

Antrag auf eine Bewilligung der Befugnis zur Förderung von Grundwasser und Uferfiltrat mit 11 Vertikalfilterbrunnen des Wasserwerkes Zündorf zur Versorgung des Kölner Stadtgebietes einschließlich Bergisch Gladbach mit Trinkwasser

Erläuterungsbericht zum Antrag nach §§ 8,9,14 WHG in Verbindung mit § 15 (Bewilligung) LWG-NRW



November 2023

Inhalt

Anlagenverzeichnis	4
Vorbemerkung	6
1. Veranlassung und Zielsetzung	7
2. Beschreibung der Fassungsanlagen	9
2.1.1 Brunnenausbau	10
2.1.2 Leistungscharakteristik, Wasserandrang und Ergiebigkeit	11
2.2 Bedarfsnachweis	14
3. Geologischer und hydrogeologischer Überblick	20
3.1 Untersuchungsgebiet	20
3.2 Geologie und Hydrogeologie	22
3.2.1 Hauptgrundwasserleiter -Niederterrasse	22
3.2.2 Rhein	23
3.2.3 Sieg und Agger	25
3.2.3.1 Sieg- und Aggerinfiltrat	27
3.2.3.2 Mühlengraben	27
3.2.4 Wahner Heide	27
3.2.5 Scheuerbach	29
3.2.6 Einzugsgebiet südlich Fliegenberg und Aggerterrassen	31
3.3 Entwicklung der Grundwasserstände	32
3.3.1 Grundwasserschwankungen in Abhängigkeit vom Rheinpegel	32
3.3.2 Grundwasserschwankungen im Bereich der Fassung Zündorf	33
3.3.3 Grundwasserschwankungen im weiteren Einzugsgebiet	36
3.4 Grundwasserströmung und Einzugsgebiete	38
3.4.1 Grundwassergleichenplan 24.10.2015 Niedrigwasser	39
3.4.2 Grundwassergleichenplan 26.10.2012 Mittelwasser	39
3.4.3 Grundwassergleichenplan 28.10.2002 Hochwasser	39
3.4.4 Flurabstandsplan vom 24.10.2015 – Niedrigwasser	40
3.4.5 Flurabstandsplan vom 26.10.2012 – Mittelwasser	40

3.5	Grundwasserneubildung	40
3.6	Wasserwirtschaftlich verfügbarer Randzustrom	42
3.7	Grundwasserqualität / Potenzielle Gefährdungen im Einzugsgebiet	43
4.	Fördermengen und wichtige konkurrierende Wasserentnehmer	51
5.	Ermittlung des Grundwasserangebots -Grundwassermodellbericht-	55
5.1	Veranlassung und Aufgabenstellung	55
5.2	Grundwassermodell	55
5.3	Modellgebiet	56
5.4	Modellrandbedingungen	56
5.4.1	Leakagerandbedingungen Vorfluter	57
5.4.2	Randzustrom Mengenflüsse (Randbedingungen 2. Art Neumann)	59
5.4.3	Fördermengen	61
5.4.4	Materialparameter	62
5.4.4.1	Durchlässigkeiten	62
5.4.4.2	Modellunterkante	63
5.4.4.3	Aquiferoberkante	63
5.4.4.4	Grundwasserneubildung	64
5.4.5	Modelleichung	64
5.5	Modellsimulation	71
5.5.1	Modellstudie zur Außerbetriebnahme des Wasserwerks Oberlar bei stationären Mittelwasserbedingungen und Entnahmemengen nach aktuellem Wasserrecht	71
5.5.2	Modellstudie aller Betreiber nach bestehendem Wasserrecht bei stationären Mittelwasserbedingungen und veränderlichen Entnahmemengen in Zündorf	73
5.5.2.1	Einzugsgebiete	75
5.5.2.2	Wasserwirtschaftliche Bilanz	76
5.5.2.3	Rheinuferbelastung	77
5.5.2.4	Bewertung	77
5.5.3	Auswirkung der Förderung auf die Grundwasserstände Grundwasserdifferenzen...	77
5.5.4	Normalvariante	78
5.5.5	Niedrigwasservariante	79

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Aktuelles Wasser-(Glocken)recht
Anlage 2	Lageplan
Anlage 3.1 – 3.3	Katasterpläne der Fassungen I - III
Anlage 4	Eigentümnachweis
Anlage 5	Brunnenausbauzeichnung
Anlage 6	Zeichnung Brunnenschächte
Anlage 7	Leistungscharakteristik der Förderbrunnen Zündorf
Anlage 8	Pumpenfragebogen
Anlage 9	Bevölkerungsentwicklungsprognose bis 2040 des Landes NRW
Anlage 10	Einzugsgebiet NT Wahn Überflutung
Anlage 11	Geologische Karte
Anlage 12	Geologische Schnitte
Anlage 13	NT Fließrichtung
Anlage 14	Quartärbasiskarte
Anlage 15	Grundwassermächtigkeitskarte
Anlage 16	Lageplan der Grundwassermessstellen
Anlage 17	GW-Gleichenplan Okt 2015 NW
Anlage 18	GW-Gleichenplan Okt 2012 MW
Anlage 19	GW-Gleichenplan Okt 2002 HW
Anlage 20	Flurabstandsplan Okt 2015 NW
Anlage 20a	Flurabstandsplan Okt 2012 MW
Anlage 21	Grundwasserneubildung nach GROWA und Randzustrom
Anlage 22	Altlasten und Altstandorte im Einzugsgebiet
Anlage 23	Chemische Analysenergebnisse der 11 Zündorfer Förderbrunnen
Anlage 24	Lageplan weitere Wasserrechte
Anlage 25	Modellgebiet
Anlage 26	Modellnetz gesamt
Anlage 27	Modellnetz Süd mit Randbedingungen
Anlage 28	Transferfaktoren
Anlage 29	Durchlässigkeiten
Anlage 30	Aquiferbasis
Anlage 31	Geländeoberkante
Anlage 32	Grundwasserneubildung

Anlage 33	Bachaussickerungen
Anlage 34	Fassung Zündorf Simulation mit 17 Mio. m ³ /a mit Oberlar
Anlage 35	Fassung Zündorf Simulation mit 17 Mio. m ³ /a ohne Oberlar
Anlage 36	Fassung Zündorf Simulation mit 11 Mio. m ³ /a
Anlage 37	Fassung Zündorf Simulation mit 13 Mio. m ³ /a
Anlage 38	Fassung Zündorf Simulation mit 15 Mio. m ³ /a
Anlage 39	Fassung Zündorf Simulation mit 17 Mio. m ³ /a
Anlage 40	Fassung Zündorf Simulation mit 19 Mio. m ³ /a
Anlage 41	Fassung Zündorf Simulation mit 21 Mio. m ³ /a
Anlage 42	Fassung Zündorf Simulation mit 23 Mio. m ³ /a
Anlage 43	Fassung Zündorf Simulation mit 25 Mio. m ³ /a
Anlage 43a	Flurabstandsplan Fassung Zündorf Simulation mit 25 Mio. m ³ /a
Anlage 44	Fassung Zündorf Simulation mit 0 Mio. m ³ /a
Anlage 45	Differenzenplan ZD 0 Mio. zu 25 Mio. m ³ /a
Anlage 46	Differenzenplan ZD 10 Mio. zu 25 Mio. m ³ /a
Anlage 47	Differenzenplan ZD 0 Mio. zu 25 Mio. m ³ /a NW instat.
Anlage 48	Umweltbericht

Vorbemerkung

Die RheinEnergie AG (RE) ist der Trinkwasserversorger für Köln, Brühl, Frechen, Pulheim und Bergisch-Gladbach. Hierzu betreibt die RE beidseitig des Rheins mehrere Trinkwassergewinnungsanlagen (siehe Abb. 1). Hier wird das Grundwasser mittels Brunnen aus einer Tiefe von ca. 10 bis 50 m gefördert, in Abhängigkeit von der jeweiligen Qualität aufbereitet und in das Trinkwassernetz eingespeist.

