20	-54.743,5	-85.345,2	-26.097,4	-63.221,0	-229.407,1
Jun 20	49.094,6	-60.265,9	-23.784,1	-58.498,8	-93.454,2
Jul 20	6.869,5	-59.862,5	-23.248,8	-43.674,6	-119.916,3
Aug 20	35.473,5	-51.219,7	-21.482,0	-67.641,7	-104.870,0
Sep 20	-22.307,0	-37.267,8	-18.987,5	-50.250,1	-128.812,4
Okt 20	71.012,0	-39.457,7	-19.606,3	-36.104,6	-24.156,5
Nov 20	165.405,8	-48.688,8	-21.241,7	-44.546,3	50.929,0
Dez 20	344.529,5	-70.545,1	-28.241,5	-39.197,0	206.545,9
Bilanz	1.928.414,7	-911.351,6	-311.475,8	-595.950,0	109.637,3

Die Bilanzberechnungen lassen sich für den Zeitraum Januar bis Dezember 2020 folgendermaßen zusammenfassen:

- Die Bilanzsumme (Addierung aller positiven und negativen Bilanzglieder) ergibt die Grundwasserbilanz. Positive Vorzeichen zeigen eine Erhöhung, negative Vorzeichen eine Verringerung des im System befindlichen Grundwasservolumens an. Ein insgesamt positiver Wert für das Jahr 2020 von 109.637,3 m³ zeigt somit, trotz des trockenen Sommerhalbjahres, eine leicht positive Grundwasserbilanz an.
- Die Grundwasserneubildung beträgt ca. 1,93 Mio. m³/a (ca. 100 mm/a).
- Über die Gewässer werden ca. 1,2 Mio. m³/a Grundwasser abgeführt.

- Die Grundwasserentnahmen betragen insgesamt ca. 596 Tsd. m³. Bilanztechnisch sind hierin alle Entnahmen entsprechend der Realentnahme (Stadtwerke Herford) bzw. des Wasserrechts (Entnahmen Dritter) basierend auf den Daten des Jahres 2020 enthalten.

6.6 Modelltest

Im Rahmen des Modelltests wird der bei der Kalibrierung angepasste Parametersatz auf einen unabhängigen, vom Kalibrierzustand hydraulisch unterschiedlichen Zustand angewendet. Auf diese Weise ist es möglich, Aussagen zur Allgemeingültigkeit des im Rahmen der Kalibrierung angepassten Parametersatzes zu treffen.

Nach Abschluss der instationären Modellkalibrierung für den Zeitraum Januar 2020 bis Dezember 2020 erfolgte der Test des Grundwasserströmungsmodells für den Zeitraum vom Januar bis Juli 2021. Dieser Zeitraum unterscheidet insbesondere durch höhere Entnahmen von dem vorangegangenen Kalibrierungszeitraum. Somit sind die beiden wesentlichen Anforderungen an den Modelltest nach DVGW W107 [13] erfüllt:

- Der im Rahmen des Modelltests nachgebildete Zeitraum ist nicht Teil des Kalibrierungszeitraums.
- Der im Rahmen des Modelltests nachgebildete Systemzustand unterscheidet sich möglichst grundlegend von dem der Kalibrierung.

Für die Berechnung des Modelltests wurde das instationär kalibrierte Grundwasserströmungsmodell als Grundlage verwendet.

Im Rahmen des Modelltests erfolgt lediglich die Anpassung der sich ändernden Verhältnisse. In diesem Rahmen wurden die Randbedingungen der Grundwasserentnahmen entsprechend der monatlichen Entnahme gesetzt sowie die Grundwasserneubildungsmenge angepasst. Zur Prüfung der Wiedergabetreue standen Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen an 33 Messstellen zur Verfügung.

6.6.1 Grundwasserneubildung

Im Rahmen des Modelltests wurde die Grundwasserneubildung im Verhältnis zur Kalibrierung angepasst, um die unterschiedlichen Witterungsverhältnisse modelltechnisch zu berücksichtigen. Sie ist der einzige Parameter, der im Rahmen des Modelltests angepasst wird. Weitere Unterschiede zwischen Kalibrierung und Modelltest ergeben sich nur aus den fest vorgegebenen Randbedingungen, um die wasserwirtschaftliche Situation entsprechend des betrachteten Zeitraumes zu berücksichtigen (z.B. Grundwasserentnahmemengen und Pegelganglinien der Werre).

Die im Rahmen des Modelltests editierte Verteilung der Grundwasserneubildung nach mGROWA18 ist in Anlage 8.1 dargestellt. Es ergibt sich für den Zeitraum von Januar 2021 bis Juli 2021 gegenüber Januar 2020 bis Juli 2020 eine Verringerung von etwa 0,5 %.

6.6.2 Wiedergabetreue des Modells

Als Kriterien für eine hinreichende Abbildungstreue wurden die gleichen Qualitätskriterien wie bei der Kalibrierung angesetzt (siehe Tabelle 21).

Tabelle 21: Statistik des instationären Modelltests anhand der gemessenen Standrohrspiegelhöhen (Januar 2021 bis Juli 2021) und der mit dem instationären Modell berechneten Standrohrspiegelhöhen.

MESTKBEZ	Abw.	Abw.	RMSD	NRMSD
Lockergestein				
HF 1	0,04	0,10	0,11	0,29
HF 2	0,07	0,09	0,12	0,31
HF 4	-0,02	0,10	0,13	0,32
HF 5	0,03	0,13	0,16	0,39
HF 7	-0,03	0,19	0,22	0,56
HF 8	-0,02	0,12	0,15	0,36
HF 9	0,07	0,09	0,12	0,31
HF 11	0,23	0,23	0,28	0,70
HF 12	0,41	0,41	0,42	1,04
HF 13	-0,32	0,32	0,34	0,85
HF 16	0,14	0,15	0,18	0,45
HF 17neu	0,13	0,13	0,15	0,37
HF 18	-0,05	0,06	0,06	0,16
HF 19	0,11	0,16	0,17	0,42
HF 20	-0,01	0,06	0,08	0,20
HF 21	0,33	0,33	0,34	0,86
HF 22	-0,30	0,30	0,35	0,88
HF 23	0,39	0,39	0,39	0,98
HF 24	0,09	0,18	0,21	0,53
HF 25	0,74	0,74	0,80	2,01
HF 27	-0,04	0,19	0,25	0,62
HF 28	-0,45	0,45	0,47	1,18
HF 29	-0,30	0,30	0,33	0,83
HF 30n	-0,04	0,13	0,14	0,36
HF 31	-0,10	0,17	0,20	0,51
HF 35 f	0,88	0,88	0,89	2,22
Festgestein				
HF 32	-0,02	0,06	0,07	0,19
HF 33	1,24	1,24	1,26	3,15
HF 34	1,03	1,03	1,08	2,71
HF 35 t	-0,24	0,24	0,27	0,68
HF 36	1,51	1,51	1,52	3,82
HF 38	1,18	1,18	1,18	2,97
HF 39	1,59	1,59	1,64	4,12
Mittel Lockergestein	0,08	0,25	0,27	0,68
Mittel Festgestein	0,90	0,98	1,00	2,52
Qualitätsziel (Erfahrungswert)	<0,10 m	<0,25 m	<0,25 m	<5 %

Das

folgende

Diagramm

(

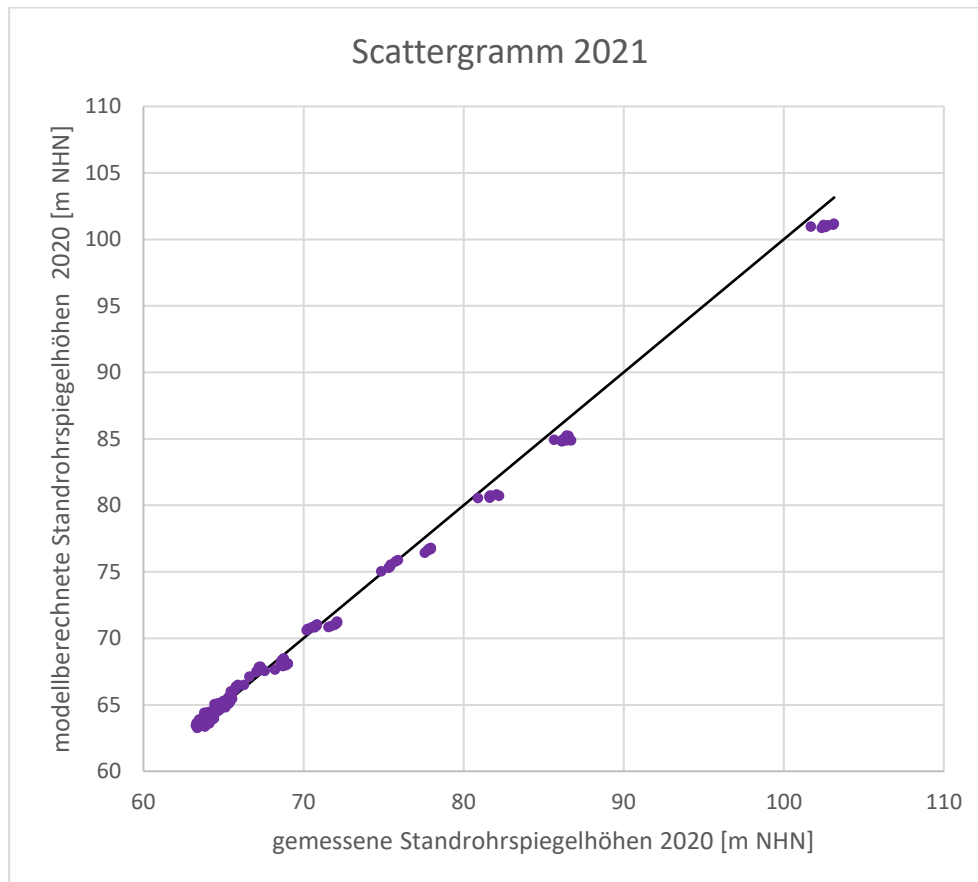


Abbildung 48) zeigt für 33 Grundwassermessstellen im Locker- und Festgestein ein so genanntes Scattergramm. Hierfür werden die bei der instationären Betrachtung die gemessenen Standrohrspiegelhöhen jeder Messstelle (x-Achse) gegen die modellberechneten Standrohrspiegelhöhen (y-Achse) jedes Zeitschritts, für den ein Messwert vorliegt, dargestellt. Es ergibt sich für jede Messstelle und jeden Zeitschritt ein Punkt (33 Messstelle x 7 Monate = 231 Messwerte). Idealerweise liegen diese Punkte auf einer Geraden, die durch den Ursprung des Koordinatensystems verläuft und die Steigung 1 aufweist. Ein Scattergramm zeigt die Streuung (Abweichung) der Datenpunkte um die Ideallinie. Insgesamt wurde eine geringe Streuung mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2=0,9984$ und einer Steigung von $y=0,9468x+3,2043$ erreicht.

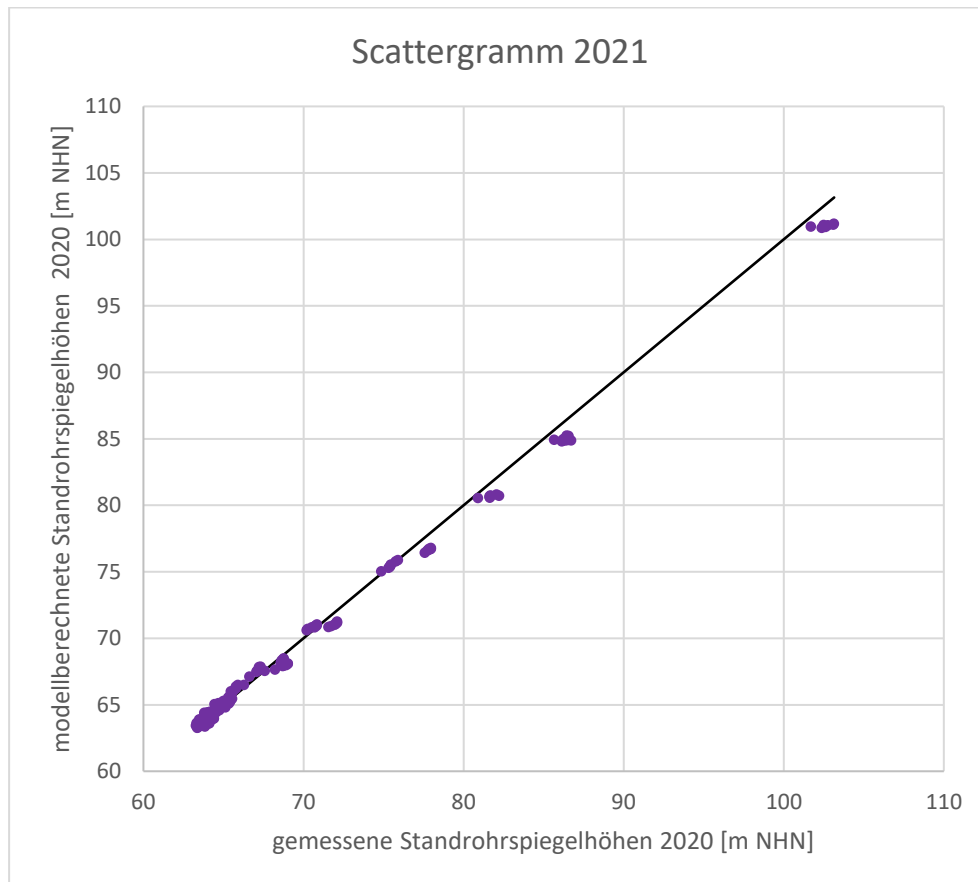


Abbildung 48: Scattergramm für 33 Grundwassermessstellen (alle gemessenen und modellberechneten Standrohrspiegelhöhen von Januar bis Juli 2021)

Die Häufigkeitsverteilung (Abbildung 49) entspricht, bis auf die negativen Ausreißer, in etwa einer Gaußschen Normalverteilung. Es liegen insgesamt 138 Messwerte innerhalb der Abweichungsbreite zwischen -0,3 m und +0,3 m. Dies entspricht einem Anteil von ca. 59,7 % aller Messwerte und 72,1 % der Messwerte von Messstellen im Lockergestein. Die negativen Abweichungen kleiner -0,5 m kommen durch die Messstellen im Bereich des Festgesteins zustande, deren Abweichungen insgesamt höher sind, als die der Grundwassermessstellen im Lockergestein (siehe Tabelle 21).