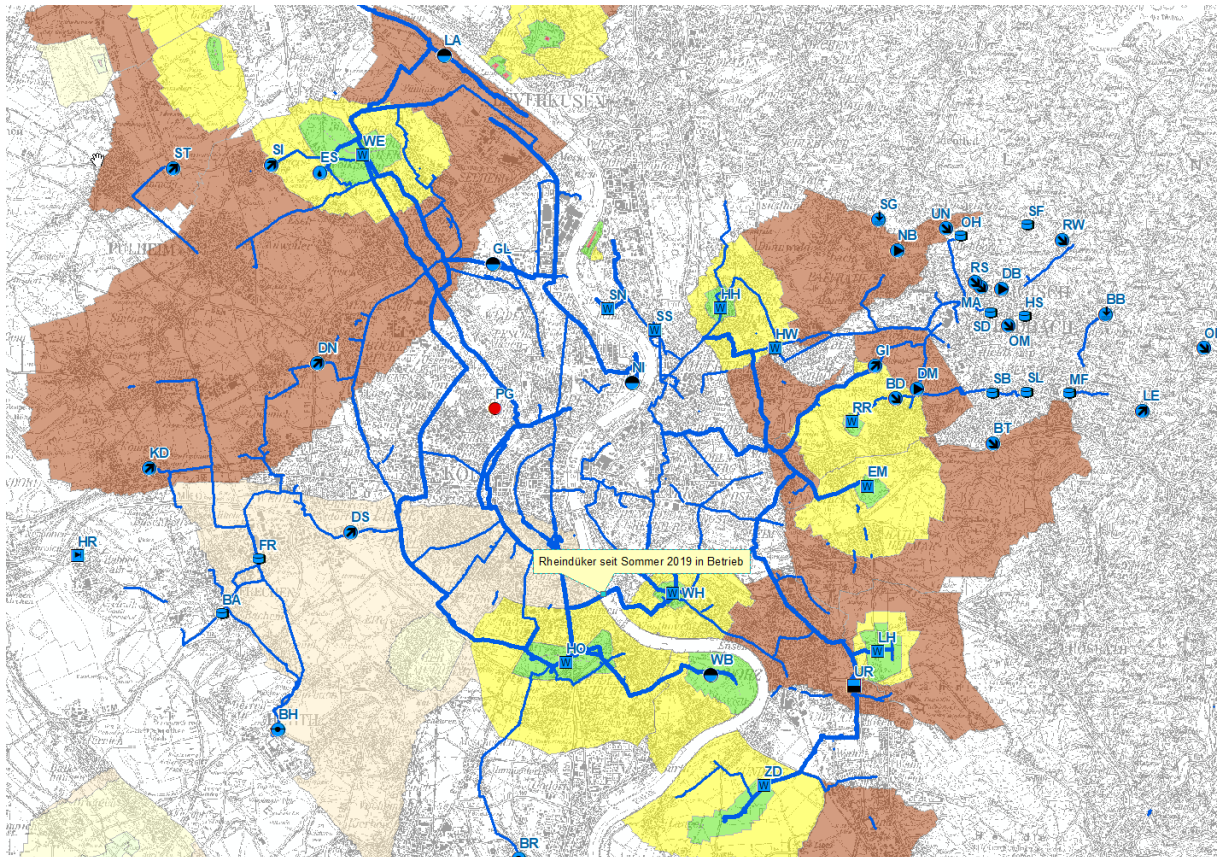


Abb. 1: Förder- und Aufbereitungsstandorte nebst den Transportleitungen für Trink- und Betriebswasser

Die Entnahme des Grundwassers wird durch Wasserrechte seitens der Bezirksregierung Köln legitimiert, aber auch reglementiert. Diese Wasserrechte werden über eine Laufzeit von 20 Jahren erteilt. In den letzten 7 Jahren hat die RE überprüft mit welchen Trinkwasserwerken nach Ablauf der 20 Jahre die Versorgung für die Zukunft gesichert werden kann/soll. Im rrh. Köln ist beabsichtigt die Betriebswasserwerke Stammheim Süd- und Nord in Gänze aufzugeben. Auch die Trinkwasserwerke Westhoven und Leidenhausen werden in Zukunft nicht mehr betrieben. Die Trinkwasserversorgung im rrh. Köln soll in Zukunft über die Trinkwasserwerke Höhenhaus, Refrath, Erker Mühle und Zündorf sichergestellt werden. Hierzu sind neue Wasserrechte zu beantragen. In Vorgesprächen mit der Bezirksregierung Köln wurde sich darauf verständigt, dass einzelne Wasserrechtsanträge für die entsprechenden Trinkwasserwerke zu stellen sind. Dieser Antrag betrifft somit lediglich das

Wasserwerk Zündorf. Die anderen Trinkwasserwerke werden einzeln beantragt. Da aber alle Trinkwasserwerke in ein Netz einspeisen, wird die Bedarfsermittlung für das gesamte rechtsrheinische Köln erstellt und findet sich in der Summe aller Anträge wieder.

1. Veranlassung und Zielsetzung

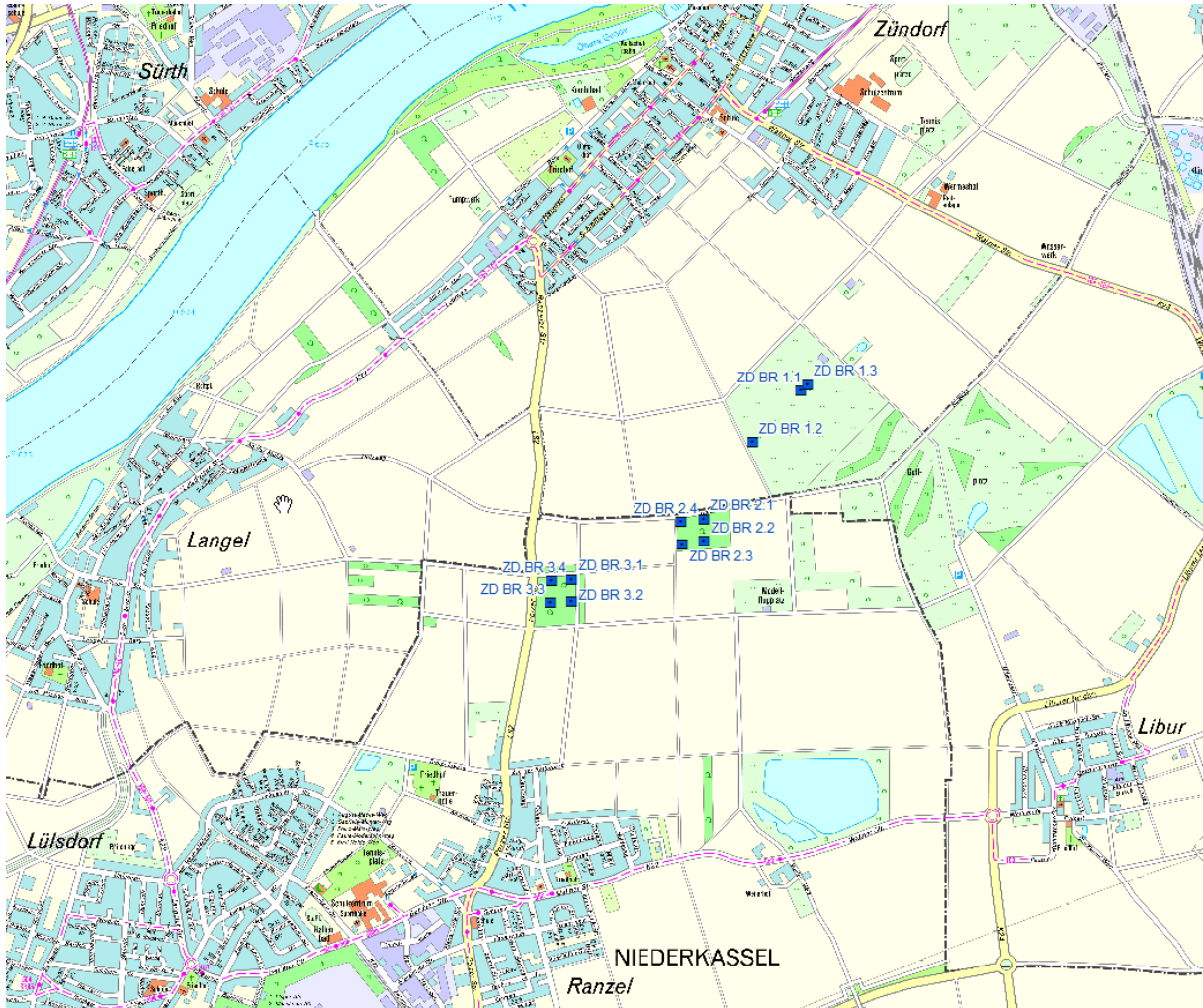


Abb. 1.1: Lageplan des Wasserwerks Zündorf (Blau: Brunnenstandorte)

Die RE betreibt seit dem Jahre 1978 im rrh. Kölner Süden das Wasserwerk Zündorf. Die Anlage besteht aus insgesamt 11 Brunnen. Diese befinden sich an der Grenze der Stadt Köln zum Rhein-Sieg-Kreis, im durch die Ortschaften Köln-Langel (rrh.), Köln-Zündorf, Köln-Libur, Niederkassel-Ranzel und Niederkassel-Lülisdorf begrenzten hauptsächlich landwirtschaftlich genutzten Gebiet (siehe Abb. 1.1). Bei dem im Jahr 2002 beschiedenen Wasserrecht handelt es sich um ein sogenanntes Glockenrecht (Anlage 1). Alle Betriebs- und Trinkwasserwerke, ausschließlich Höhenhaus (Rechtsinhaber Dynamit-Nobel AG) und Refrath (Rechtsinhaber BELKAW) im rrh. Köln, wurden seinerzeit in einem sogenannten Glockenwasserrecht geregelt. Gemäß diesem Wasserrecht darf die RE bis zu 25 Mio. m³/a Betriebswasser und bis zu 42 Mio. m³/a Trinkwasser fördern. Allein bis zu 17 Mio. m³/a fallen hierbei auf das Wasserwerk

Zündorf. Der Pro-Kopf-Wasserverbrauch konnte in den letzten Jahren in Köln und seinem Umland stark reduziert werden. In der Folge wird RE in Zukunft auf 2 Gewinnungsstandorte verzichten und sich auf die Werke Höhenhaus, Erker Mühle, Refrath und Zündorf fokussieren können. Das Wasserrecht Höhenhaus steht nicht zur Erneuerung an. Die neu zu beantragenden Mengen der Trinkwasserwerke Erker Mühle (5,5 Mio. m³/a) und Refrath (4,3 Mio. m³/a) werden nicht verändert. In Zündorf steigt die zu beantragende Fördermenge von derzeit 17 Mio. m³/a auf zu beantragende 25 Mio. m³/a an. Unter Beibehaltung der bisher bewilligten Entnahmemenge für Höhenhaus, Refrath und Erker Mühle und einem Anstieg von 8 Mio. m³/a in Zündorf, reduziert sich die Summe der insgesamt beantragten Trinkwassermengen um über 11 Mio. m³/a. Dies entspricht einer Reduktion der bisherigen Wasserrechte um ca. 20 %.

Innerhalb des RheinEnergie-Trinkwassernetzes stellt das Wasserwerk Zündorf im rrh. Köln das größte Werk dar. Bis zu 80 % des rrh. Kölner Trinkwassers werden hier gefördert. Hierdurch erst wird ermöglicht, das Wasserwerk Leidenhausen, welches Grundwasser aus dem FFH-Gebiet Wahner Heide fördert, außer Betrieb zu nehmen und rückzubauen.

Mittels der 11 Vertikalfilterbrunnen in Anlage 2 (Lageplan) wird Grundwasser gefördert. Ein Teil hiervon (das Wasser, was durch die Brunnen ZD BR I.1 und ZD BR I.3 gefördert wird), ist bisher wegen einer LHKW (Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe / Lösungsmittel) - und Bromacilfahne (Bromacil = Totalherbizid) aus dem Bereich Troisdorf über Aktivkohle aufbereitet worden. Die LHKW- als auch Bromacilkonzentrationen sind in der Zwischenzeit, aufgrund von Sanierungsmaßnahmen auf dem Eintragungsgelände, derart stark zurückgegangen, dass eine weitere Nutzung von Aktivkohle nicht notwendig ist. Alle Brunnen (Tab. 1.1) befinden sich gemäß den Anlagen 3.1-3.3 und 4 auf RE-Grundstücken.

Tab. 1.1: Grundstücksübersicht

Bezeichnung der Brunnen	Gemarkung	Flur	Flurstück
ZD BR I.1, ZD BR I.2, ZD BR I.3	Oberzündorf	1	149
ZD BR II.1 bis ZD BR II.4	Lülsdorf	9	55
ZD BR III.1 bis ZD BR III.4	Lülsdorf	8	163

Die Brunnen sind wasserrechtlich über das v. b. Glockenrecht gesichert. Entsprechend dieser Bewilligung (AZ 54.1-1.1-(11.0) -45-ga vom 04.12.2002) ist die RheinEnergie AG berechtigt, mittels dieser aus insgesamt 15 Brunnen bestehenden Förderanlage bis zu 17 Mio. m³/a bis

zum 31.12.2022 zu fördern. Die benötigte Jahresmenge kann aber auch mit den vorhandenen 11 Brunnen entnommen werden. Neue Brunnen werden daher nicht errichtet.

Dies vorausgeschickt beabsichtigt die RheinEnergie AG daher zur Trinkwasserversorgung des rrrh. Kölns, nebst Bergisch-Gladbach und in Notfällen auch des lrrh. Versorgungssystems sowie der Novasep in Leverkusen-Schlebusch, die Beantragung einer Bewilligung zur Entnahme von bis zu 25 Mio. m³/a Grundwasser und Uferfiltrat im Wasserwerk Zündorf, mit den hier bereits vorhandenen insgesamt 11 Vertikalfilterbrunnen.

2. Beschreibung der Fassungsanlage

Die Fassungsanlage des Wasserwerks Zündorf liegt im rechtsrheinischen Köln, südlich der Ortslage Zündorf, in etwa 2 km Entfernung vom Rhein. Sie erstreckt sich, von Südwesten nach Nordosten, über eine Länge von etwa 1.600 m Metern. Die Lagekoordinaten sind der Anlage 8 zu entnehmen.



Abb. 2.1: Ausgewiesene Wasserschutz-zonen I, II und IIIA der WSG-VO Zündorf

Ursprünglich sollte die Gewinnungsanlage aus 16 Brunnen bestehen, welche in vier Fassungen gruppiert sind. Dabei war die Fassung I als Galerie aus vier Brunnen und die Fassungen II bis IV als Brunnengruppen mit jeweils vier Brunnen in quadratischer Anordnung geplant. In der ausgewiesenen Schutzzone I wird die damalige Planung noch sichtbar (Abb. 2.1).

Tatsächlich besteht die Gewinnungsanlage nur aus 11 Vertikalfilterbrunnen. Die Brunnen sind in drei Fassungen gegliedert. So befinden sich in den identisch gebauten Fassungen II und III jeweils 4 Brunnen, welche in quadratischer Anordnung bei einem Abstand von etwa 100 Metern zueinander liegen. Fassung I besteht aus 3 Brunnen. Dabei liegen die Brunnen I.1 und I.3 dicht nebeneinander. Der Brunnen I.2 liegt zwischen Brunnen I.1 und der Fassung II. Die Fassung IV wurde nie errichtet.

Der Bau der ersten 10 Brunnen erfolgte im Zeitraum von 1977 bis 1982. Die Fassung I sollte ursprünglich aus vier Brunnen bestehen, allerdings wurden 1977 nur die Brunnen I.1 und I.2 gebaut. Die vier Brunnen der Fassung III wurden 1979 gebohrt und im Jahr 1981/82 wurden die vier Brunnen der Fassung II errichtet.

Als letzter folgte im Jahr 1998 der Brunnen I.3, um das mit LHKW und Bromacil belastete Grundwasser, gemeinsam mit dem Brunnen I.1, fördern und über Aktivkohle reinigen zu können.

2.1.1 Brunnenausbau

Die Brunnen aus der Bauzeit von 1977 bis 1982 besitzen einen ähnlichen Ausbau. Sie sind bis zur Quartärbasis als vollkommene Brunnen ausgebaut und abhängig vom Relief der Quartärbasisfläche etwa 30 bis 36 m tief. Im Trockenbohrverfahren errichtet, beträgt der Endbohrdurchmesser 1.600 mm. Das Brunnenrohr besteht aus Edelstahl (V4A) mit Schlitzbrückenfilterrohren im Durchmesser von 800 mm. Der Ringraum wurde mit einer doppelten und vertikal differenzierten Filterkiesschüttung, welche auf die Körnung des Aquifers angepasst ist, verfüllt.

Der 1998 errichtete Brunnen I.3 wurde abweichend zu den älteren Brunnen mit Schlitzbrückenfilterrohren aus kunststoffbeschichteten (RILSAN) Stahl ausgebaut. Mit einer Bohrtiefe von 33 m, einem Rohrdurchmesser von DN 800 und einem Bohrdurchmesser von 1.600 mm entspricht der Brunnen von seiner Ausbaugeometrie den älteren Brunnen. Die detaillierten Ausbauezeichnungen der einzelnen Brunnen können aus Anlage 5 entnommen werden. Als Abschlussbauwerke sind alle Brunnen mit unterirdischen Brunnenstuben ausgestattet. Diese bestehen aus Stahlschächten mit einer Höhe von ca. 3,3 m und einer lichten Weite von ca. 2,5 m. Der Einstieg in die Schächte erfolgt über Aluminiumdeckel mit Warnmelder. Die Schnittzeichnungen zu den Brunnenschächten, mit den eingebauten Brunnenköpfen sowie den weiteren Armaturen, liegen in Anlage 6 vor.

2.1.2 Leistungscharakteristik, Wasserandrang und Ergiebigkeit

Nach Errichtung der Brunnen, wurden Pumpversuche zur Bestimmung der Leistungscharakteristik und der Durchlässigkeit des Aquifers durchgeführt. Anhand stationärer und instationärer Auswertungen sowie Strömungsnetzanalysen ergaben sich für die Fassungen sehr hohe Durchlässigkeiten des Grundwasserleiters. Für die Fassung I können k_f Werte von 1.6 bis $1.8 \cdot 10^{-2}$ m/s angenommen werden. An Fassung II liegen die Werte zwischen 1.5 bis $1.7 \cdot 10^{-2}$ m/s und an Fassung III bei etwa $1.5 \cdot 10^{-2}$ m/s. Aufgrund dessen liegt bei geringen Absenkungsbeträgen ein hoher Wasserandrang an allen Brunnen vor, welcher zu sehr hohen Ergiebigkeiten führt (Tab. 2.1).