Für das Aussagegebiet im Lockergestein werden, bis auf einzelne Ausreißer die definierten Qualitätsziele bezüglich der berechneten zu gemessenen Standrohrspiegelhöhen erreicht. Für das Jahr 2021 lagen zum Zeitpunkt des Modelltests nur Abflussdaten bis Februar vor, sodass auf einen Vergleich verzichtet werden muss.

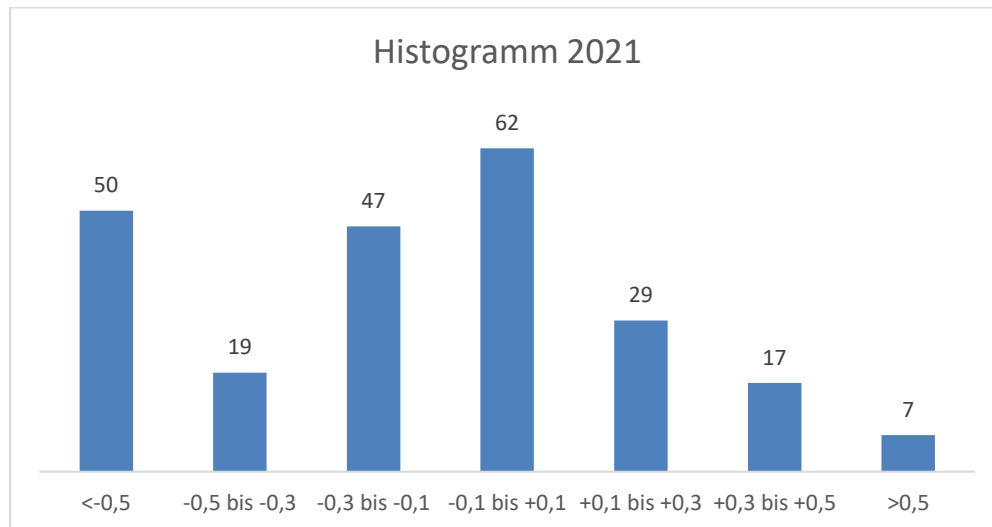


Abbildung 49: Histogramm für 33 Grundwassermessstellen (monatliche Messwerte Januar bis Juli 2021)

6.6.3 Wasserbilanzen

Nach Abschluss des Modelltests wurde analog zum Zeitraum Januar bis Dezember 2020 mit dem Grundwassermodell für die Grundwasserströmungssituation Januar bis Juli 2021 eine Grundwasserbilanz aufgestellt, die in der folgenden Tabelle 22 dargestellt ist.

Tabelle 22: Modellberechnete Grundwasserbilanz für das Bilanzgebiet ab Pegel Ahmsen (Januar bis Juli 2021) (Bilanzgebiet Kalibrierung, siehe Abbildung 8)

Grundwasserbilanz des Bilanzgebietes ab Pegel Ahmsen					
Monat	GWN [m³]	Basisabfluss Werre [m³]	Basisabfluss Aa [m³]	GW-Entnahme [m³]	Bilanz [m³]
Jan 21	317.976,4	-68.686,6	-29.084,9	-41.313,5	178.891,4
Feb 21	468.048,2	-73.834,1	-31.741,2	-61.989,2	300.483,7
Mrz 21	282.017,3	-96.198,6	-36.959,4	-72.001,5	76.857,8
Apr 21	79.637,5	-76.888,4	-30.166,5	-52.869,1	-80.286,6
Mai 21	76.055,9	-73.375,5	-27.002,0	-60.347,5	-84.669,1
Jun 21	59.463,2	-63.678,5	-25.357,4	-82.889,8	-112.462,5
Jul 21	48.554,1	-58.342,6	-24.947,1	-49.727,6	-84.463,2
Bilanz	1.331.752,5	-511.004,2	-205.258,5	-421.138,2	194.351,6

Die Bilanzberechnungen lassen sich für den Zeitraum Januar bis Juli 2021 folgendermaßen zusammenfassen:

- Hydrogeologisches Gutachten -

- Die Bilanzsumme (Addierung aller positiven und negativen Bilanzglieder) ergibt die Grundwasserbilanz. Positive Vorzeichen zeigen eine Erhöhung, negative Vorzeichen eine Verringerung des im System befindlichen Grundwasservolumens an. Ein insgesamt positiver Wert für das erste Halbjahr 2021 von 216.288,0 m³ zeigt somit eine positive Grundwasserbilanz an. Im Verhältnis zum ersten Halbjahr 2020 mit 117.842 m³ ist das Jahr 2021 somit deutlich feuchter.
- Die Grundwasserneubildung beträgt ca. 1,33 Mio. m³ im ersten Halbjahr
- Über die Gewässer werden ca. 716 Tsd. m³/a Grundwasser abgeführt.
- Die Grundwasserentnahmen betragen insgesamt ca. 421 Tsd. m³. Bilanztechnisch sind hierin alle Entnahmen entsprechend der Realentnahme (Stadtwerke Herford, 2021) bzw. des Wasserrechts (Entnahmen Dritter) basierend auf den Daten des Jahres 2020 enthalten.

7 Zusammenfassende Bewertung des numerischen Grundwassermodells

Das Grundwassermodell wurde auf einer umfassenden Datengrundlage erstellt. Es konnten sowohl für die Modellerstellung als auch für die Modellbewertung keine Datendefizite ausgemacht werden, die eine Einschränkung der Aussagekraft des Grundwasserströmungsmodells im Aussagegebiet zur Folge hätten.

Für die Modellgebietsabgrenzung innerhalb des Untersuchungsgebietes konnte auf hydrologische, hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Daten zurückgegriffen werden. Die Plausibilität der Abgrenzung wurde im Rahmen der Grundwassermodellierung bestätigt.

Das hydrogeologische Strukturmodell konnte auf einer Vielzahl von Bohrungen und Schnitten erstellt werden, wodurch eine konsistente Interpretation der Stratigrafie als Grundlage für die vertikale Diskretisierung des Grundwasserströmungsmodells möglich war.

Im Modellgebiet stehen insgesamt 34 Grundwassermessstellen und drei Abflusspegel zur Verfügung. Nach einer Prüfung auf Plausibilität und ausreichende Datendichte der Grundwasserganglinien innerhalb der Zeiträume der Modellkalibrierung und des Modelltests waren davon 33 Messstellen für die Modellbewertung verwendbar. Durch die vorliegenden langjährigen Abflussganglinien an den Pegeln Ahmsen, Brake und Herford konnte zusätzlich ein Vergleich des nach Wundt [16] bzw. nach Wittenberg [17] berechneten Basisabflusses und dem modellberechneten Basisabfluss erfolgen. Damit kann das Grundwasserströmungsmodell insgesamt auf einer sehr guten Grundlage an Messwerten bewertet werden.

Mit dem Modell konnten bis auf einzelne Ausreißer alle definierten Qualitätsanforderungen im Rahmen der Kalibrierung (Januar bis Dezember 2020) und des Modelltests (Januar bis Juli 2021) erreicht werden. Sowohl der modellberechnete Basisabfluss als auch die modellberechneten Standrohrspiegelhöhen befinden sich innerhalb geringer Abweichungen zu den Sollwerten. Durch die Sensitivitätsanalyse wurde darüber hinaus bestätigt, dass sich das Modell im Bereich der besten Anpassung bezüglich der Parameter Grundwasserneubildung, k_f -Wert und Transferrate befindet.

Nach DVGW-Arbeitsblatt W 107 [10] ist die Kategorie „Planungsmodell“ erfüllt. Es ist in der Lage, Reaktionen auf Veränderungen des geohydraulischen Systems zuverlässig zu prognostizieren.

Darüber hinaus wurden die mit dem Modell errechneten Strömungsrichtungen und die sich ergebenden Bilanzwerte auf Plausibilität überprüft.

8 Berechnungen mit dem numerischen Grundwassermodell für den Ist-Zustand (Januar 2020 bis Juli 2021)

8.1 Standrohrspiegelhöhen und Grundwasserfließrichtung

Die modellberechnete hydraulische Situation des Ist-Zustands (Januar 2020 bis Juli 2021) und die sich daraus ergebenden Fließrichtungen des Modellgrundwasserleiter L1 und L2 werden durch Grundwassergleichenpläne (Linien gleicher Standrohrspiegelhöhen) für die Monate April, August und Dezember (2020) sowie die Monate April und Juli (2021) dargestellt (Anlage 11.1/ Anlage 12.1).

Die Fließrichtungen im Modellgebiet können anhand der Grundwassergleichen abgelesen werden. Das Grundwasser strömt generell von den Talrändern zur Werre. Um die Entnahmebrunnen an der Brunnenstraße, Wiesestraße und Dennewitzstraße bilden sich jeweils Absenktrichter, die temporär an den konzentrischen Isolinien erkennbar ist.

In den Festgesteinsgebieten sowie an den Modellrändern können die Werte der berechneten Standrohrspiegelhöhen insbesondere wegen fehlender Mess- und Kalibriermöglichkeiten weniger genau sein. Die Grundwasserfließrichtung als auch das Grundwasserpotential für den Ist-Zustand (Modellkalibrierung und Modelltest) haben gute Übereinstimmung mit dem verhältnismäßig groben Plan der Grundwasseroberfläche der aus dem Grobmodell (Anlage 6), auf dessen Basis (u.a.) das Grundwassermodellgebiet abgegrenzt wurde. Lediglich Details innerhalb des Modellgebiets werden unter Berücksichtigung des aktualisierten Strukturmodells detaillierter wiedergegeben. Damit ist die Plausibilität der vorliegenden Abgrenzung des Grundwassermodellgebiets (beschrieben in 6.2) bestätigt.

Die Verläufe der Grundwassergleichen und die Größenordnungen der Standrohrspiegelhöhen sind aber auch dort hydrogeologisch plausibel. Im Bereich der Festgesteinsgebiete werden die Linien gleicher Standrohrspiegelhöhen aufgrund der geringeren Genauigkeit daher nicht dargestellt.

8.2 Grundwasserflurabstände

Die Grundwasserflurabstände errechnen sich aus der Differenz zwischen Geländeoberkante (DGM 5) und den modellberechneten Standrohrspiegelhöhen für die jeweilige Situation.

Zeitpunkte April, August und Dezember 2020 (Modellkalibrierung) (Anlage 11.2)

Die Grundwasserflurabstände liegen in den Höhenlagen des Modellgebietes überwiegend im Bereich >10 m. In der Werreniederung werden die Flurabstände dann deutlich geringer und liegen zwischen 1 m und 3 m. Im direkten Vorfluterbereich können die Flurabstände auch zwischen 0 m und 1 m liegen. Darüber hinaus weist der Bereich des östlich Flachsbares geringe Flurabstände auf. Im Jahresverlauf von April bis Dezember nehmen die Flurabstände mit fallenden Standrohrspiegelhöhen zu und erreichen auch in der Werreniederung Werte bis zu 5 m.

Zeitpunkte April und Juli 2021 (Modelltest) (Anlage 12.2)

Zum April 2021 nehmen die Flurabstände mit steigenden Standrohrspiegelhöhen wieder etwas

ab. Bis Juli 2021 verbleiben die Flurabstände dann auf etwa gleichem Niveau.

Die Darstellung der Flurabstände ist auf die Lockergesteinsgebiete beschränkt. Die Festgesteinsgebiete gelten nicht als Aussagegebiet (Erläuterungen dazu siehe Kap. 6.3), auf eine Darstellung der Flurabstände wurde deshalb dort verzichtet (Flächen grau markiert).