Tab. 2.1: Übersicht der Ergiebigkeit der 11 Brunnen

Brunnen	Q m ³ /h (Neubau)	ds (m) (Neubau)	spez. Ergiebigkeit Q m ³ /h*m (Neubau)	Q m ³ /h (2017)	ds (m) (2017)	spez. Ergiebigkeit Q m ³ /h*m (2017)
I.1	320	0,6	533	440	1,04	423
I.2	346	0,43	805	190	0,18	1056
I.3	630	0,49	1286	455	0,3	1517
II.1	630	0,75	840	760	0,98	776
II.2	626	1,29	485	735	1,4	525
II.3	640	0,43	1488	440	0,23	1913
II.4	317	0,37	857	255	0,15	1700
III.1	360	0,43	837	250	0,25	1000
III.2	358	0,32	1119	370	0,25	1480
III.3	360	0,4	900	790	0,67	1179
III.4	354	0,58	610	744	0,93	800

Für jede einzelne Brunnenfassung wurde aus den ermittelten Durchlässigkeiten, der Wasserandrang [BIESKE 1998] für niedrige und hohe grundwassererfüllte Mächtigkeiten bestimmt und in den Abbildungen 2.2 bis 2.4 als rote (kleine Mächtigkeiten) bzw. blaue (große Mächtigkeiten) Kurven dargestellt. Die ermittelten Wasserstände unterscheiden sich nur um wenige Dezimeter. Darin wird deutlich, dass auch bei geringen wassererfüllten Mächtigkeiten von 15 bis 17 Meter (s. Kapitel 3.2.1 und 3.4.1) hohe Entnahmemengen gewinnbar sind. In den Diagrammen sind die gemessenen Absenkungsbeträgen aus der Leistungscharakteristik für die aktuelle Pumpenbesetzung enthalten. Die gute Übereinstimmung mit den Wasserandrangskurven lässt auf geringe Brunneneintrittsverluste schließen. Lediglich am Brunnen ZD 1.1 entwickelte sich eine fortschreitende Brunnenalterung mit einer deutlichen Zunahme der Eintrittsverluste. Als Alterungsgrund wurde eine zunehmende äußere Kolmation des Ringraums zum Aquifer hin angenommen, welcher aus dem Dauerbetrieb des Brunnens abzuleiten ist. Diesem Prozess konnte durch eine Brunnenregenerierung mittels Sprengschocken und impulsgestützter Hochleistungsentsandung im Jahr 2016

entgegengewirkt werden, so dass die Leistung am Brunnen derzeit wieder 90% des Neubauzustands beträgt.

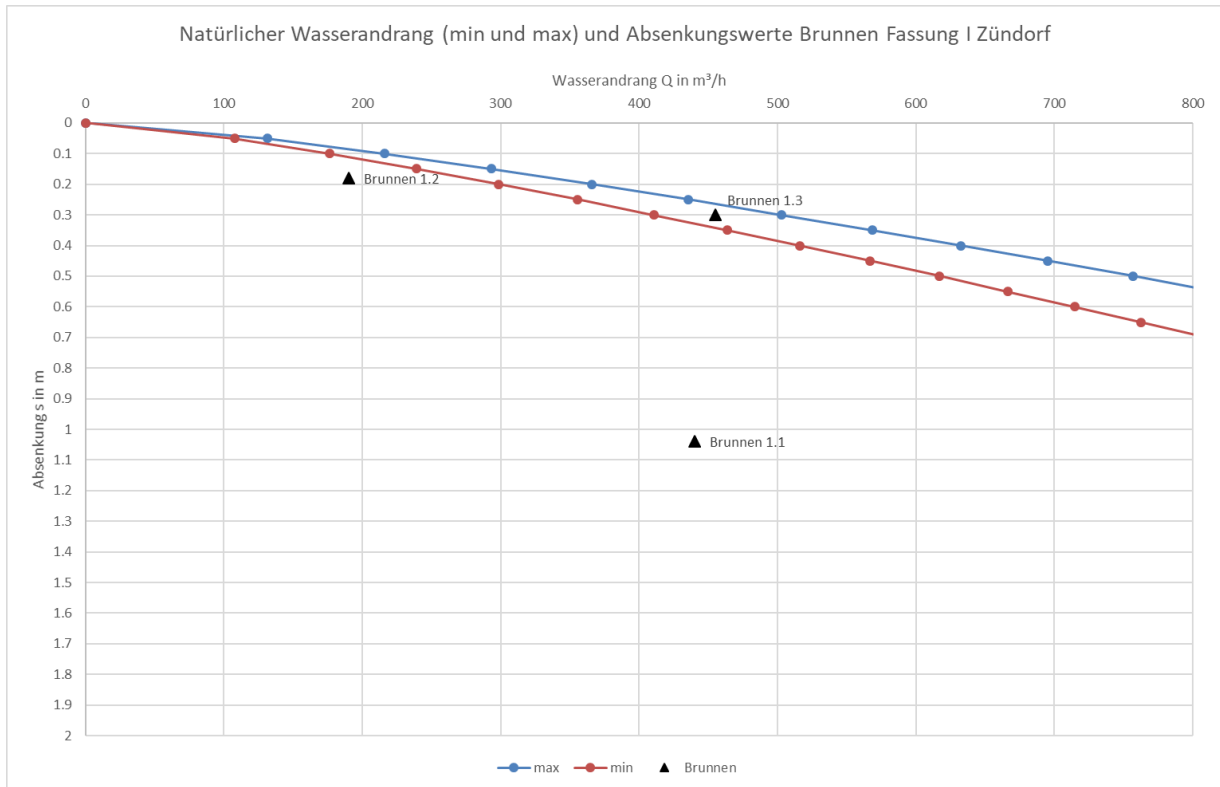


Abb. 2.2: Wasserandrang Fassung I

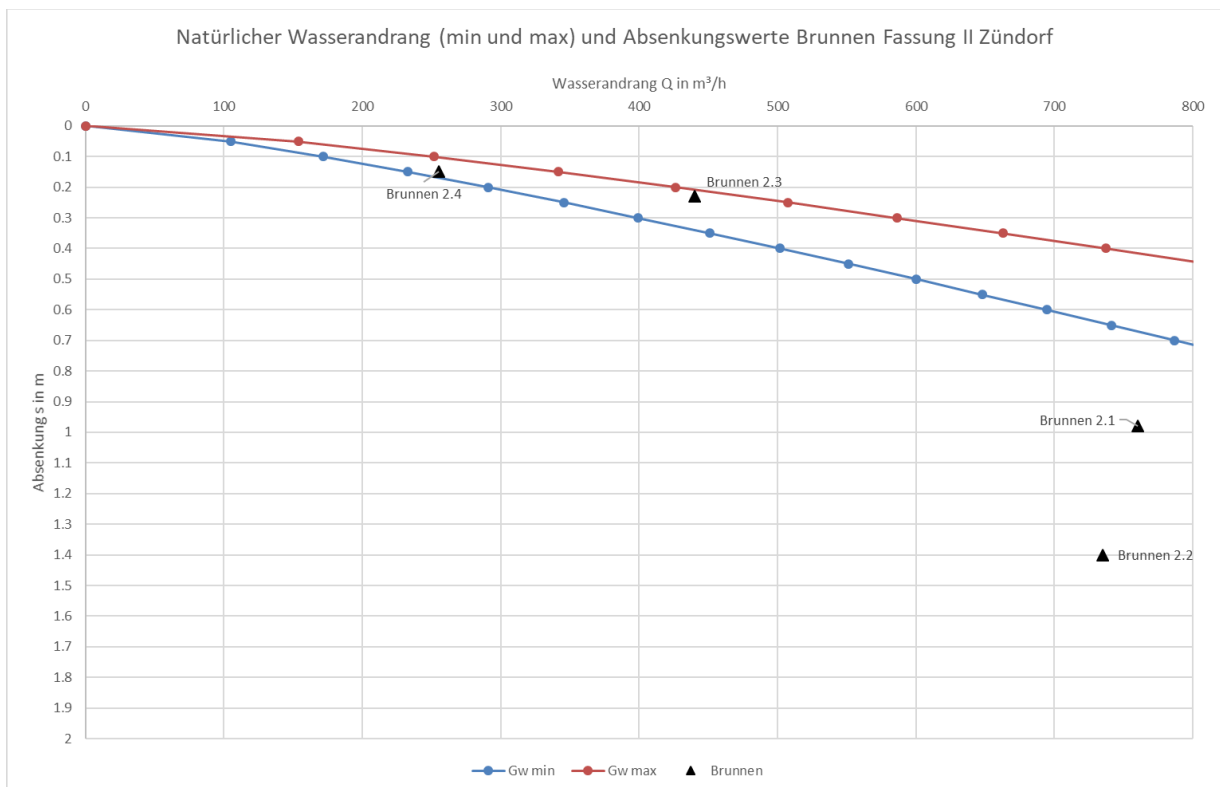


Abb. 2.3: Wasserandrang Fassung II

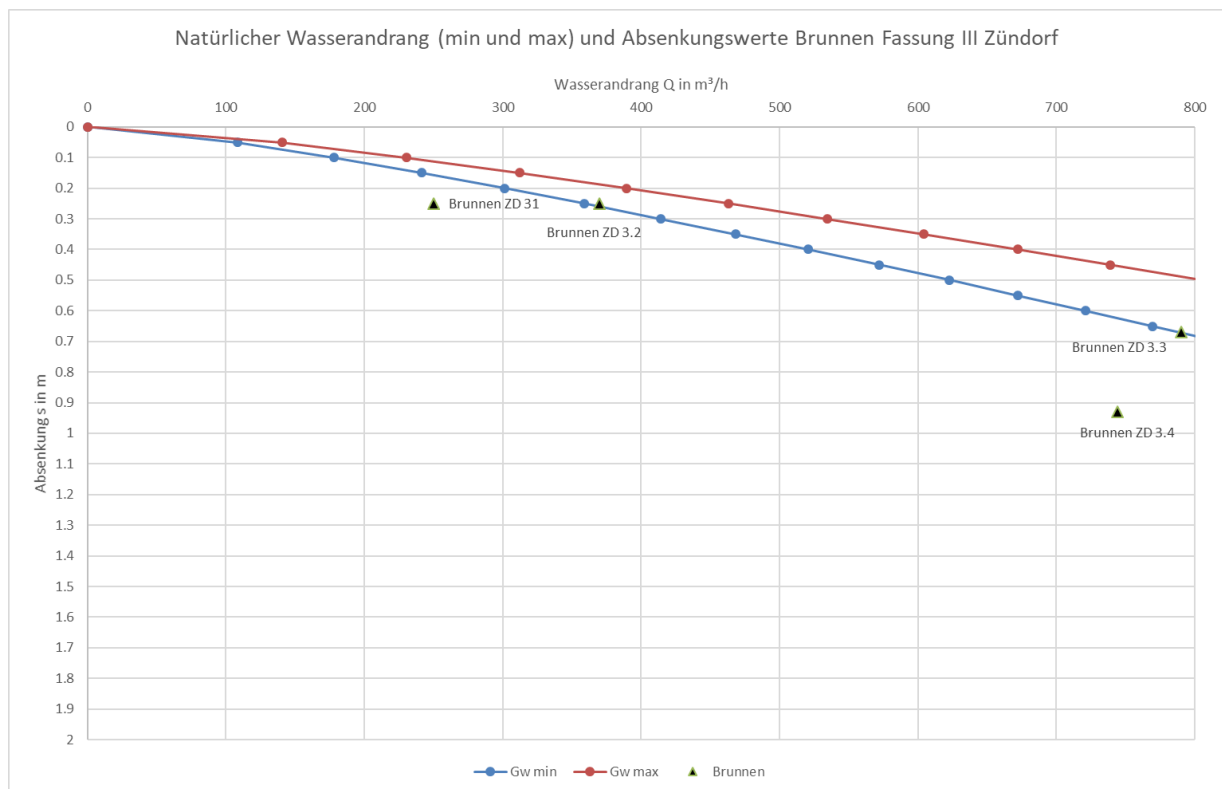


Abb. 2.4: Wasserandrang Fassung III

Tab. 2.2: Übersicht der Pumpenbestückung der 11 Brunnen

Brunnen	Fertigstellungsdatum	Pumpenleistung nominell Q m³/h alt	Pumpenleistung m³/h (2017)	Pumpenleistung nominell Q m³/h neu
I.1	11.02.1977	450	440	450
I.2	21.03.1977	180	190	450
I.3	05.10.1998	600	455	500
II.1	20.03.1982	750	760	800
II.2	22.01.1982	750	735	800
II.3	01.12.1981	400	440	500
II.4	17.02.1982	250	255	500
III.1	23.10.1979	250	250	800
III.2	08.11.1979	400	370	800
III.3	08.10.1979	750	790	500
III.4	09.10.1979	750	744	500
	Summe m³/a:	<u>5.530</u>	<u>5.429</u>	<u>6.600</u>

Auf der Basis von aktuellen Leistungstests aus dem Jahr 2017 besitzen alle anderen Brunnen die gleiche oder sogar höhere Brunnenleistung als beim Neubauzustand. Die Brunnenleistungstest bei Neubau, sowie die Pumpversuche bei eingebauter Betriebspumpe, sind in Anlage 7 zu entnehmen. Aus diesen Diagrammen können auch die zu erwartenden Absenkungen bei höherer Pumpenleistung ermittelt, oder extrapoliert werden.

Eine optimale Leistungscharakteristik, verbunden mit dem hohen natürlichen Wasserandrang, ermöglicht eine intensive Bewirtschaftung der Brunnen mit großen Unterwassermotorpumpen. Die derzeit installierten Pumpleistungen in den Brunnen reichen von 180 bis 750 m³/h und sind in den Pumpenfragebögen der Anlage 8 dokumentiert. Die tatsächliche Förderleistung (Stand 2017) liegt sogar zwischen 190 und 790 m³/h.

Die Brunnen sind ursprünglich mit einer nominellen Pumpengesamtleistung von 5.530 m³/h ausgelegt worden. Mit der aktuellen Pumpenausstattung können 5.429 m³/h gewonnen werden. Um die wasserrechtlich beantragte Stunden- und Tageshöchstmengen von 6.400 m³/h und 153.600 m³/d gewinnen zu können, sind einige Brunnen zukünftig mit größeren Pumpen auszustatten (Tab. 2.2). Brunnenhydraulisch sind diese Fördermengen gewinnbar.

Wenn das Wasserwerk Zündorf das rechtsrheinische Trinkwassernetz allein füllen muss, tritt die Maximallast ein. Die hydraulischen Verluste im Rohrleitungssystem steigen dann an und erfordern eine größere Förderhöhe von ca. 78-80 mWs. Auf diesen Zielwert sind die zukünftigen Pumpenleistungen ausgelegt. Die nominelle Förderleistung von 6.600 m³/h, soll deshalb im realen Betrieb eine Förderleistung von 6.400 m³/h sicherstellen.

Damit sind die beantragten Fördermengen, hinsichtlich der Pumpenleistung und der Ergiebigkeit der Brunnen, mit der bestehenden Brunnenanlage und zukünftigen Pumpenausrüstung gewinnbar.

Literatur

Bieske; Rubbert; Treskatis (1998): Bohrbrunnen - Oldenbourg Wissenschaftsverlag

2.2 Bedarfsnachweis

Zur Bedarfsermittlung sei zunächst auf die Abb. 2.4 verwiesen. Hier sind alle Wasserwerke (W) dargestellt. Im Lrh. sind dies die Werke Weiler (WE) im Norden, Severin (SV) in der Südstadt sowie Hochkirchen (HO) im Süden. Auf der rechten Rheinseite befinden sich im Norden die beiden Betriebswasserwerke Stammheim Nord (SN) und Stammheim Süd (SS).

Als weiteres Betriebswasserwerk ist Holweide (HW) zu benennen. Dieses Werk gehört der BELKAW. Nördlich hiervon befindet sich das Werk Höhenhaus. Dieses gehört der Dynamit Nobel, wird aber von der RE betriebsgeführt und dient auch zur Trinkwasserversorgung des rrh. Kölns. Südlich von Holweide finden sich entlang des Mauspfades die Trinkwasserwerke Refrath (RR), Erker Mühle (EM) und Leidenhausen (LH). Ganz im Süden liegt das Wasserwerk Zündorf (ZD) und in Höhe der Rodenkirchener Brücke das Werk Westhoven (WH).

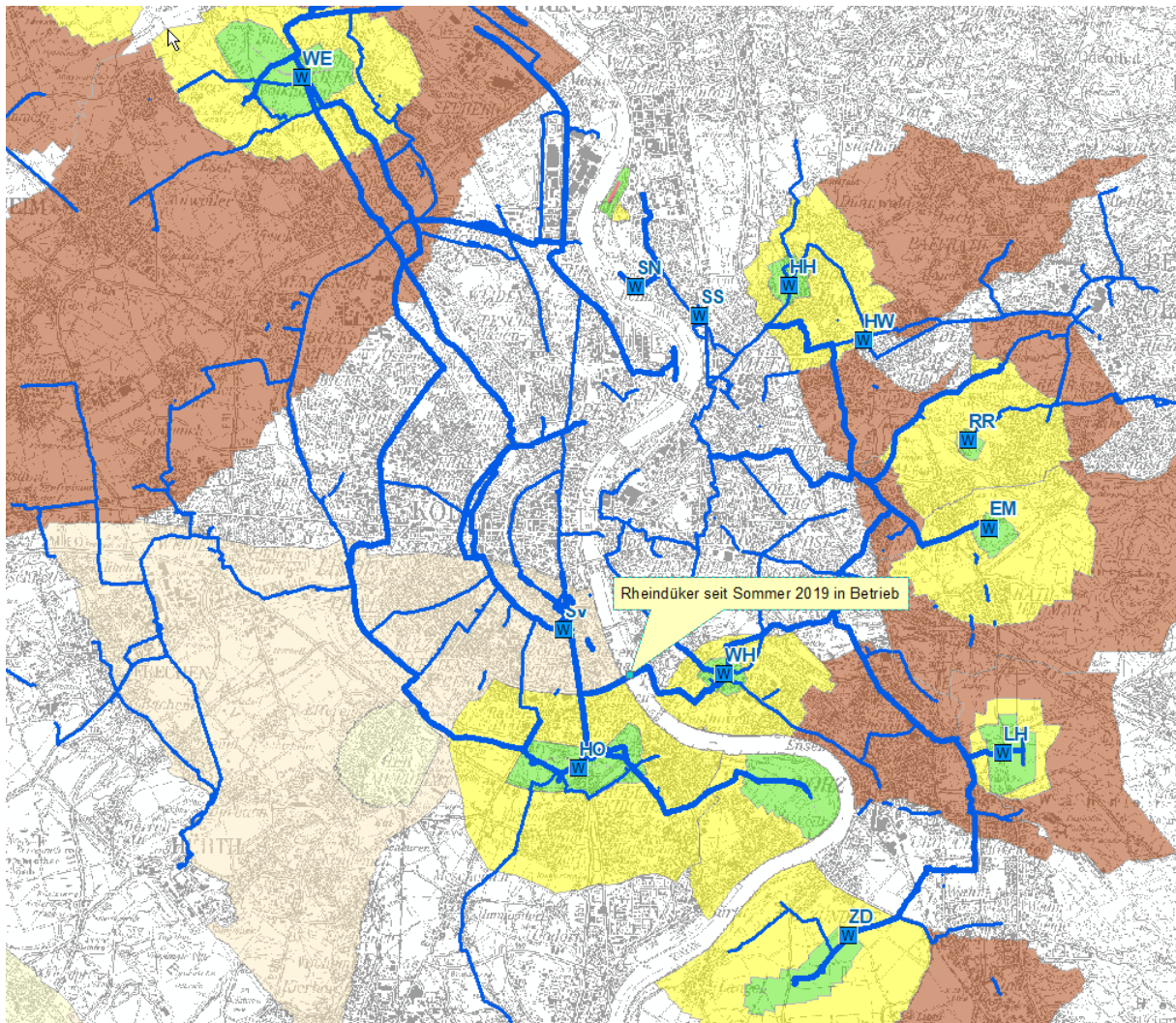


Abb. 2.4: Wasserwerke (W) und Rohrnetze > 300 mm Durchmesser im rrh. Köln.