8.3 Förderbedingte Grundwasserabsenkung

8.3.1 Methodik

Die förderbedingten Grundwasserabsenkungen wurden nach folgender Methodik berechnet:

- Die Ausgangssituationen (Modellkalibrierung bzw. Modelltest) stellen die durch Messwerte und tatsächliche Fördermengen belegten Grundwasserströmungszustände der Monate April, August und Dezember 2020 sowie April und Juli 2021 bzw. die zu diesen Zeitpunkten mit dem Grundwassermodell berechneten Standrohrspiegelhöhen dar.
- Für beide Situationen (Kalibrierung und Modelltest) werden im Modell die Förderungen an der WG Herford-Brunnenstraße „abgeschaltet“. Alle übrigen Entnahmen bleiben unverändert, ebenso die übrigen Rahmenbedingungen der beiden untersuchten Situationen. Auf dieser Grundlage werden wiederum für das gesamte Modellgebiet Standrohrspiegelhöhen berechnet (ohne die Förderung aus der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße). Es wird also berechnet, wie sich die Standrohrspiegelhöhen in dem Zeitraum Januar 2020 bis Juli 2021 ohne die Förderungen an der WG Herford-Brunnenstraße eingestellt hätten (= Null-Situation).
 - Die Einstellung eines Systemzustandes in einem instationären Modell bedarf einer mehrfachen Wiederholung der Berechnung. Entsprechend wurde das Jahr 2020 sowohl im Ist- als auch im Null-Zustand 5 Jahre als Schleife berechnet und die beiden Zustände am Ende der Berechnungen miteinander verglichen.
- Zwischen den Standrohrspiegelhöhen der Ausgangssituationen und den entsprechenden Berechnungen ohne Förderung (Null-Situation), werden die Differenzen gebildet und in Differenzenplänen dargestellt. Da alle Rahmenbedingungen unverändert geblieben sind, zeigen die Differenzenpläne ausschließlich die Auswirkungen der Förderung der WG Herford-Brunnenstraße auf die Standrohrspiegelhöhen.

Die Darstellung der förderbedingten Absenkung (Absenktrichter) erfolgt flächenhaft für den Modellgrundwasserleiter L1 (Grundwasseroberfläche, Layer 1) und L2. Die errechneten Absenkungswerte wurden in folgende Zonen unterteilt und entsprechend farbig dargestellt: -0,25 bis -0,35 m, -0,35 bis -0,50 m; -0,50 bis -0,75 m, -0,75 bis -1,00 m, -1,00 bis -2,00 m, -2,00 bis -2,50 m, -2,50 bis -3,00 m, -3,00 bis -4,00 m und -4,00 bis -5,00 m.

Der äußere Rand der -0,25 bis -0,50-m-Zone ist mit dem äußeren Rand des Absenktrichters gleichzusetzen. Eine Darstellung kleinerer Absenkungsbeträge von unter -0,25 m wird unter Berücksichtigung der Modellgenauigkeit und der natürlichen Schwankungen der Standrohrspiegelhöhen für nicht sinnvoll erachtet.

Die Absenkberechnungen wurden im instationären Modellmodus für ein trockenes Jahr erstellt, die zusätzliche Anreicherung des Grundwasserhaushalts u. a. durch erhöhte Wasserstände in

den Fließgewässern und durch Überflutungen etc. nicht berücksichtigt. Daher sind die dargestellten Absenkungsbeträge und –reichweiten als rechnerisch konservative Betrachtung unter Berücksichtigung eines trockenen Klimas anzusehen. Im natürlichen System werden sie für feuchtere Jahre z. T. deutlich geringer ausfallen.

Unter diesem Gesichtspunkt wird der am Auftakttermin mit der Bezirksregierung Detmold festgelegten Berücksichtigung eines sich ändernden Klimas im Rahmen der Auswirkungsuntersuchung Rechnung getragen.

8.3.2 Förderbedingte Absenkung (Januar 2020 bis Juli 2021)

Die förderbedingte Absenkung (Absenktrichter) für die Monate April, August und Dezember 2020 für den Modellgrundwasserleiter L1 und L2 wird in Anlage 11.3 dargestellt:

Ist-Zustand, Zeitraum Januar 2020 bis Juli 2021 für die Grundwasseroberfläche (Layer 1) (Anlage 11.3.1.1 bis Anlage 11.3.3.1)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt April 2020 für den Modellgrundwasserleiter L1 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 49.925 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe (Brunnen 9) im L1: ca. 1,59 m
- Reichweite des Absenktrichters im L1:
 - o nach Norden: 0,6 km (vom Br. Wiesestraße)
 - o nach Osten: ca. 0,65 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - o nach Süden: ca. 0,49 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - o nach Westen: ca. 0,47 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt August 2020 für den Modellgrundwasserleiter L1 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 60.130 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L1: ca. 2,15 m
- Reichweite des Absenktrichters im L1:
 - o nach Norden: 0,63 km (vom Br. Wiesestraße)
 - o nach Osten: ca. 0,60 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - o nach Süden: ca. 0,66 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - o nach Westen: ca. 0,67 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt Dezember 2020 für den Modellgrundwasserleiter L1 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 31.680 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L1: ca. 1,73 m
- Reichweite des Absenktrichters im L1:
 - o nach Norden: 0,62 km (vom Br. Wiesestraße)
 - o nach Osten: ca. 0,60 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - o nach Süden: ca. 0,51 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - o nach Westen: ca. 0,53 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt April 2021 für den Modellgrundwasserleiter L1 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 45.599 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L1: ca. 2,48 m
- Reichweite des Absenktrichters im L1:
 - o nach Norden: 0,61 km (vom Br. Wiesestraße)
 - o nach Osten: ca. 0,61 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - o nach Süden: ca. 0,53 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - o nach Westen: ca. 0,47 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt Juli 2021 für den Modellgrundwasserleiter L1 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 43.877 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L1: ca. 2,62 m
- Reichweite des Absenktrichters im L1:
 - o nach Norden: 0,61 km (vom Br. Wiesestraße)
 - o nach Osten: ca. 0,61 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - o nach Süden: ca. 0,72 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - o nach Westen: ca. 0,65 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Ist-Zustand (Modellkalibrierung), Zeitraum Januar 2020 bis Juli 2021 für den Modellgrundwasserleiter L2 (Anlage 11.3.1.2 bis Anlage 11.3.3.2)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt April 2020 für den Modellgrundwasserleiter L2 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 49.925 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L2: ca. 1,57 m
- Reichweite des Absenktrichters im L2:
 - o nach Norden: 1,7 km (vom Br. Wiesestraße)
 - o nach Osten: ca. 0,65 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - o nach Süden: ca. 0,36 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - o nach Westen: ca. 0,31 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt August 2020 für den Modellgrundwasserleiter L2 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 60.130 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L2: ca. 2,12 m
- Reichweite des Absenktrichters im L2:
 - o nach Norden: 0,6 km (vom Br. Wiesestraße)
 - o nach Osten: ca. 0,59 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - o nach Süden: ca. 0,55 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - o nach Westen: ca. 0,62 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt Dezember 2020 für den Modellgrundwasserleiter L2 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 31.680 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L2: ca. 1,71 m
- Reichweite des Absenktrichters im L2:
 - o nach Norden: 0,60 km (vom Br. Wiesestraße)
 - o nach Osten: ca. 0,61 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - o nach Süden: ca. 0,43 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - o nach Westen: ca. 0,42 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt April 2021 für den Modellgrundwasserleiter L2 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 45.599 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L2: ca. 2,47 m
- Reichweite des Absenktrichters im L2:
 - o nach Norden: 0,6 km (vom Br. Wiesestraße)
 - o nach Osten: ca. 0,63 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - o nach Süden: ca. 0,55 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - o nach Westen: ca. 0,44 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt Juli 2021 für den Modellgrundwasserleiter L2 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 43.877 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L2: ca. 2,62 m
- Reichweite des Absenktrichters im L2:
 - o nach Norden: 0,61 km (vom Br. Wiesestraße)
 - o nach Osten: ca. 0,61 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - o nach Süden: ca. 0,60 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - o nach Westen: ca. 0,64 km (vom Br. Dennewitzstraße)

8.4 Grundwassereinzugsgebiet

8.4.1 Methodik

Das Grundwassereinzugsgebiet ³ der Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße wurde für den Zeitpunkt August 2020 (Zeitpunkt größter förderbedingter Absenkung) mit dem Grundwassermodell nach der Methode des „Particle Tracking“ berechnet, die im Programmsystem von FEFLOW 7.1 integriert ist ⁴:

Von der jeweiligen Filterstrecke der einzelnen Brunnen aus werden im Modell, radial verteilt und in unterschiedlichen Höhen, „Teilchen“ gestartet. Ihr Verlauf wird entgegen der Grundwasserströmung bis zum Erreichen der Grundwasseroberfläche verfolgt. Dieser Verlauf entspricht (in um-

³ DIN 4049-3: „Gebiet, aus dem unterirdisches Wasser einem bestimmten Ort zufließt“

⁴ Nähere Beschreibungen der Berechnungsmethodik und der mathematischen Prozesse befinden sich in den Handbüchern und im „White Paper“ des Programmsystems FEFLOW®

gekehrter Richtung) dem Weg, den ein Wassertropfen aus dem Neubildungsgebiet bis zum Erreichen des Brunnens nimmt. Diese Wege innerhalb des Grundwassersystems werden als Grundwasserströmungslinien auf eine Karte projiziert. Sie zeichnen das Strömungsfeld zum Brunnen und damit das Einzugsgebiet nach. Aus den modellberechneten Strömungslinien wird anhand der „umhüllenden Grenzlinie“ das Gesamteinzugsgebiet abgeleitet. Es beinhaltet das eigentliche Gebiet der Neubildung des Grundwassers, welches zu den Brunnen gelangt (Neubildungsgebiet) als auch das Gebiet, das bis zum Erreichen des Brunnens durchströmt wird (Durchströmungsgebiet).

8.4.2 Grundwassereinzugsgebiet (August 2020)

In der Anlage 11.4 sind die Grenzen der Stromlinien innerhalb des quartären Lockergesteinsgrundwasserleiters für den Ist-Zustand (Zeitpunkt Aug. 2020) dargestellt. Als Zeitpunkt wurde ein trockener Monat mit den größten förderbedingten Absenkungen ausgewählt, um die Berücksichtigung trockener Verhältnisse bei den Untersuchungen zu berücksichtigen. Der Grundwasserzustrom zu den Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße erfolgt überwiegend aus nordöstlicher Richtung. Im Südwesten reicht erstreckt sich das Einzugsgebiet über die Werre hinaus bis tlw. an den Rand des Lockergesteins. Zusätzlich werden auch das sich nach Nordosten und Südwesten anschließende Einzugsgebiet innerhalb der Festgesteinsgebiete als zusammenhängende Fläche dargestellt. Es handelt sich um das Grundwassereinzugsgebiet zur Bewertung der Grundwasserentnahme auf den Aquifer, ohne die Berücksichtigung oberirdischer Wasserscheiden, die z.B. bei einer Schutzgebietsabgrenzung ebenfalls Berücksichtigung finden.

Für die betrachteten Entnahmebedingungen (Aug. 2020) deckt das festgesetzte Schutzgebiet „Herford-Brunnenstraße“ das entsprechende Einzugsgebiet im Nordosten sehr gut ab. Das südwestliche Einzugsgebiet, südwestlich der Werre, liegt hingegen für den betrachteten Zeitraum (August 2020) außerhalb des festgesetzten Schutzgebietes.

Für das Einzugsgebiet der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße ergibt die Modellberechnung folgende Daten für den Monat August 2020 (Anlage 11.4):

- Fördermenge: Heberanlage Brunnenstraße: 40.490 m³/Monat, Brunnen Wiesestraße 14.160 m³/Monat, Brunnen Dennewitzstraße 5.480 m³/Monat
- Fläche des modellberechneten Grundwassereinzugsgebiets: ca. 3,12 km² (quartäre Lockergesteinsgebiete), ca. 0,7 km² (Festgestein oberflächennah anstehend).

9 Berechnungen zur beantragten Entnahmemenge mit dem Grundwassermodell

9.1 Fördermengen und Förderverteilung

Auf der Besprechung mit dem Antragsteller und den Fach- und Genehmigungsbehörden am 04.09.2020 in Detmold wurden der bestehende der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße erläutert. Mit dem Wasserbedarfsnachweis [U 11] bzw. Anhang 5 wurde die zu beantragende Entnahmemenge dargelegt. Die Antragsmenge der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße entspricht der bisherigen Entnahmemenge und beläuft sich auf 1,1 Mio. m³/a. Die Fördermengenanteile der einzelnen Brunnen Wiesestraße, Dennewitzstraße und der Heberanlage an der Brunnenstraße an der Wasserrechtsvariante entsprechen den bisher genehmigten Mengen von 300.000 m³/a am Brunnen Wiesestraße, 200.000 am Brunnen Dennewitzstraße und 600.000 m³/a an der Heberanlage Brunnenstraße. Die Fördermengenverteilung entspricht der des Ist-Zustandes im Jahr 2020. Bei Überschreitung der genehmigten monatlichen Entnahme wurde die Mehrentnahme auf die übrigen Monate verteilt.

9.2 Standrohrspiegelhöhen und Grundwasserfließrichtung

Die modellberechnete hydraulische Situation für den Wasserrechtszustand (Fördermenge der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße 1,1 Mio. m³/a) im Modellgrundwasserleiter L1 und L2 werden durch Grundwassergleichenpläne (Linien gleicher Standrohrspiegelhöhen) in der Anlage 13.1.1.1. bis Anlage 13.1.3.2 dargestellt:

Die Gleichenpläne des oberen und unteren Grundwasserleiters unterschieden sich auch im Prognose-Zustand nur geringfügig. Lediglich der Einfluss der Gewässer ist im Modellgrundwasserleiter L1 deutlicher sichtbar.

Die Fließrichtungen können anhand der Grundwassergleichen abgelesen werden. Gegenüber dem Ist-Zustand (s. Kapitel 8.1, Fördermenge der WG Herford-Brunnenstraße 2020: 0,51 Mio. m³/a) zeigen sich aufgrund der erhöhten Entnahmemenge der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße geringfügig niedrigere Standrohrspiegelhöhen im Bereich der Entnahmebrunnen.

In den Festgesteinsgebieten sind, analog zum Ist-Zustand, keine Isolinien dargestellt.

9.3 Grundwasserflurabstand

Zeitpunkte April, August und Dezember 2020 (Prognose) (Anlage 13.2)

Die Grundwasserflurabstände sind beim Prognosezustand, d.h. bei Ausschöpfung des Wasserrechts bei gleicher Förderverteilung im Jahr 2020, insbesondere im direkten Umfeld der Entnahmebrunnen an der Brunnenstraße, der Dennewitzstraße und der Wiesestraße größer als in der Modellkalibrierung. Das Maximum beträgt im Entnahmebereich bis zu 7 m. Die höchsten Werte werden dabei im August im Bereich des östlichen Fassungsbereich an der Brunnenstraße erreicht, was die Abhängigkeit des relativ geringmächtigen Grundwasserleiters von der Witterung verdeutlicht.

9.4 Förderbedingter Einfluss auf den Gesamtabfluss und den Basisabfluss

Der förderbedingte Einfluss der WG Herford-Brunnenstraße auf den Basisabfluss (Q_b) wird durch die Gegenüberstellung aus dem modellberechneten Basisabfluss im Nullzustand mit dem im Ist-Zustand und dem Prognosezustand berechnet. Durch die Differenz kann auch der förderbedingte Einfluss auf den gemessenen Gesamtabfluss am Pegel Herford quantifiziert werden.

In der Tabelle 23 ist die Reduktion des Basisabflusses für das Bilanzgebiet ab Pegel Ahmsen (siehe Abbildung 8) aus Nullzustand und Ist-Zustand quantifiziert. Die Reduktion des Basisabflusses wird dann dem gemessenen Gesamtabfluss für den Zeitraum Januar bis Dezember 2020 am Pegel Herford gegenübergestellt.

In der Spalte „Abflussreduktion“ wird die Reduktion des Gesamtabflusses für den Zeitraum Januar bis Dezember 2020 in Prozent dargestellt. Dabei wird zum mittleren gemessenen Gesamtabfluss am Pegel Herford für das Jahr 2020 ($7,87 \text{ m}^3/\text{s}$) die Differenz zwischen Ist- und Nullzustand addiert, sodass man einen Gesamtabfluss für das Jahr 2020 am Pegel Herford ohne Grundwasserentnahme an der Brunnenstraße erhält. Die prozentuale Reduktion des Gesamtabflusses durch die Grundwasserentnahme Hf.-Brunnenstraße erhält man dann aus dem Anteil der Differenz des Basisabflusses (Ist vs. Null) am Gesamtabfluss.

Tabelle 23: Modellberechneter Basisabfluss (Januar Dezember 2020) und prozentuale Reduktion des Gesamtabflusses am Pegel Herford für den Ist- und Prognosezustand.

IST zu NULL	Basisabfluss Ist [m^3/d]	Basisabfluss Null [m^3/d]	Differenz Basisabfluss [m^3/d]	Gesamtabfluss Q Pegel Herford 2020 Null [m^3/d]	Abflussreduktion [m^3/d]
Bilanzgebiet	3.341	4.677	1.336	679.010	0,20%
PROGNOSE zu NULL	Basisabfluss Prognose [m^3/d]	Basisabfluss Null [m^3/d]	Differenz Basisabfluss [m^3/d]	Gesamtabfluss Q Pegel Herford 2020 Null [m^3/d]	Abflussreduktion [m^3/d]
Bilanzgebiet	2.589	4.677	2.088	679.010	0,31%

Die Reduktion des Gesamtabflusses durch Grundwasserentnahme an der WG Herford-Brunnenstraße ist mit 0,20 % für den Ist-Zustand und mit 0,31 % für den Prognosezustand als gering einzustufen. Die Reduktion des Basisabflusses ist analog zur Reduktion des Gesamtabflusses in Tabelle 24 dargestellt.

Tabelle 24: Modellberechneter Basisabfluss (Januar Dezember 2020) und prozentuale Reduktion des Basisabflusses am Pegel Herford für den Ist- und Prognosezustand.

IST zu NULL	Basisabfluss Ist [m^3/d]	Basisabfluss Null [m^3/d]	Differenz Basisabfluss [m^3/d]	Basisabfluss gesamt Pegel Herford Null [m^3/d]	Abflussreduktion [m^3/d]
Bilanzgebiet	3.341	4.677	1.336	426.027	0,31%
PROGNOSE zu NULL	Basisabfluss Prognose [m^3/d]	Basisabfluss Null [m^3/d]	Differenz Basisabfluss [m^3/d]	Basisabfluss gesamt Pegel Herford Null [m^3/d]	Abflussreduktion [m^3/d]
Bilanzgebiet	2.589	4.677	2.088	426.027	0,49%

Die Reduktion des Basisabflusses am Pegel Herford durch Grundwasserentnahme an der WG Herford-Brunnenstraße ist mit 0,31 % für den Ist-Zustand und mit 0,49 % für den Prognosezustand ebenfalls als gering einzustufen.

9.5 Förderbedingte Grundwasserabsenkung

9.5.1 Methodik

Um die förderbedingten Veränderungen der Standrohrspiegelhöhen darzustellen, werden zwischen den modellberechneten Standrohrspiegelhöhen der Wasserrechtsvariante (Prognose) und den sich jeweils aus zwei nachfolgend aufgeführten Fördervarianten ergebenden Standrohrspiegelhöhen nach der in Kapitel 8.3.1 beschriebenen Methodik Differenzen berechnet und flächenhaft dargestellt:

- keine Förderung aus der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße (Null-Zustand),
- Förderung aus der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße wie im Zeitraum Januar 2020 bis Dezember 2020 (Ist-Zustand).

Um bei der Differenzenbildung ausschließlich die förderbedingten Auswirkungen darstellen zu können und Effekte durch unterschiedliche Rahmenbedingungen zu vermeiden, wurden für alle Fördervarianten folgende einheitlichen Rahmenbedingungen festgelegt:

- die Grundwasserneubildung sowie die Wasserstände der Gewässer entsprechen denen des Zeitraums Januar 2020 bis Dezember 2020 (Ist-Zustand),
- die Förderungen aus übrigen im Modellgebiet vorhandenen Brunnen entsprechen denen des Zeitraums Januar 2020 bis Dezember 2020 (Ist-Zustand),
- alle übrigen Rand- und Rahmenbedingungen des Modells sind bei allen Varianten gleich.

9.5.2 Wasserrechtsvariante gegen Null-Situation

Die förderbedingte Absenkung (Absenktrichter) der Förderung nach geplantem Wasserrecht gegenüber der „Null-Förderung“ für den Modellgrundwasserleiter L1 wird in Anlage 13.3.1.1 bis Anlage 13.3.3.1 dargestellt.

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Monat April 2020 für den Modellgrundwasserleiter L1 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 108.394 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L1: ca. 3,2 m (Heberanlage)
- Reichweite des Absenktrichters im L1:
 - nach Norden: 0,80 km (vom Br. Wiesestraße)
 - nach Osten: ca. 0,67 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - nach Süden: ca. 0,61 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - nach Westen: ca. 0,81 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt August 2020 für den Modellgrundwasserleiter L1 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 123.371 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L1: ca. 4,72 m (Heberanlage)
- Reichweite des Absenktrichters im L1:

- nach Norden: 0,97 km (vom Br. Wiesestraße)
- nach Osten: ca. 0,78 km (vom Br. 21, Heberanlage)
- nach Süden: ca. 0,70 km (vom Br. 14, Heberanlage)
- nach Westen: ca. 1,1 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt Dezember 2020 für den Modellgrundwasserleiter L1 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 68.572 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L1: ca. 3,69 m (Heberanlage)
- Reichweite des Absenktrichters im L1:
 - nach Norden: 0,81 km (vom Br. Wiesestraße)
 - nach Osten: ca. 0,68 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - nach Süden: ca. 0,65 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - nach Westen: ca. 0,91 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Absenkung (Absenktrichter) der Förderung nach geplantem Wasserrecht gegenüber der „Null-Förderung“ für den Modellgrundwasserleiter L2 wird in Anlage 13.3.1.2 bis Anlage 13.3.3.2 dargestellt.

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt April 2020 für den Modellgrundwasserleiter L2 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 108.394 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L2: ca. 3,2 m (Heberanlage)
- Reichweite des Absenktrichters im L2:
 - nach Norden: 0,8 km (vom Br. Wiesestraße)
 - nach Osten: ca. 0,74 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - nach Süden: ca. 0,66 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - nach Westen: ca. 1,1 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt August 2020 für den Modellgrundwasserleiter L2 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 123.371 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L2: ca. 4,72 m (Heberanlage)
- Reichweite des Absenktrichters im L2:
 - nach Norden: 0,8 km (vom Br. Wiesestraße)
 - nach Osten: ca. 0,74 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - nach Süden: ca. 0,66 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - nach Westen: ca. 1,1 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die förderbedingte Grundwasserabsenkung an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt Dezember 2020 für den Modellgrundwasserleiter L2 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 68.572 m³/Monat
- maximale Absenkung in Brunnennähe im L2: ca. 3,62 m (Heberanlage)
- Reichweite des Absenktrichters im L2:
 - nach Norden: 0,8 km (vom Br. Wiesestraße)

- nach Osten: ca. 0,68 km (vom Br. 21, Heberanlage)
- nach Süden: ca. 0,61 km (vom Br. 14, Heberanlage)
- nach Westen: ca. 1,0 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Es lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Nach Westen und Osten reicht die Absenkung tlw. bis ins Festgestein heran, wobei die Absenkung im Festgestein selbst nicht betrachtet wird (s. Kapitel 6.3).
- In südlicher Richtung reicht der Absenktrichter der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße in etwa bis zur Autobahn BAB 2
- In nördlicher Richtung reicht der Absenktrichter der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße bis etwa zur Parkstraße.
- Naturgemäß treten im Fassungsnahebereich der Förderbrunnen Brunnenstraße (Heberanlage), Dennewitzstraße und Wiesestraße die größten Absenkungen auf.

9.5.3 Wasserrechtsvariante gegenüber dem Ist-Zustand

Die Differenzen der förderbedingten Absenkung (Absenktrichter) der Entnahme nach beantragtem Wasserrecht (Prognose-Zustand: 1,1 Mio. m³/a) gegenüber der Förderung des Jahres 2020 (Ist-Zustand: 507 Tsd. m³/a) für den Monat August 2020 ist für den Modellgrundwasserleiter L1 in Anlage 13.4 dargestellt (zusätzliche förderbedingte Absenkung). Die Differenzen zeigen somit die zusätzlichen förderbedingten Absenkungen durch eine Erhöhung der Förderung nach beantragtem Wasserrecht gegenüber dem Ist-Zustand um insgesamt ca. 0,5 Mio. m³/a. Einen Vergleich der Fördermengen zeigt die folgende Tabelle.

Tabelle 25: Vergleich der Entnahmemengen zwischen beantragtem Wasserrecht (Prognose) und dem Ist-Zustand (Zeitraum Januar 2020 bis Dezember 2020)

Wassergewinnung	Entnahmemenge [m ³ /a]		
	beantragtes Wasserrecht	Istzustand „Jan. bis Dez. 2020“	Differenzen
WG Hf.-Brunnenstraße	1,1 Mio. m ³ /a	507,3 Tsd. m ³ /a	0,59 Mio. m ³ /a

Die zusätzliche förderbedingte Grundwasserabsenkung (Ist vs. Prognose) an der WG Herford-Brunnenstraße für den Zeitpunkt August 2020 für den Modellgrundwasserleiter L1 kann wie folgt beschrieben werden:

- Fördermenge: ca. 123.371 m³/Monat (Prognose) vs. 60.130 m³/Monat
- maximale zusätzliche Absenkung in Brunnennähe im L1: ca. 2,6 m
- Reichweite des Absenktrichters im L1:
 - nach Norden: 0,95 km (vom Br. Wiesestraße)
 - nach Osten: ca. 0,65 km (vom Br. 21, Heberanlage)
 - nach Süden: ca. 0,55 km (vom Br. 14, Heberanlage)
 - nach Westen: ca. 0,85 km (vom Br. Dennewitzstraße)

Die Fläche des zusätzlichen Absenkbereichs im Gebiet der quartären Lockergesteinsgrundwasserleiter (also ohne Festgesteinsgebiete) mit einer Randlinie von 0,25 m beträgt ca. 2,16 km².

Es lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Nach Süden reicht die zusätzliche Absenkung bis etwa an die BAB 2.
- In westlicher Richtung reicht der zusätzliche Absenktrichter der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße in etwa bis an den Rand des Festgesteins
- In nördlicher Richtung reicht der zusätzliche Absenktrichter der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße zum Klinikum (Johannisstraße)
- Nach Osten hin reicht der zusätzliche Absenktrichter der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße bis ebenfalls in den Bereich, in dem das Festgestein oberflächennah ansteht.
- Naturgemäß treten im Fassungsnahebereich der Förderbrunnen die größten zusätzlichen förderbedingten Absenkungen auf. Sie betragen an der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße (Fördermenge im August 2020 ca. 123.371 m³/Monat) bis 2,6 im Bereich der Heberanlage und am Brunnen Wiesestraße.