In Zukunft sollen im rrh. Köln nur noch die Werke Höhenhaus, Refrath, Erker Mühle sowie Zündorf betrieben werden. Die Betriebswasserwerke Stammheim Süd und Nord sowie die Trinkwasserwerke Westhoven und Leidenhausen im rrh. werden genauso außer Betrieb genommen, wie das lrh. Severin. Somit müssen die Trinkwasserwerke Höhenhaus, Refrath, Erker Mühle und Zündorf in Zukunft die Gesamtwassermenge für das rrh. Köln und Bergisch-Gladbach fördern und aufbereiten. Das lrh. Severin konnte außer Betrieb genommen werden, weil eine gegenseitige Absicherung durch die Errichtung eines Rheindükers nördlich der Rodenkirchener Brücke sichergestellt ist. Dieser Düker ist stets durchströmt. Da der Netzdruck

im rrh. Köln leicht höher als im Irh. Köln ansteht, erfolgt die Durchströmung meist aus dem rrh. ins Irh. Köln. Somit sind diese Mengen zusätzlich im rrh. Köln zu fördern.

Die Menge des zu fördernden Trinkwassers hängt im Wesentlichen von dem Pro-Kopf-Verbrauch der Bevölkerungszahl sowie den Rohrnetzverlusten ab. Die Entwicklung der Rohrnetzverluste konnte gemäß Abb. 2.5 in den letzten Jahren gesenkt werden. Die Rohrnetzverluste beinhalten auch die Entnahmen für z. B. Grünflächenbewässerungen, da sich diese nicht einzeln erfassen lassen. Daher ist der scheinbare Anstieg in den Jahren 2018/2019 auch nicht sonderlich verwunderlich. Aufgrund der hohen Temperaturen und der geringen Niederschlagsmengen wurden in diesen beiden Jahren sehr viele Bereiche stärker bewässert als in den Vorjahren. Die Rohrnetzverluste bewegen sich um 7,5 % der gesamten Rohrnetzeinspeisemengen der RE. Nach Rheinseite getrennte Datenermittlungen liegen nicht vor. Die kontinuierliche Erneuerung des Rohrnetzes spiegelt sich in den sinkenden Verlusten.

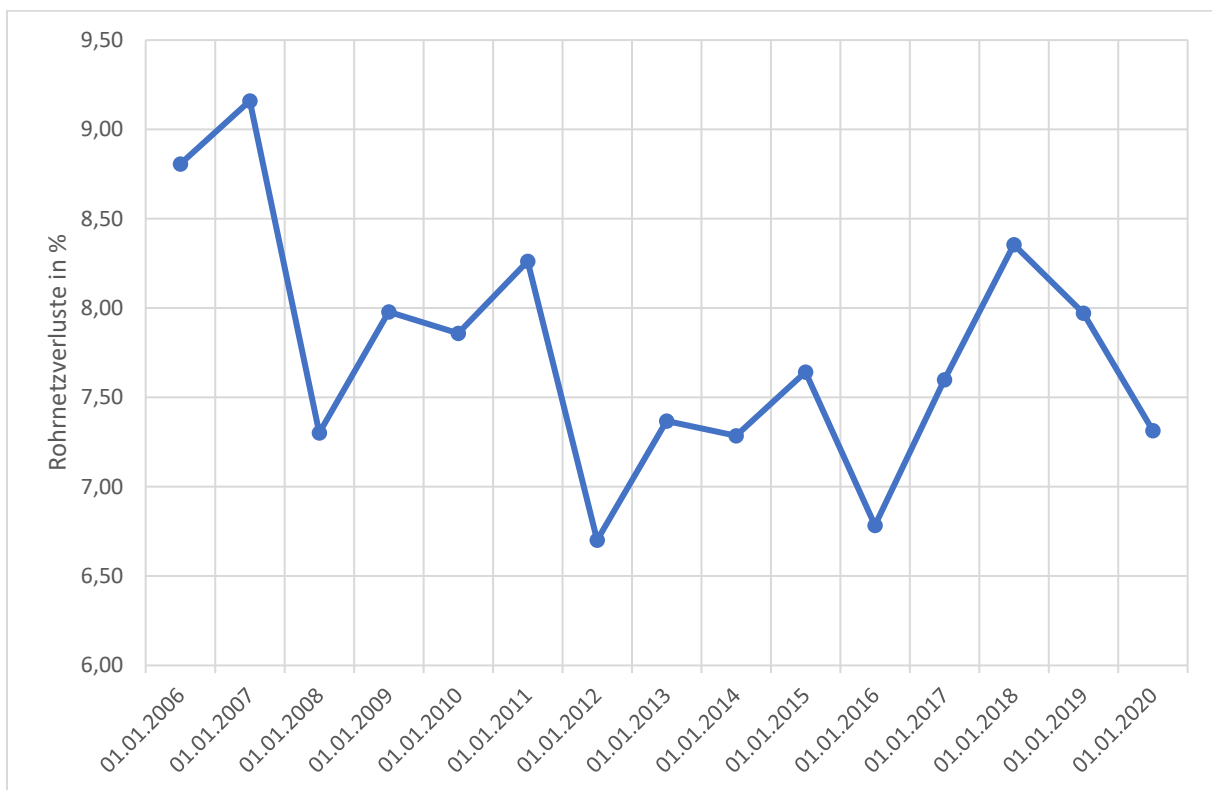


Abb. 2.5: Entwicklung der gesamten RE-Rohrnetzverluste seit 2006

Hierbei ist allerdings zu beachten, dass die Reduzierung der Rohrnetzverluste nicht isoliert, betrachtet werden kann. Es gilt ein Optimum aus Wasserverlusten, Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und letztlich auch Verkehrsbeeinträchtigung zu gewährleisten.