9.6 Grundwassereinzugsgebiet

In der Anlage 13.5 sind die äußeren Grenzen der Stromlinien innerhalb des quartären Lockergesteinsgrundwasserleiters für den Prognose-Zustand (Wasserrechtsvariante: Förderung WG Hf.-Brunnenstraße 1,1 Mio. m³/a) für den Zeitpunkt August 2020 (Förderung 123.371 m³/Monat) dargestellt. Die Berechnung geschieht nach der Methode des „Particle Tracking“ – methodisch analog wie für den Ist-Zustand (s. Kap. 8.4.1). Der Grundwasserzustrom zu den Brunnen der Wassergewinnung Hf.-Brunnenstraße erfolgt überwiegend aus nördlicher Richtung.

Im Südwesten erstreckt sich das Einzugsgebiet über die Werre hinaus bis tlw. an den Rand des Lockergesteins. Zusätzlich werden auch das sich nach Nordosten und Südwesten anschließende Einzugsgebiet innerhalb der Festgesteinsgebiete als zusammenhängende Fläche dargestellt. Es handelt sich um das Grundwassereinzugsgebiet zur Bewertung der Grundwasserentnahme auf den Aquifer, ohne die Berücksichtigung oberirdischer Wasserscheiden, die z.B. bei einer Schutzgebietsabgrenzung ebenfalls Berücksichtigung finden.

Für die betrachteten Entnahmebedingungen (Wasserrecht, Aug. 2020) deckt das festgesetzte Schutzgebiet „Herford-Brunnenstraße“ das entsprechende Einzugsgebiet im Nordosten sehr gut ab. Das südwestliche Einzugsgebiet, südwestlich der Werre, liegt hingegen für den betrachteten Zeitpunkt (August 2020) außerhalb des festgesetzten Schutzgebietes.

Die Einzugsgebiete für den Ist-Zustand und den Prognosezustand (Wasserrecht) für den Zeitpunkt August 2020 weisen eine hohe Ähnlichkeit auf.

Für das Einzugsgebiet der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße ergibt die Modellberechnung für den Monat August 2020 (Prognose) folgende Daten (Anlage 13.5):

- Fördermenge: Heberanlage Brunnenstraße: 73.371 m³/Monat, Brunnen Wiesestraße 30.000 m³/Monat, Brunnen Dennewitzstraße 20.000 m³/Monat

- Hydrogeologisches Gutachten -

- Fläche des modellberechneten Grundwassereinzugsgebiets: ca. 3,4 km² (quartäre Lockergesteinsgebiete), ca. 0,74 km² (Festgestein oberflächennah anstehend).

10 Bewertung der Vereinbarkeit des Vorhabens mit der WRRL

10.1 Relevante Wirkfaktoren

Bei dem Vorhaben handelt es sich um eine Grundwasserentnahme zur Trinkwasserversorgung. Zu diesem Zweck wird aus den 28 Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße bereits seit mehreren Jahrzehnten Grundwasser gefördert.

Die bis zum 31.10.2023 befristete Bewilligung der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße beträgt 1,1 Mio. m³/a [U 1]. Details s. Kapitel 3.2 und Kapitel 5 im Erläuterungsbericht. Die Fördermenge deckt sich mit dem im Rahmen der Bedarfsanalyse und -prognose ermittelten Wasserbedarf, der durch die Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße zu decken ist ([U 11] bzw. Anhang 5).

Nachstehend werden die relevanten Wirkfaktoren der Grundwasserentnahme näher erläutert.

Grundwasserentnahme

Im Rahmen der zukünftig geplanten Grundwasserentnahme sollen jährlich 1,1 Mio. m³ Grundwasser aus den 28 bestehenden Förderbrunnen (Brunnen Wiesestraße, Brunnen Dennewitzstraße, Heberanlage Brunnenstraße mit 26 Entnahmebrunnen) der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße entnommen werden. Dies bedeutet gegenüber der derzeit bestehenden Bewilligung von 1,1 Mio. m³/a eine gleichbleibende Entnahmemenge. Die Entnahme erfolgt weitestgehend aus dem im Umfeld der Brunnen verbreiteten Lockergesteinsgrundwasserkörper *GWK_4_10 Werre-Bega-Else-Talung*. Dieser grenzt im Nordosten an den Kluffgrundwasserleiter *GWK 4_15 Mittellippische Trias-Gebiete* und im Südwesten an den Kluffgrundwasserleiter *GWK 4_12 Südliche Herforder Mulde*.

Die Grundwasserentnahme ist in den folgenden Kapiteln im Hinblick auf das Verschlechterungsverbot des mengenmäßigen Zustands der Grundwasserkörper zu bewerten. Es gilt hierbei insbesondere sicherzustellen, dass auch weiterhin ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung gewährleistet ist.

Ganz grundsätzlich entsteht durch jede Grundwasserentnahme eine förderbedingte Grundwasserabsenkung im Umfeld der genutzten Brunnen. Bei der geplanten Entnahme gegenüber dem Ist-Zustand entsteht eine zusätzliche förderbedingte Absenkung, da die tatsächliche Entnahme unterhalb der bewilligten Entnahmemenge liegt. Diese entspricht der Differenz der Absenkung im Prognose-Zustand (in diesem Fall beantragtes Wasserrecht: 1,1 Mio. m³/a, s. Kapitel 9.5) und der Absenkung im Ist-Zustand (in diesem Fall den Zeitraum Januar 2020 bis Dezember 2020: 0,57 Mio. m³/a, s. Kap. 8.3). Es gilt nun für die innerhalb des Bereichs der zusätzlichen förderbedingten Absenkung gelegenen Oberflächenwasserkörper (**46_21000** „vom Golfplatz Ottenhausen bis zum Zufluss Düsediecksbach bei der ZKA Herford, Werre“ und **464_0** „Von der Einmündung der Werre in Herford bis Jöllenbecker Str. in Bielefeld, Johannisbach/Aa“) sicherzustellen, dass die Grundwasserentnahme dem Verbesserungsgebot, d.h. der Herstellung eines guten chemischen Zustandes bzw. des guten ökologischen Potenzials, nicht entgegensteht und auch das Verschlechterungsverbot eingehalten wird.

Abwasser

Das über die Brunnen der WG Herford-Brunnenstraße gewonnene Rohwasser enthält erhöhte Eisen- und Mangangehalte, sowie erhöhte Ammonium-Konzentrationen, die den jeweiligen Grenzwert nach Trinkwasserverordnung (TrinkwV; [7, 8]) überschreiten. Das gewonnene Grundwasser muss daher im Wasserwerk aufbereitet werden (s. Erläuterungsbericht Kapitel 2.3 und Kapitel 3.3.2).

Das Rückspülwasser gelangt über eine Zwischenpumpstation in eines der beiden Absetzbecken. Von dort wird es gemäß Auflagen des Erlaubnisbescheids (Az.: 72/71-23-13/0119 Ob/Hi) des Kreises Herford vom 04.11.2009 [U 5][U 1] über den „Steinsieksbach“ in die Vorflut „Werre“ eingeleitet. Für das Filtrerrückspülwasser sind Grenzwerte ausgewählter Parameter festgelegt, deren Einhaltung durch regelmäßige Analysen nachzuweisen ist.

Somit wird das Verbesserungsgebot als auch das Verschlechterungsverbot im Hinblick auf den Zustand des von der Einleitung betroffenen OWK 46_21000 „vom Golfplatz Ottenhausen bis zum Zufluss Düsediecksbach bei der ZKA Herford, Werre“ eingehalten.

10.2 Auswirkungen auf die Qualitätskomponenten der betroffenen Wasserkörper

10.2.1 Oberflächenwasserkörper

Die bewilligte Grundwasserentnahme von 1,1 Mio. m³/a führt gegenüber der Ist-Förderung im Umfeld der Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße zu einer Zunahme der förderbedingten Grundwasserabsenkung. Dabei handelt es sich um zusätzliche Absenkungsbeträge von bis zu 2,6 m bei trockenen Verhältnissen (August 2020, vgl. Anlage 13.4). Die maximale zusätzliche Absenkung von rd. 2,6 m wird ausschließlich im direkten Umfeld des Brunnens Wiesestraße und im zentralen Bereich der Entnahmefunnen an der Brunnenstraße (Heberanlage) im Bereich des Brunnens 18 erreicht. Die im Bereich der maßgeblichen zusätzlichen förderbedingten Absenkung liegende Wasserkörper ist der im Umfeld der Brunnen vorhandene OWK 46_21000 „vom Golfplatz Ottenhausen bis zum Zufluss Düsediecksbach bei der ZKA Herford, Werre“. Da in dem betroffenen Abschnitt der Werre auch der Niedrigwasser- bzw. Trockenwetterabfluss in die Werre die Menge an gefördertem Uferfiltrat um ein Vielfaches übersteigt, sind keine signifikanten förderbedingten Beeinflussungen zu erwarten.

Chemischer Zustand

Die Grundwasserentnahme hat aufgrund der lokalen hydrogeologischen Bedingungen keinen negativen Einfluss auf den chemischen Zustand des Oberflächenwasserkörpers 46_21000 „vom Golfplatz Ottenhausen bis zum Zufluss Düsediecksbach bei der ZKA Herford, Werre“. Es sind keine Veränderungen der Nähr- und Schadstofffrachten durch das Vorhaben zu erwarten. Das Verschlechterungsverbot des chemischen Zustandes wird eingehalten.

Ökologisches Potenzial – Biologische Qualitätskomponenten

Die geplante Erhöhung der Grundwasserentnahme hat nach derzeitigem Kenntnisstand keine Auswirkungen auf die Lebensbedingungen des als schlecht eingestuftes Makrozoobenthos bzw. der als schlecht eingestuftes Fischarten. Das Verschlechterungsverbot des ökologischen Potenzials wird im Hinblick auf die biologischen Qualitätskomponenten eingehalten.

Ökologisches Potenzial – Hydromorphe Qualitätskomponenten

Unter den hydromorphen Qualitätskomponenten gilt der Wasserhaushalt als Qualitätskomponente. Ein Parameter zur Bewertung des Wasserhaushaltes ist die Verbindung von Fließgewässern zu den Grundwasserkörpern.

Aufgrund dessen, dass keine Erhöhung der wasserrechtlichen Bewilligung geplant ist und auch die Entnahmemenge aufgrund der Gefahr eines erhöhten Zustromes von chloridhaltigen Werre-wassers witterungsabhängig gesteuert wird, sind keine signifikanten Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf die hydromorphen Qualitätskomponenten zu erwarten. Eine Bewertung der hydraulischen Verhältnisse ist auch den Unterlagen der UVP-Vorprüfung zu entnehmen [U 11].

Das Verschlechterungsverbot des ökologischen Potenzials wird damit auch im Hinblick auf die hydromorphen Qualitätskomponenten eingehalten.

Ökologisches Potenzial – Chemische und allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten

Die Erhöhung der Grundwasserentnahme hat keinen negativen Einfluss auf die chemischen und allgemein physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten der eingangs genannten OWK (46_21000 und 464_0). Es sind keine Veränderungen der Nähr- und Schadstofffrachten durch das Vorhaben zu erwarten. Das Verschlechterungsverbot des ökologischen Potenzials wird damit auch im Hinblick auf die chemischen und allgemein physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten eingehalten.

10.2.2 Grundwasserkörper

Mengenmäßiger Zustand

Hinsichtlich der Betrachtung des Grundwasserdargebots liegen für den relevanten Lockergesteinsgrundwasserkörper *GWK_4_10 Werre-Bega-Else-Talung* sowie die relevanten Festgesteinsgrundwasserkörper *GWK 4_15 Mittellippische Trias-Gebiete* und im Südwesten an den *GWK 4_12 Südliche Herforder Mulde* gemäß des Bewirtschaftungsplans des Landes NRW 2022 - 2027 [U 8] ausgeglichene Grundwasserbilanzen vor, d.h. die langfristige Grundwasserentnahme übersteigt nicht das nutzbare Grundwasserdargebot. Zum Zeitpunkt dieser Bewertung (Monitoringzyklus 2013 - 2018) belief sich das Wasserrecht der WG Herford-Brunnenstraße auf 1,1 Mio. m³/a [U 1]. Die zukünftig geplante Entnahme dieses Antrages stellt mit 1,1 Mio. m³/a gegenüber der Bewertung keine Erhöhung dar.

Für die oben genannten Grundwasserkörper bzw. Grundwasserteilkörper wurden durch das MKUNLV überschlägige Wasserbilanzen ermittelt (Stand 2005)[U 8]. In Tabelle 26 ist die mengenmäßige Belastung der einzelnen Grundwasserkörper zusammengefasst. Die Ermittlung der Grundwasserneubildung erfolgte hierbei nach einem flächendifferenzierten Verfahren in Anlehnung an DÖRHÖFER & JOSOPAIT (Mittelwert der Zeitreihe 1961 - 1990).

Tabelle 26: Mengenmäßige Belastung der Grundwasserkörper: Ergebnis der überschlägigen Wasserbilanzen des MKUNLV [U 8]

Wasserkörper-ID	Bezeichnung	Grundwasserneubildung [Mio. m ³ /a]	Zugelassene Entnahmerechte [Mio. m ³ /a]	Tatsächliche Entnahmen (max. 1996/2001) [Mio. m ³ /a]	Bemerkungen
GWK_4_10	Werre-Bega-Else-Talung	32,163	7,465	4,926	Da nur 23,2 % der Grundwasserneubildung zugelassen und 15,3 % tatsächlich entnommen werden, ist die Grundwasserbilanz <u>positiv</u> .
GWK 4_15	Mittellippische Trias-Gebiete	126,24	18,334	12,724	Da nur 14,5 % der Grundwasserneubildung zugelassen und 10,1 % tatsächlich entnommen werden, ist die Grundwasserbilanz <u>positiv</u> .
GWK 4_12	Südliche Herforder Mulde	75,646	1,266	1,936	Da nur 2,6 % der Grundwasserneubildung zugelassen und 1,7 % tatsächlich entnommen werden, ist die Grundwasserbilanz <u>positiv</u> .

Gemäß der in Kapitel 9 beschriebenen Auswirkungen erfolgt die Grundwasserentnahme der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße weitestgehend aus dem im Umfeld der Brunnen verbreiteten Lockergesteinsgrundwasserkörper 4_10 *Werre-Bega-Else-Talung*. Die Grundwasserneubildung beläuft sich hierbei auf 32,163 Mio. m³/a. Das zugelassene Entnahmerecht beträgt 7,465 Mio. m³/a. Folglich werden ca. 23,2 % der Grundwasserneubildung durch zugelassene Entnahmerechte entnommen. Aufgrund der geplanten gleichbleibenden Entnahmemenge der WG Herford-Brunnenstraße von 1,1 Mio. m³/a ist keine Veränderung der deutlich positiven Grundwasserbilanz des GWK 4_10 zu erwarten.

Zudem zeigen die Ergebnisse zu den vorhabenbedingten Auswirkungen (s. Kapitel 9.6), dass aus den oben genannten, im Umfeld der WG Herford-Brunnenstraße verbreiteten, GWK ebenfalls ein Anteil zu den Brunnen der WG Herford-Brunnenstraße gelangt, wodurch sich die Entnahme des genehmigten Entnahmeanteils im Grundwasserkörper 4_10 verringert. Die Grundwasserbilanz der benachbarten Grundwasserkörper ist ebenfalls deutlich positiv.

Die überschlägige Bilanzrechnung zeigt somit, dass eine positive Wasserbilanz in allen betroffenen Grundwasserkörpern vorliegt, d.h. ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahmen und Grundwasserneubildung in den betroffenen Grundwasserkörpern sichergestellt ist. Damit wird das Verschlechterungsverbot im Hinblick auf den mengenmäßigen Zustand des Grundwassers eingehalten.

Chemischer Zustand

Die Erhöhung der Grundwasserentnahme hat gemäß derzeitigem Kenntnisstand keinen negativen Einfluss auf den chemischen Zustand der eingangs genannten Grundwasserkörper. Der im Umfeld der Brunnen der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße bestehende Lockergesteins-

Grundwasserkörper 4_10 *Werre-Bega-Else-Talung* sowie die angrenzenden Festgesteinsgrundwasserleiter 4_15 Mittellippische Trias-Gebiete und 4_12 Südliche Herforder Mulde aufgrund der Witterungsabhängigkeit bei trockenen Verhältnissen in erster Linie mit einem erhöhten Zustrom von potentiell höhermineralisiertem Uferfiltrat aus der Werre (z. B. Chlorid, Sulfat, elektr. Leitfähigkeit) zu rechnen. Einem solchen Zustrom wurde jedoch in der Vergangenheit durch eine entsprechend angepasste Förderkonstellation entgegengewirkt, sodass die Chloridkonzentrationen zwar witterungsbedingt schwanken, entsprechend der an den Brunnen Dennewitzstraße und Wiesestraße seit 1980 erfassten Chlordikonzentrationen jedoch ein leichter Rückgang verzeichnet werden kann (siehe Kapitel 5.6.4).

Ein Konzentrationsrückgang des stark mit Chlorid belasteten Werrewassers hätte unmittelbar positive Auswirkungen auf die Chloridkonzentration im Grundwasser. Mögliche Änderungen der Chloridkonzentrationen des Grundwassers infolge witterungsbedingter hoher Chloridkonzentrationen in der Werre werden seitens der WG Herford-Brunnenstraße durch regelmäßige Messungen der elektr. Leitfähigkeit des Grundwassers und der Werre erfasst. Bei hohen Chlordikonzentrationen kann im Bedarfsfall die Förderkonstellation entsprechend angepasst werden. Bei günstiger Witterung ist somit eine deutlich höhere Entnahme möglich als in langanhaltenden Trockenperioden. Insgesamt wird der chemische Zustand auch bezüglich der Chloridkonzentration für den Monitoringzyklus 2013 bis 2018 der oben genannten Grundwasserleiter als gut bewertet. Seitens der Nitratproblematik in der Vergangenheit besteht eine freiwillige Kooperation mit den Besitzern der landwirtschaftlichen Flächen im südöstlichen Anstrombereich. Es ist daher davon auszugehen, dass es durch das Vorhaben zu keiner maßgeblichen Veränderungen des chemischen Zustands in den betroffenen Grundwasserkörpern kommt. Im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Kooperation ist in der Vergangenheit eine Verbesserung hinsichtlich der Nitratkonzentrationen im Grundwasser zu verzeichnen. Das Verschlechterungsverbot im Hinblick auf den chemischen Zustand der betroffenen Grundwasserkörper wird somit eingehalten.

10.3 Auswirkungen auf die Bewirtschaftungsziele

10.3.1 Oberflächenwasserkörper

Da mit dem Vorhaben keine Verschlechterungen des ökologischen Potenzials und des chemischen Zustands der Oberflächenwasserkörper verbunden sind, und da das Vorhaben dem Erreichen des guten ökologischen Potenzials bzw. des guten chemischen Zustands nicht im Wege steht, steht das Vorhaben der Umsetzung der Bewirtschaftungspläne und somit der Zielerreichung nicht entgegen.

10.3.2 Grundwasserkörper

Das Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung bleibt in den betroffenen Grundwasserkörpern erhalten. Das Verschlechterungsverbot im Hinblick auf den mengenmäßigen Zustand des betroffenen Grundwasserkörpers wird eingehalten.

Die Bewirtschaftungsziele für einen verbesserten chemischen Zustand durch Reduzierung diffuser Einträge aus der Landwirtschaft werden durch eine Kooperation zwischen Landwirtschaft und

Wasserversorger unterstützt. Da für die Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße ein Wasserschutzgebiet besteht, trägt der weitere Betrieb der Wassergewinnung dazu bei, dass die Nährstoffeinträge im betroffenen Wasserkörper geringer gehalten werden. Ohne die Grundwasserentnahme der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße würde diese Maßnahme ggf. wegfallen, wodurch u. U. mit höheren Nährstofffrachten im Grundwasserkörper zu rechnen wäre.

Das aus der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße entnommene Grundwasser wird vornehmlich für Trinkwasserzwecke verwendet. Daher ist die Stadtwerke Herford GmbH bestrebt, ein qualitativ hochwertiges Rohwasser zu entnehmen, das möglichst nitratfrei ist. Als konzeptionelle Maßnahme ist u. a. die freiwillige Kooperation zum flächendeckenden, vorbeugenden Gewässerschutz zwischen Landwirten und Wasserversorgern im Wassergewinnungsgebiet verankert worden. Ziel dieser Kooperation ist eine gewässerschonende Landbewirtschaftung, damit das gewonnene Rohwasser so natürlich wie möglich als Trinkwasser an die zu versorgende Bevölkerung abgegeben werden kann.

Der Betrieb der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße hält somit nicht nur das Verschlechterungsverbot ein, sondern leistet auch einen Beitrag zum Verbesserungsgebot des chemischen Zustandes der betroffenen Grundwasserkörper.

10.4 Bewertung und Maßnahmen zur Gewährleistung der Vereinbarkeit mit der WRRL

Das geplante Vorhaben wird die Zielerreichung und Maßnahmen des Bewirtschaftungsplans 2022 bis 2027 gemäß EG-WRRL bzw. § 27 und § 47 WHG nicht gefährden und steht diesen nicht entgegen. Besondere Maßnahmen zur Gewährleistung der Vereinbarkeit sind nicht erforderlich.

Die innerhalb des Wassergewinnungsgebiets Herford-Brunnenstraße bestehende freiwillige Kooperation zum flächendeckenden, vorbeugenden Gewässerschutz zwischen Landwirtschaft und Wasserversorgung sowie die mit der Wasserschutzgebietsverordnung verbundenen festgesetzten Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge stellen eine Verbesserungsmaßnahme im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie dar.

10.5 Zusammenfassung

Das ökologische Potenzial sowie der chemische Zustand der Oberflächengewässerkörper verschlechtern sich durch das geplante Vorhaben nicht.

Die geplante Grundwasserentnahme (in Höhe der derzeitig genehmigten Menge von 1,1 Mio. m³/a) an der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße steht dem Verschlechterungsverbot und den Maßnahmen zur Verbesserung des Zustands des maßgeblich betroffenen Grundwasserkörpers 4_10 *Werre-Bega-Else-Talung* sowie der angrenzenden Grundwasserkörper 4_12 *Südliche Herforder Mulde* und 4_15 *Mittellippische Trias-Gebiete* nicht entgegen.

Durch die Kooperationsarbeit zwischen Landwirtschaft und Wasserwirtschaft, insbesondere durch die Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge, ist mit einer Verminderung von Nährstoff- und Pflanzenschutzmitteleinträgen zu rechnen.

Das Verschlechterungsverbot der EG-WRRL bzw. § 27 Abs. 1 Nr. 1 und § 47 Abs. 1 Nr. 1 WHG bleibt gewahrt und die Zielerreichung und Maßnahmen des Bewirtschaftungsplans 2022 bis 2027

gemäß EG-WRRL bzw. § 27 Abs. 2 und § 47 Abs. 2 WHG werden durch das Vorhaben nicht gefährdet und stehen diesen nicht entgegen.

Hildesheim, den 04.09.2023



i. V. M.Sc. Geoökol. Malte **Eley**



i.A. Dipl.-Geogr. Marita **Strub**

11 Quellenverzeichnis

11.1 Verwendete Daten und Unterlagen

- [U 1] Bezirksregierung Detmold (BezReg):
Stadtwerke Herford: Wasserbehördlicher Bewilligungsantrag zur Entnahme von Grundwasser für das Wasserwerk Herford-Brunnenstraße, Oktober 1993
- Merkblatt Beantragung einer Wasserrechtlichen Genehmigung
 - Wasserrechte dritter (Wasserbuch), Datenerhalt 02.03.2021
- [U 2] Stadtwerke Herford GmbH:
- Ausbauzeichnungen der Grundwassermessstellen
 - Ausbauzeichnungen der Brunnen
- [U 3] Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen (GD NRW):
- Bohrungsdatenbank NRW (DABO) : Bohrdaten
 - Geologische Karte 1:25000
 - Geologisches Landesamt NRW (1995): Erläuterungen zur Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, 1 : 25000, Blatt 3818 Herford, Bearb. DEUTLOFF, O. et al.- 182 S., 13 Abb.; Krefeld.
- [U 4] Deutscher Wetterdienst (DWD):
- DWD-Wetterstation Bad Salzuflen, Niederschlagsdaten 1991-2021, Download am 28.07.2022
 - DWD-Wetterstation Bad Salzuflen, pot. Evapotranspiration 1991-2021, Download am 28.07.2022
- [U 5] Kreis Herford:
- Gesundheitsamt, Hausbrunnen, Datenerhalt am 04.02.201
 - Altablagerungen, Altstandorte und Deponien, Datenerhalt am 25.10.2022
 - Erlaubnis zur Benutzung eines Gewässers (Az. 72/71-23-13/0119 Ob/Hi
- [U 6] Bezirksregierung Köln, Abteilung Geobasis NRW:
- Basis-DLM (Shape): Land NRW (2022), Datenlizenz Deutschland – openNRW –Version 2.0; https://www.bezreg-koeln.nrw.de/brk_internet/geobasis/opendata/index.html

- [U 7] Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV):
- mGROWA, Grundwasserneubildung aus dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA NRW 1981-2010, opengeodata
 - Pegeldaten – Detailinformationen Pegel, Abflussdaten (Ahmsen, Herford, Brake)
 - Digitale Daten zur Gewässerstationierungskarte des Landes Nordrhein-Westfalen und zu Überschwemmungsgebieten (shape-Datei)
 - Grundwasserkörper NRW als Shape
 - https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/wasser/grundwassgr/gw_koerper_2d/
 - Grundwasserabhängige Landökosysteme in NRW als Shape
 - https://www.opengeodata.nrw.de/produkte/umwelt_klima/wasser/grundwasser/gwaloes/
- [U 8] Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MKUNLV NRW)
- Bewirtschaftungsplan 2022-2027 für die nordrhein-westfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems und Maas (Dez. 2022)
 - Steckbriefe der Planungseinheiten in den nordrhein-westfälischen Anteilen von Rhein, Weser, Ems und Maas Bewirtschaftungszeitraum 2022-2027. Oberflächengewässer und Grundwasser Teileinzugsgebiet Weser/Weser NRW
 - Ergebnisbericht Weser NRW – Wasserrahmenrichtlinie in NRW – Bestandsaufnahme vom Juni 2005.
- [U 9] Geologischer Dienst NRW (GD NRW):
- Geowissenschaftliche Gemeindebeschreibungen NRW, Herford, www.gd.nrw.de/ggb3/gb758012.htm
 - Stammdaten vorliegender Bohrungen im Untersuchungsgebiet
 - Hydrogeologische Karte von NRW 1:100.000 (HK100)
- [U 10] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR):
- Digitale Daten zur Hydrogeologischen Raumgliederung von Deutschland, 1 : 500.000 [HYRAUM]; Hannover. Geoportal BGR