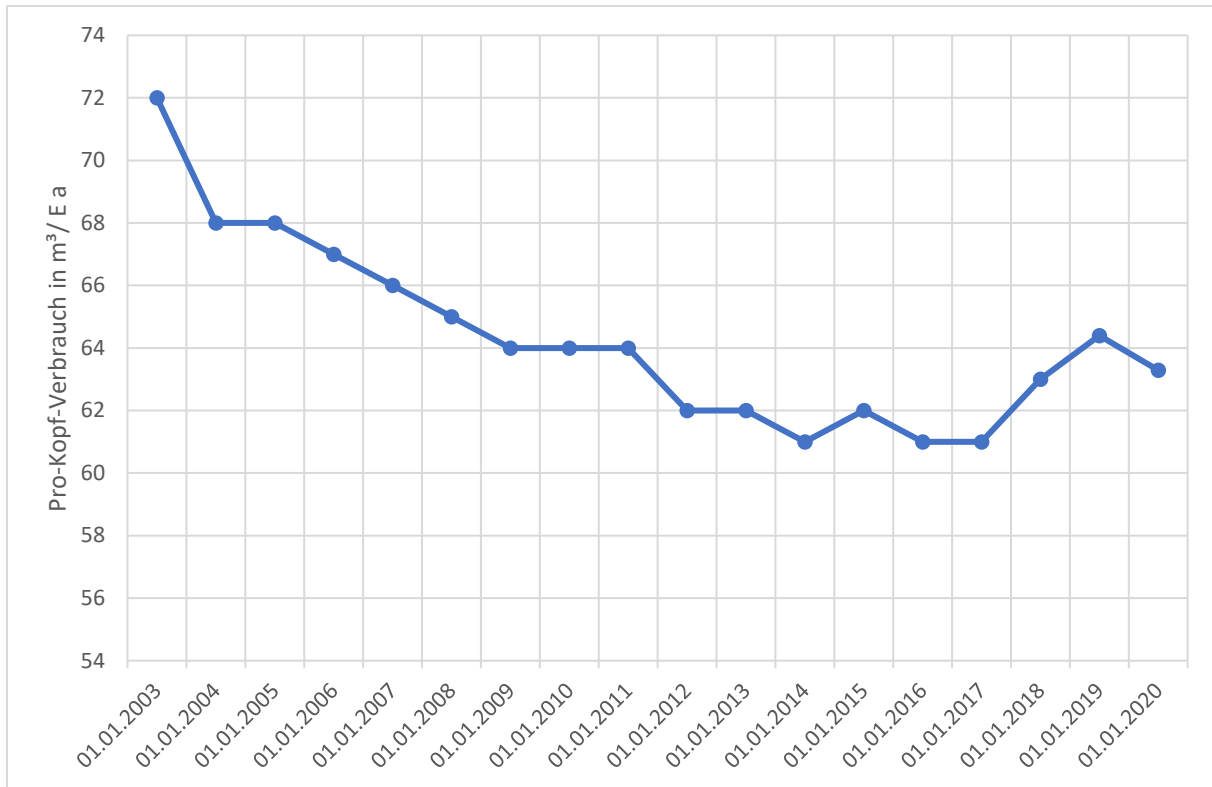
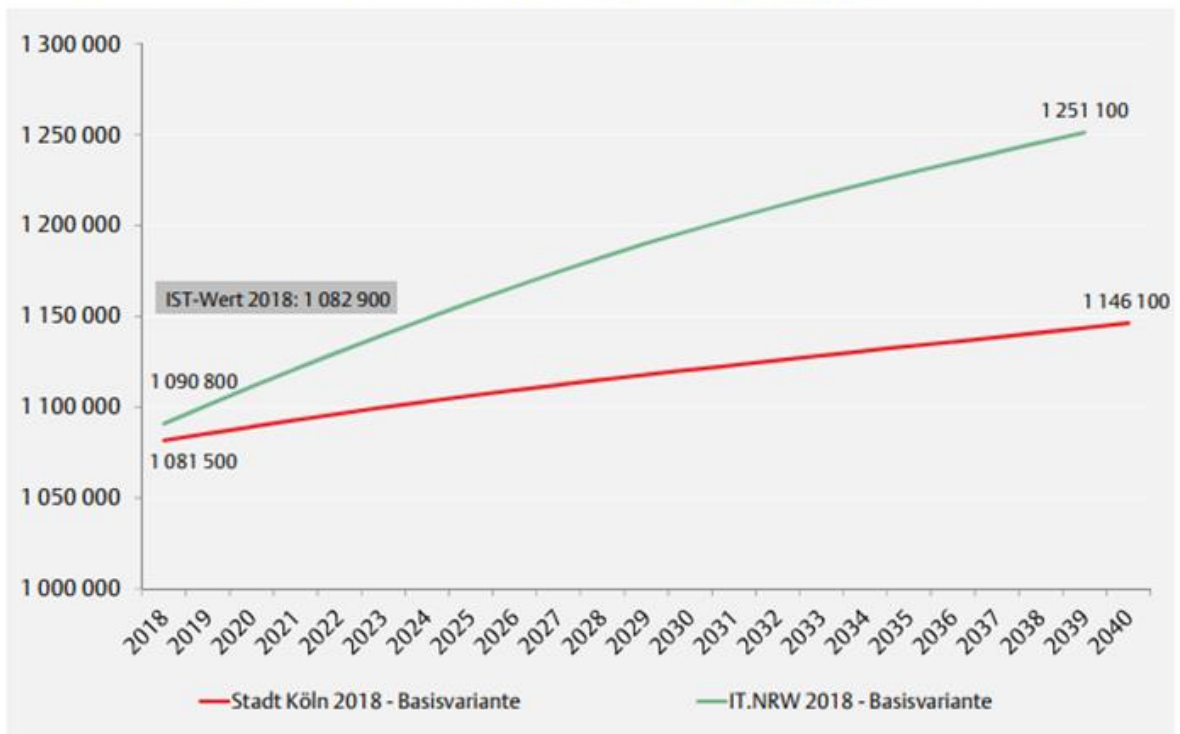


Abb. 2.6: Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauches im rrh. Köln seit 2003

Grafik A3 Vergleich unterschiedlicher Prognosen für Köln (Bevölkerung mit Hauptwohnsitz)



Quelle: Stadt Köln – Amt für Stadtentwicklung und Statistik

Abb. 2.7: Prognostizierte Bevölkerungsentwicklung in Köln bis 2040

Auch die Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauches ist im rechtsrheinischen Köln tendenziell rückläufig (Abb. 2.6). Lag der Pro-Kopf-Verbrauch im Jahr 2003 noch bei 72 m³/E a, so sank er binnen 11 Jahren auf 61 m³/E a. In den Trockenjahren 2018 – 2020 stieg er dann wieder leicht an, pendelte sich bei ca. 64 m³/E a ein und liegt somit nahe dem Mittelwert der letzten 18 Jahre (64,3 m³/E a). Dieser Wert wird für die weiteren Prognosen herangezogen.

Neben dem Pro-Kopf-Verbrauch hängt der Trinkwasserverbrauch auch von der Entwicklung der Bevölkerungszahl ab. Hierzu existieren 2 Bevölkerungsentwicklungsprognosen. Eine ist von der Stadt Köln. Zudem gibt es auch eine Prognose des Landes NRW. Beide sagen einen Anstieg der Kölner Bevölkerung in den nächsten 20 Jahren (Zeitraum des beantragten Wasserrechtes) voraus. Demnach erwartet das Land NRW für 2040 in ganz Köln eine Bevölkerung von 1.251.100. Dies sind 160.300 Einwohner bzw. 15,8 % mehr als zum 01.01.2018. Der rechtsrheinische Anteil beträgt ca. 37 % der Gesamtbevölkerung. Die Stadt prognostiziert ein Bevölkerungswachstum bis 2040 in Höhe von 6 %. Die beiden prognostizierten Bevölkerungsentwicklungen können der Abb. 2.7 entnommen werden.

Tab. 2.3: Trinkwasserfördermenge rrh. (Werke: Höhenhaus (HH), Refrath (RR), Erker Mühle (EM), Leidenhausen (LH), Westhoven (WH) und Zündorf (ZD))

Jahr/Wasserwerk	Dez. 01	Dez. 02	Dez. 03	Dez. 04	Dez. 05	Dez. 06	Dez. 07
Fördermenge in m ³ /a	37.468.003	37.392.763	38.356.840	36.572.458	36.948.056	36.801.481	35.808.265
Jahr/Wasserwerk	Dez. 08	Dez. 09	Dez. 10	Dez. 11	Dez. 12	Dez. 13	Dez. 14
Fördermenge in m ³ /a	34.963.394	34.287.392	33.994.300	33.898.278	34.164.953	33.979.927	33.811.514
Jahr/Wasserwerk	Dez. 15	Dez. 16	Dez. 17	Dez. 18	Dez. 19	Dez. 20	
Fördermenge in m ³ /a	35.176.198	35.027.110	35.039.869	36.235.028	37.061.467	37.694.004	

Die Trinkwasserversorgung ist stets auch unabhängig von der tatsächlich sich einstellenden Bevölkerungszahl sicherzustellen. Somit werden im weiteren Verlauf nur noch die Prognosen des Landes NRW berücksichtigt. Diese ist als Anlage 9 dem Antrag beigefügt. Wie unter den Vormerkungen bereits dargestellt, ist das rrh. Köln inklusive Bergisch-Gladbach trinkwassermäßig als Einheit zu betrachten. Die Entwicklung der Gesamtentnahmemengen zur Versorgung dieses Gebiets können der Tab. 2.3 bzw. der Abb. 2.8 entnommen werden.

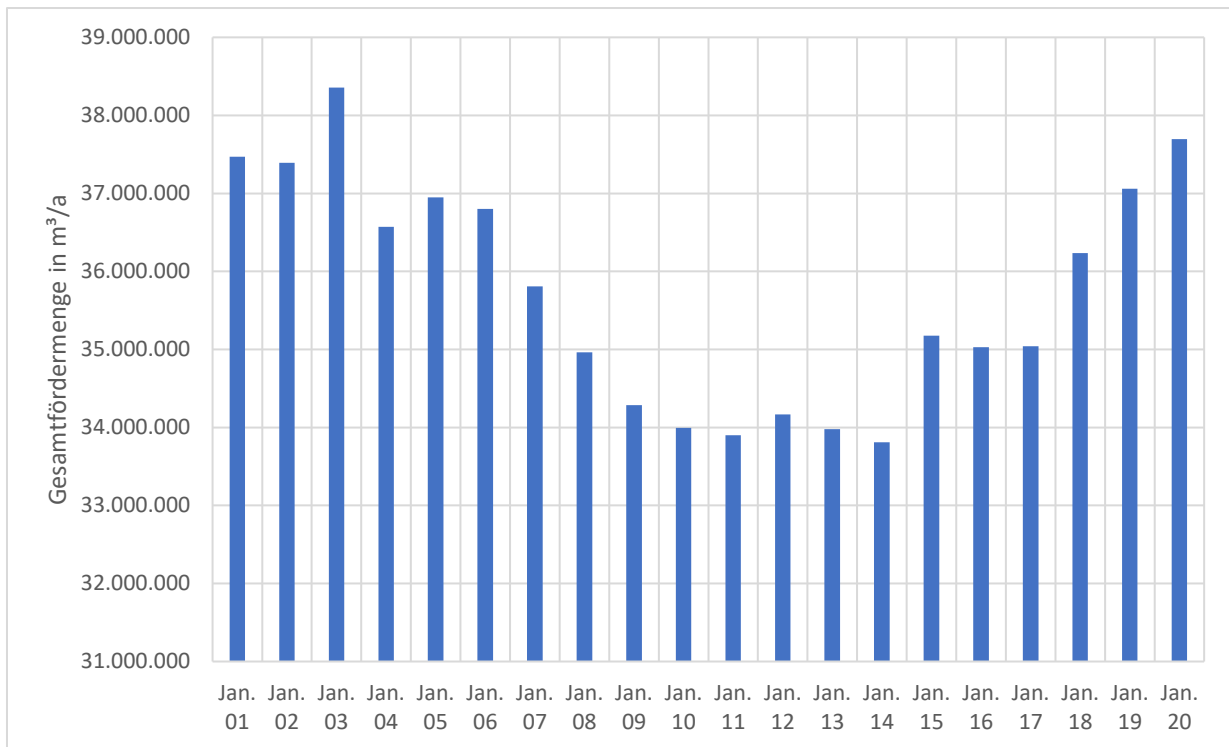


Abb. 2.8: Trinkwasserfördermenge rrh. Köln inklusive Bergisch-Gladbach.