- [U 11] Gutachten der CONSULAQUA Hildesheim (ehemals Geo-Infometric GmbH):
- Wasserwerk Herford-Brunnenstraße, Aufbau eines Grundwassermodells (Grobmodell) und Berechnung zum Einzugsgebiet, Gutachten Consulaqua Hildesheim, Geo-Infometric (1092053), 2010, (intern)
 - Wasserwerk Herford-Brunnenstraße, Aktualisierung des Grundwassermodells und Berechnung zum Einzugsgebiet, Gutachten Consulaqua Hildesheim, Geo-Infometric (52285), 2013, (intern)
 - Wasserwerk Herford-Brunnenstraße, Konzept zur Erweiterung des Messnetzes, Gutachten Consulaqua Hildesheim, Geo-Infometric (52653), 2014, (intern)
 - Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße, Dokumentation Grundwassermessstellenbau, Gutachten Consulaqua Hildesheim (53053/53268), 2019, (intern)
 - Bedarfsermittlung Herford-Brunnenstraße, 2022
 - UVP-Vorprüfung, WG Herford-Brunnenstraße, 2023
 - Modelldokumentation zum numerischen Grundwassermodell, 2022
 - Hydrochemische Bestandsaufnahme der Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße, 2022

11.2 Literatur

- [1] SCRIPTUM 16 (2007), Arbeitsergebnisse aus dem Geologischen Dienst Nordrhein-Westfalen, Hydrogeologische Raumgliederung von Nordrhein-Westfalen, Krefeld, ISSN 1430-5267
- [2] BAUMGARTNER, A., & LIEBSCHER, H. J. (1990). Allgemeine Hydrologie: Quantitative Hydrologie. Borntraeger.
- [3] DIN 4049-3 (1994): Hydrologie, Begriffe zur quantitativen Hydrologie – Abschnitt 3: Unterirdisches Wasser. – Berlin (Beuth).
- [4] DIE BUNDESMINISTERIN FÜR GESUNDHEIT UND DIE BUNDESMINISTERIN FÜR VERBRAUCHERSCHUTZ, ERNÄHRUNG UND LANDWIRTSCHAFT (2001): Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2001) vom 21. Mai 2001 [BGBl. Teil I, Nr. 24, S. 959].
- [5] DER BUNDESMINISTER FÜR GESUNDHEIT (2020): Trinkwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 2016 (BGBl. I S. 459), die zuletzt durch Artikel 99 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I. S. 1328) geändert worden ist.
- [6] DIE BUNDESMINISTERIN FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ, BAU UND REAKTORSICHERHEIT (2020): Wasch- und Reinigungsmittelgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juli 2013 (BGBl. I S. 2538), das zuletzt durch Artikel 252 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.
- [7] HÖLTING, B., COLDEWEY, W. (2005): Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. 6. Auflage; München.
- [8] LAWÄ (2017): Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser – Aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016; Stuttgart.

- [9] GRUNDWASSERVERORDNUNG (2010): Grundwasserverordnung vom 9. November 2010 (BGBl. I S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 4. Mai 2017 (BGBl. I S. 1044) geändert worden ist.
- [10] KUNKEL, R., HANNAPPEL, S., VOIGT, H.-J. & WENDLAND, F. (2002): Die natürliche Grundwasserbeschaffenheit ausgewählter hydrostratigrafischer Einheiten in Deutschland. Endbericht eines FuE-Vorhabens im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser und Boden“ der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser; Jülich, Berlin und Cottbus.
- [11] HANSEN, C., WILDE, S., WEBER, F.-A. & HÄUßLER, S. (2013): Konsequenzen nachlassenden Nitratabbaus in Grundwasserleitern – Abschlussbericht, Teil A (Allgemeiner Teil). – DVGW Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (Projekt W1/06/08);- 179 S.; Hamburg.
- [12] BERGMANN, A., WEBER, F.-A., HANSEN, C., WILDE, S., VAN STRAATEN, L., VAN BERK, W., HÄUßLER, S., DIETRICH, P., FRANKO, U., KIEFER, J. & RÖDELSPERGER, M. (2014): Konsequenzen nachlassenden Nitratabbaus in Grundwasserleitern. – energie|wasser-Praxis, 65. Jahrgang, Ausgabe 02/2014, Hrsg.: DVGW e.V.; - S. 36-42; Bonn.
- [13] DEUTSCHE VEREINIGUNG DES GAS- UND WASSERFACHS E. V. (DVGW) (2015): Technische Regel, Arbeitsblatt W 107, Aufbau und Anwendung numerischer Grundwassermodelle in Wassergewinnungsgebieten.- 2. Aufl., 41 S.; Bonn.
- [14] LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL NRW (2012): Handlungsempfehlungen zur Berücksichtigung grundwasserabhängiger Landökosysteme bei der Risikoanalyse und Zustandsbewertung der Grundwasserkörper.
- [15] Geologisches Landesamt NRW (1995): Erläuterungen zur Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, 1 : 25000, Blatt 3818 Herford, Bearb. DEUTLOFF, O. et al.- 182 S., 13 Abb.; Krefeld
- [16] Wundt, W. (1958): Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen, In: Grahmann: Die Grundwässer der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung. - Forsch. Dtsch. Landeskunde, 104: 47-54, Remagen
- [17] Wittenberg, H. (2011): Praktische Hydrologie - Grundlagen und Übungen, Vieweg & Teubner Verlag, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2011
- [18] H. Furtak und H. Langguth, „Zur hydrochemischen Kennzeichnung von Grundwässern und Grundwassertypen mittels Kennzahlen“, in Mem. IAH-congress, 1965, Bd. 7, S. 86–96.
- [19] Geologisches Landesamt NRW (1995): Erläuterungen zur Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, 1 : 25000, Blatt 3818 Herford, Bearb. DEUTLOFF, O. et al.- 182 S., 13 Abb.; Krefeld.

11.3 WMS Dienste und Online Portale

- [WMS 1] WMS LINFOS NRW (Abruf 2022)
URL des Dienstes:
<http://www.wms.nrw.de/umwelt/linfos>
- [WMS 2] WMS NW GEMARKUNGEN FLUREN (Abruf 2020)
URL des Dienstes:
http://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_gemarkungen_fluren

- [WMS 3] WMS NW ALKIS (Abruf 2020)
URL des Dienstes:
http://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_alkis
- [WMS 4] WMS NW DTK (Abruf 2022)
URL des Dienstes:
http://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_dtk25?
- [WMS 5] WMS Wasserschutzgebiete NRW (Abruf 2022)
URL des Dienstes:
<http://www.wms.nrw.de/umwelt/wasser/wsg>
- [WMS 6] WMS Überschwemmungsgebiete NRW (Abruf 2020)
URL des Dienstes:
<http://www.wms.nrw.de/umwelt/wasser/uesg>
- [WMS 7] WMS BK50 NRW (Abruf 2022)
URL des Dienstes:
<http://www.wms.nrw.de/gd/bk050>
- [WMS 8] WMS NW DGM-SCHUMMERUNG (Abruf 2022)
URL des Dienstes:
http://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_dgm-schummerung?
- [WMS 9] WMS IS GK100 (Abruf 2020)
URL des Dienstes:
<http://www.wms.nrw.de/gd/GK100?>
- [WMS 10] WMS IS HK100 (Abruf 2020)
URL des Dienstes:
<http://www.wms.nrw.de/gd/hk100?>
- [WMS 11] WMS IS HÜK500 (Abruf 2020)
URL des Dienstes:
<http://www.wms.nrw.de/umwelt/gewstat3c?>
- [WMS 12] WMS NW DVG (Abruf 2020)
URL des Dienstes:
http://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_dvg?
- [WMS 13] WMS Gewässerstationierungskarte NRW (gsk3c) (Abruf 2022)
URL des Dienstes:
<http://www.wms.nrw.de/umwelt/gewstat3c?>
- [WMS 14] WMS NW DOP (Abruf 2020)
URL des Dienstes:
http://www.wms.nrw.de/geobasis/wms_nw_dop
- [WMS 15] WMS ELWAS-WEB WRRL (2022)
URL des Dienstes: <http://www.wms.nrw.de/umwelt/gewstat3c?>
- [OP 1] ELWAS-WEB – **Elektronisches Wasserwirtschaftliches** Verbundsystem für die Wasserwirtschaftsverwaltung in Nordrhein-Westfalen.- Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz NRW; Düsseldorf.
<http://www.elwasweb.nrw.de/elwas-web/index.jsf>
- [OP 2] Bohrungen NRW. - Geologischer Dienst (GD NRW); Krefeld.
<http://www.bohrungen.nrw.de/>

[OP 3] GEOportal Kreis Herford – GeoViewer; Herford.
<https://geoportal.kreis-herford.de/umwelt/>

12 Anlagenverzeichnis

- Anlage 1 Lagepläne
- Anlage 1.1. Übersichtplan Modellgebiet Herford-Brunnenstraße
- Anlage 1.2. Übersichtplan Wassergewinnung Hf.-Brunnenstraße
- Anlage 1.3. Detailplan Wassergewinnungsgebiet Hf.-Brunnenstraße
- Anlage 1.4. Wasserwerksgelände und Brunnenstrandorte
 - Anlage 1.4.1. Wasserwerksgelände und Brunnen Heberanlage
 - Anlage 1.4.2. Brunnenstrandort Dennewitzstraße
 - Anlage 1.4.3. Brunnenstandort Wiesestraße
- Anlage 1.5. Ausschnitt aus der Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen (BK50 im Maßstab 1 : 50.000)
- Anlage 1.6. Flächennutzung im Umfeld der Wassergewinnung Hf.-Brunnenstraße
- Anlage 1.7. Altlasten und Bodenbelastungsflächen im Umfeld der Wassergewinnung Hf.-Brunnenstraße
- Anlage 1.8. Übersichtsplan der Wasserschutzgebiete, Heilquellenschutzgebiete und Trinkwassergewinnungsgebiete
- Anlage 1.9. Naturschutzrelevante Flächen und Objekte im Umfeld der Wassergewinnung Hf.-Brunnenstraße
- Anlage 1.10. Grundwasserkörper im Umfeld der Wassergewinnung Hf.-Brunnenstraße
- Anlage 2 (Hydro-)geologische Verhältnisse
- Anlage 2.1. Ausschnitt aus der Geologischen Übersichtskarte von Nordrhein-Westfalen (GÜK100) mit Lage der hydrogeologischen Profilschnitte
- Anlage 2.2. Schematische hydrogeologische Profilschnitte 1-10
- Anlage 2.3. Schematische hydrogeologische Profilschnitte A-I
- Anlage 3 Höhen-, Mächtigkeits- und Verbreitungskarten
- Anlage 3.1. Geländehöhen im Wassergewinnungsgebiet Hf.-Brunnenstraße
- Anlage 3.2. Gesamtmächtigkeit und Verbreitung der quartärzeitlichen Lockersedimente
- Anlage 3.3. Höhenlage der Quartärbasis
- Anlage 3.4. Mächtigkeit und Verbreitung Grundwasserleiter L1
- Anlage 3.5. Mächtigkeit und Verbreitung Grundwasserhemmer H1
- Anlage 3.6. Mächtigkeit und Verbreitung Grundwasserleiter L2
- Anlage 3.7. Mächtigkeit und Verbreitung Grundwasserhemmer H2
- Anlage 3.8. Mächtigkeit und Verbreitung Grundwasserleiter L3
- Anlage 3.9. Mächtigkeit und Verbreitung Grundwasserhemmer Ju
- Anlage 3.10. Mächtigkeit und Verbreitung Grundwasserhemmer, Ko
- Anlage 4 Ganglinien der Standrohrspiegelhöhen der Grundwassermessstellen und Förderbrunnen Hf.-Brunnenstraße
- Anlage 5 Grundwasserbeschaffenheit der Förderbrunnen der WG Hf.-Brunnenstraße – Grafische Darstellung der Analysen je Parameter (Zeitraum: 2010 - 2021)

- Anlage 6 Grundwassergleichen der Standrohrspiegelhöhen (L2, aus Grobmodell)
- Anlage 7 Grundwasserneubildung nach dem Verfahren mGROWA (1981-2010)
- Anlage 8 Ergebnisse Kalibrierung und Modelltest
- Anlage 8.1. Modellberechnete Grundwasserneubildung, Januar 2020 bis Juli 2021, Kalibrierung und Modelltest
- Anlage 8.2. Modellberechneter Basisabfluss, Januar 2020 bis Juli 2021
- Anlage 8.3. K_f -Wertverteilung der Modellschichten nach Kalibrierung
- Anlage 8.4. Verteilung der Transferraten nach Kalibrierung
- Anlage 9 Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Standrohrspiegelhöhen
Ganglinien Kalibrierung und Modelltest, Januar 2020 Juli 2021
- Anlage 10 Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen
- Anlage 10.1. Variation der Grundwasserneubildung
- Anlage 10.2. Variation der k_f -Werte
- Anlage 10.3. Variation der Transferraten der Vorfluter
- Anlage 11 Ergebnisse der Modellberechnungen, Ist-Zustand (Januar bis Dezember
2020, Modellkalibrierung)
- Anlage 11.1. Plan gleicher Standrohrspiegelhöhen, Apr.+ Aug.+ Dez. 2020, modellberechnet (Modellkalibrierung)
- Anlage 11.2. Flurabstandsplan, Apr.+ Aug.+ Dez. 2020, modellberechnet (Modellkalibrierung)
- Anlage 11.3. Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße: Förderbedingte Absenkung der Standrohrspiegelhöhen, Apr.+ Aug.+ Dez. 2020, modellberechnet (Modellkalibrierung)
- Anlage 11.4. Wassergewinnung Hf.-Brunnenstraße: Brunneneinzugsgebiet Aug 2020, modellberechnet
- Anlage 12 Ergebnisse der Modellberechnungen, Ist-Zustand (Januar bis Juli 2021)
- Anlage 12.1. Plan gleicher Standrohrspiegelhöhen, Apr.+ Jul. 2021., modellberechnet (Modelltest)
- Anlage 12.2. Flurabstandsplan, Apr.+ Jul. 2021, modellberechnet (Modelltest)
- Anlage 12.3. Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße: Förderbedingte Absenkung der Standrohrspiegelhöhen, Apr.+ Jul. 2021, modellberechnet (Modelltest)
- Anlage 13 Ergebnisse der Modellberechnungen, Prognose (Variante-Wasserrecht)
(Januar 2020 bis Dezember 2020)
- Anlage 13.1. Plan gleicher Standrohrspiegelhöhen, Apr.+ Aug.+ Dez. 2020, modellberechnet (Variante Wasserrecht, Prognose)
- Anlage 13.2. Flurabstandsplan, Apr.+ Aug.+ Dez. 2020, modellberechnet (Variante Wasserrecht, Prognose)
- Anlage 13.3. Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße: Förderbedingte Absenkung der Standrohrspiegelhöhen, Apr.+ Aug.+ Dez. 2020, modellberechnet (Null gegen Variante Wasserrecht, Prognose)

- Anlage 13.4. Wassergewinnung Herford-Brunnenstraße: zusätzliche Förderbedingte Absenkung der Standrohrspiegelhöhen, Aug. 2020, L1, modellberechnet (Ist gegen Variante Wasserrecht, Prognose)
- Anlage 13.5. Wassergewinnung Hf.-Brunnenstraße: Brunneneinzugsgebiet Aug 2020, modellberechnet (Variante Wasserrecht, Prognose)

13 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage des Untersuchungsgebiets im Nordosten Nordrhein-Westfalens [WMS 4].....	7
Abbildung 2:	Lage des Modellgebiets mit den Förderbrunnen der Wassergewinnung Herford- Brunnenstraße [WMS 4][WMS 8][WMS 11]	9
Abbildung 3:	Bodenkundliche Verhältnisse im Modellgebiet [WMS 4][WMS 7]	10
Abbildung 4:	Flächennutzung im Modellgebiet (Anteile) [U 6].....	12
Abbildung 5:	Wasserschutzgebiete und Heilquellenschutzgebiete im Modellgebiet [WMS 5].....	15
Abbildung 6:	Niederschläge an der Station Bad Salzuflen der Jahre 1991 bis 2021 [U 4]	18
Abbildung 7:	Winterniederschläge an der Station Bad Salzuflen der Jahre 1991 bis 2021 [U 4]	18
Abbildung 8:	Basiseinzugsgebiete und Wetterstation in der Nähe des Modellgebiets [U 7], [U 4]	20
Abbildung 9:	Durchschnittlicher monatlicher Basisabfluss (Januar 1955 bis März 2021) am Pegel Herford sowie monatlicher Basisabfluss im Jahr 2020.....	22
Abbildung 10:	Oberflächenwasserkörper in der Planungseinheit PE_WES_1300; blaue Markierung: Lage der WG Herford-Brunnenstraße [U 8].....	30
Abbildung 11:	Oberflächenwasserkörper in der Planungseinheit PE_WES_1500; blaue Markierung: Lage der WG Herford-Brunnenstraße [U 8].....	32
Abbildung 12:	Lage und Bezeichnung der Grundwasserkörper im Modellgebiet [U 7]	34
Abbildung 13:	Einteilung in Hydrogeologische Teilräume (nach: Hydrogeologischer Raumgliederung der BGR, basierend auf den Entwürfen der Länder überwiegend im Maßstab 1:500 000 [U 10])	35
Abbildung 14:	Geochemischer Gesteinstyp (Hydrogeologische Karte HK 100 [WMS10]).....	37
Abbildung 15:	Grundwasserabhängige Landökosysteme [U 7].....	38
Abbildung 16:	Geologischer / tektonischer Kartenausschnitt aus der Geolog. Karte – Blatt 3818 [19]	49
Abbildung 17:	Geologische Karte (GK100) mit Lage des Modellgebiets [WMS 9].....	50
Abbildung 18:	Schematischer Profilschnitt, Südwest-Nordost, WG Herford-Brunnenstraße	53
Abbildung 19:	Jahresentnahmemengen der Brunnen der WG HF.-Brunnenstraße der Jahre 2003 - 2020.....	56
Abbildung 20:	Weitere wasserrechtlich genehmigte Grundwasserentnahmen im Modellgebiet.....	57
Abbildung 21:	Jahresniederschlags- und Verdunstungssummen 2000 - 2021.	60
Abbildung 22:	Schutzpotenzial der Deckschichten (IS Hydrogeologische Karte HK100)	62
Abbildung 23:	Kartendarstellung der gemittelten (Median) elektrischen Leitfähigkeiten im Untersuchungsgebiet. Hintergrundkarte © GeoBasis-DE / BKG (2021)	64
Abbildung 24:	Kartendarstellung der gemittelten (Median) Chlorid-Konzentrationen im Untersuchungsgebiet. Hintergrundkarte © GeoBasis-DE / BKG (2021)	64
Abbildung 25:	Kartendarstellung der gemittelten (Median) Hydrogencarbonat-Konzentrationen im Untersuchungsgebiet. Hintergrundkarte © GeoBasis-DE / BKG (2021)	65
Abbildung 26:	Kartendarstellung der gemittelten (Median) pH-Werte im Untersuchungsgebiet. Hintergrundkarte © GeoBasis-DE / BKG (2021)	65
Abbildung 27:	Verteilung (logarithmisch) der Messwerte des Parameters elektrische Leitfähigkeit. Die Boxplots geben den Median (mittlere senkrechte Linie in der Box), das erste (25 %) und dritte (75 %) Quantil (linke und rechte Begrenzung der Box) sowie die Gesamtspannweite der Messwerte (horizontale Linien links und rechts der Box) an...66	66

Abbildung 28:	Verteilung (logarithmisch) der Messwerte der Chlorid-Konzentration. Die Boxplots geben den Median (mittlere senkrechte Linie in der Box), das erste (25 %) und dritte (75 %) Quantil (linke und rechte Begrenzung der Box) sowie die Gesamtspannweite der Messwerte (horizontale Linien links und rechts der Box) an.....	66
Abbildung 29:	Anteile Hauptanionen und -kationen (Äquivalentkonzentration) der betrachteten Messstellen. Zugrunde liegen die Daten der jeweils letzten Probenahme. Der jeweilige Radius eines Kreises repräsentiert die gemessene elektrische Leitfähigkeit, welche zu Darstellungszwecken logarithmiert wurde. Zahlenwerte (in %) sind für Äquivalenzanteile an Kat- bzw. Anionen $\geq 10\%$ dargestellt.....	67
Abbildung 30:	Piper-Diagramm zur Darstellung der Wasserbeschaffenheit der vorliegenden Wasseranalysen aus den untersuchten Grundwassermessstellen.....	68
Abbildung 31:	Chlorid-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021.....	76
Abbildung 32:	Sulfat-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021.....	77
Abbildung 33:	Calcium-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021.....	78
Abbildung 34:	Natrium-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021.....	79
Abbildung 35:	Magnesium-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021.....	80
Abbildung 36:	Nitrat-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021.....	81
Abbildung 37:	Ammonium-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021.....	82
Abbildung 38:	Eisen-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021.....	83
Abbildung 39:	Mangan-Konzentrationen im Rohwasser im Brunnen Dennewitzstraße (DENN BR), Wiesestraße (WIES BR), der Heberanlage Brunnenstr. (Rohw.-Gebäude) bzw. dem Rohmischwasser am WW Hf.-Brunnenstr. im Zeitraum 2010 – 2021.....	84
Abbildung 40:	Abgrenzung des Modellgebiets.....	86
Abbildung 41:	Oberflächennahe Verbreitung des Festgesteins.....	87
Abbildung 42:	Räumliche Darstellung des Netzgitters.....	89
Abbildung 43:	Vertikale Diskretisierung des Modells, schematisiert.....	90
Abbildung 44:	Randbedingungen der Gewässer.....	93
Abbildung 45:	Verortung der Randbedingungen an den Modellrändern und im Bereich der Vorfluter.....	95
Abbildung 46:	Scattergramm für 33 Grundwassermessstellen (alle gemessenen und modellberechneten Standrohrspiegelhöhen Januar bis Dezember 2020).....	103

Abbildung 47: Histogramm für 33 Grundwassermessstellen (Monatliche Messwerte Januar bis Dezember 2020) für den Abweichungsbereich von -0,5 m bis +0,5 m.....	104
Abbildung 48: Scattergramm für 33 Grundwassermessstellen (alle gemessenen und modellberechneten Standrohrspiegelhöhen von Januar bis Juli 2021).....	112
Abbildung 49: Histogramm für 33 Grundwassermessstellen (monatliche Messwerte Januar bis Juli 2021)	113

14 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Altlasten und Bodenbelastungsflächen im Umfeld der WG Herford-Brunnenstraße	12
Tabelle 2:	Naturschutzrelevante Flächen bzw. Objekte im Umfeld der WG Herford-Brunnenstraße	15
Tabelle 3:	Klimatische Wasserbilanz im Sommer- und Winterhalbjahr für den Zeitraum 1992 bis 2021 [U 4]	19
Tabelle 4:	Überschlägige Berechnung des Basisabflusses für das Modellgebiet ab Pegel Ahmsen (Bilanzgebiet Kalibrierung, siehe Abbildung 8, für das Jahr 2020.....	21
Tabelle 5:	Einteilung in Hydrogeologische Teilräume (aus [1])	36
Tabelle 6:	Bezeichnung und Bewertung der Oberflächenwasserkörper im Umfeld der Brunnen der WG Herford-Brunnenstraße [U 8].	40
Tabelle 7:	Bewirtschaftungsziele und Maßnahmen für die potentiell betroffenen Oberflächenwasserkörper.....	43
Tabelle 8:	Bezeichnung und Bewertung der Grundwasserkörper im Modellgebiet	45
Tabelle 9:	Bewirtschaftungsziele und Maßnahmen für die betroffenen Grundwasserkörper.....	46
Tabelle 10:	Hydrostratigrafische Gliederung im Modell- bzw. Untersuchungsgebiet.....	52
Tabelle 11:	Lage- und Kenndaten der Brunnenfassungen.....	55
Tabelle 12:	Wasserrechte Dritter	58
Tabelle 13:	Gruppierung der Grundwassermessstellen der WG Herford-Brunnenstraße	60
Tabelle 14:	Spannweiten der ausgewerteten Parameter aller Messstellen der Gruppe Grundwassermessstellen im Lockergestein.	70
Tabelle 15:	Spannweiten der ausgewerteten Parameter aller Messstellen der Gruppe Grundwassermessstellen im Festgestein.	73
Tabelle 16:	k-Wert-Verteilung als Ergebnis der instationären Kalibrierung	97
Tabelle 17:	Wertebereich der richtungsabhängigen Transferraten im kalibrierten Grundwassermodell.....	99
Tabelle 18:	Statistik der instationären Kalibrierung anhand der gemessenen Standrohrspiegelhöhen und der mit dem instationären Modell berechneten Standrohrspiegelhöhen für den Zeitraum Januar 2020 bis Dezember 2020.....	101
Tabelle 19:	Modellberechnete Basisabflüsse über die Vorfluter (Cauchy-Randbedingung, Ist) und berechnete Basisabflüsse (nach Wittenberg [17], Soll) für den Zeitraum Januar bis Dezember 2020.....	104
Tabelle 20:	Modellberechnete Grundwasserbilanz für das Bilanzgebiet ab Pegel Ahmsen (Januar bis Dezember 2020)(Bilanzgebiet Kalibrierung, siehe Abbildung 8)	108
Tabelle 21:	Statistik des instationären Modelltests anhand der gemessenen Standrohrspiegelhöhen (Januar 2021 bis Juli 2021) und der mit dem instationären Modell berechneten Standrohrspiegelhöhen.	110
Tabelle 22:	Modellberechnete Grundwasserbilanz für das Bilanzgebiet ab Pegel Ahmsen (Januar bis Juli 2021) (Bilanzgebiet Kalibrierung, siehe Abbildung 8).....	113
Tabelle 23:	Modellberechneter Basisabfluss (Januar Dezember 2020) und prozentuale Reduktion des Gesamtabflusses am Pegel Herford für den Ist- und Prognosezustand.	123
Tabelle 24:	Modellberechneter Basisabfluss (Januar Dezember 2020) und prozentuale Reduktion des Basisabflusses am Pegel Herford für den Ist- und Prognosezustand.	123

Tabelle 25:	Vergleich der Entnahmemengen zwischen beantragtem Wasserrecht (Prognose) und dem Ist-Zustand (Zeitraum Januar 2020 bis Dezember 2020).....	126
Tabelle 26:	Mengenmäßige Belastung der Grundwasserkörper: Ergebnis der überschlägigen Wasserbilanzen des MKUNLV [U 8].....	132