Gemäß den vorbeschriebenen Angaben ergibt sich die Trinkwasserbedarfsermittlung wie folgt:

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1. Mittlerer Pro-Kopf-Verbrauch der letzten 18 Jahre: | 64,3 m³/E a |
| 2. Einwohner im rrh. Köln und Bergisch-Gladbach zum 01.01.2018: | 509.778 E |
| 3. Bevölkerungsentwicklung (+15,8%) führt im Jahr 2040 zu: | 590.323 E |
| 4. Zeile 1 multipliziert mit Zeile 3 ergibt: | 37.957.764 m³/a |
| 5. Zusätzliche Menge über Düker (200 m³/h x 24 h x 365 d): | 1.752.000 m³/a |
| 6. Zeile 5 addiert zu Zeile 4 ergibt: | 39.709.764 m³/a |
| 7. Vorhandener Wasserrechte (RR, EM, HH) bei 85% Auslastung: | 17.711.960 m³/a |
| 8. Zeile 6 abzüglich Zeile 7 ergibt: | <u>21.997.804 m³/a</u> |

Berücksichtigt man also den mittleren Pro-Kopf-Verbrauch der letzten 18 Jahre (64,3 m³/E a) und die Bevölkerungsentwicklungsprognose des Landesstatistikamtes (+15,8%), so benötigt man im Jahr 2040 fast 38 Mio. m³/a für deren Trinkwasserversorgung. Setzt man eine Auslastung der anderen Wasserwerke, die zur Versorgung dieses Gebietes benötigt werden (HH, RR und EM), in Höhe von 85 % voraus und berücksichtigt die Zusatzmengen zur Durchströmung des Rheindükers, benötigt man im Jahr 2040 fast 22 Mio. m³/a aus dem Wasserwerk Zündorf. Bei einer zu beantragten Menge in Höhe von maximal 25 Mio. m³/a liegt der Auslastungsgrad für Zündorf mit 86,4 % sogar über den 85 % der anderen Werke. Dies setzt Fördermengen in Höhenhaus, Refrath und Erker Mühle in Höhe der aktuellen

Wasserrechte voraus. Da die beiden Wasserrechte Erker Mühle und Refrath zeitgleich mit dem Wasserrecht von Zündorf auslaufen, werden auch diese neu beantragt. Die zu beantragenden Mengen werden nicht geändert, sondern bleiben bei den bisher bewilligten und auch tatsächlich entnommenen Fördermengen (Refrath 4,3 Mio. m³/a und Erker Mühle 5,5 Mio. m³/h).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die beantragte Entnahmemenge in Zukunft für alle rrrh. Wasserwerke (HH, RR, EM und ZD) insgesamt knapp 46 Mio. m³/a beträgt. Die bisherigen Wasserrechte beliefen sich auf gut 57 Mio. m³/a. Somit werden die genehmigten Fördermengen um über 11 Mio. m³/a bzw. fast 20 % reduziert. Gleichzeitig berücksichtigt die Bedarfsermittlung den prognostizierten Bevölkerungsanstieg und Reserven für steigende Pro-Kopf-Verbräuche als Folge von Trockenjahren. Nicht berücksichtigt werden Änderungen des Trinkwasserverbrauchs infolge einer etwaigen Klimaerwärmung. Zum einen handelt es sich bei Klimaphänomenen um langfristige Änderungen und das beantragte Wasserrecht hat lediglich eine Laufzeit von 20 Jahren. Zum anderen wird die beantragte Entnahmemenge nach den Bevölkerungsprognosen erst zum Ende der Laufzeit des beantragten Wasserrechts benötigt. Jegliche Entwicklungen (Fördermenge, Grundwasserstände, Grundwasserqualitäten usw.) werden vom Antragssteller regelmäßig erfasst, ausgewertet und der Bezirksregierung übergeben. Hierdurch ist ein ständiger Abgleich zwischen Soll- und Ist-Situation gegeben. Sollten hierbei wider Erwarten größere Diskrepanzen erkannt werden, können etwaig benötigte höhere Entnahmemengen rechtzeitig beantragt werden. Durch dieses Vorgehen wird eine sichere Trinkwasserversorgung gewährleistet und gleichzeitig die Entnahme auf das notwendigste beschränkt.

3 Geologischer und hydrogeologischer Überblick

3.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet orientiert sich an der Größe des Einzugsgebiets der Fassung Zündorf. Es reicht von den Flüssen Sieg und Agger im Süden, bis zu den Kölner Ortsteilen Zündorf und Wahn im Norden. Im Westen bildet der Rhein als Vorfluter die hydraulische Grenze. Nach Osten reicht das Gebiet bis zur Wahner Heide. Dort bildet die oberirdische Wasserscheide zur Sülz die Grenze. Etwas weiter westlich verläuft die Verbreitungsgrenze der quartären und tertiären Lockergesteine (Anlage 10).

Neben dem Einzugsgebiet der Fassungsanlage Zündorf liegen hier auch die Einzugsgebiete des Wasserwerks Lülsdorf, der Industriewassergewinnung von Degussa Lülsdorf sowie des Wasserwerks Eschmar. Alle diese Gewinnungsanlagen bewirtschaften derzeit den gleichen Grundwasserleiter. Historische Bedeutung hinsichtlich der Ausweisung der

Wasserschutzzone Zündorf, hatte die Fassung des Wasserwerks Oberlar, welche aber seit 2015 nicht mehr betrieben wird.

3.2 Geologie und Hydrogeologie

Geologisch gehört das Gebiet zur Niederrheinischen Bucht, welche seit dem Tertiär ein Senkungsgebiet darstellt und durch tektonische Bewegungen in mehrere Teilschollen zerfiel. Das Wasserwerk Zündorf liegt in der Kölner Scholle, welche die östlichste Scholle darstellt und an das rechtsrheinische Schiefergebirge anschließt.

Der tertiäre Untergrund wird aus den ca. 30 Millionen Jahre alten, oligozänen Kölner Schichten aufgebaut. Sie bestehen aus den Ton-, Sand- und Braunkohleschichten der Unterflözgruppe und sind bis zu 300 m mächtig.

In der Wahner Heide steht das Tertiär oberirdisch an und baut die sogenannte Bergische Heideterrasse auf. Lokal können diese Schichten mehrere Grundwasserstockwerke bilden. Eine genaue Bestimmung der Grundwasserströmung ist in diesen Schichten allerdings nicht möglich. Neben den Kölner Schichten können bereichsweise auch die ebenfalls oligozänen Bergisch- Gladbacher Schichten auftreten. Das Tertiär reicht bis zum bergischen Höhenrand und überdeckt weitgehend die darunterliegenden devonischen Gesteine des Grundgebirges, welche weiter nach Osten hin oberirdisch anstehen. Beim Devon handelt es sich um die unterdevonischen Siegener Schichten, welche vor allem aus Schiefertonen und Sandsteinen bestehen. Das Devon spielt aufgrund der geringen Durchlässigkeiten der Gesteine wasserwirtschaftlich keine Rolle.

Nach Westen wird das Tertiär erosionsdiskordant durch pleistozäne Sande und Kiese der Rheinterrassen überlagert. Während der quartären Eiszeiten lagerte der Rhein weitflächig grobe Schotter ab. In den dazwischenliegenden Warmzeiten schnitt sich der Fluss in die bereits abgelagerten Schichten wieder ein und erodierte die eigenen, älteren Terrassenkörper. So entstanden durch den Wechsel aus Eiszeiten und Warmzeiten die unterschiedlich alten Rheinterrassen.

Ablagerungen der älteren, mittleren und jüngeren Mittelterrasse stammen aus der Saale, Elster und Cromer Eiszeit. Sie liegen am westlichen Rand der Wahner Heide über den tertiären Schichten und bilden dort auch den Grundwasserleiter. Die jüngere Mittelterrasse kann in die Rheinebene hineinreichen und unterlagert dann den Schotter der Niederterrasse (GD Geol. Karte 1:25.000 Blatt Porz).

Während der Weichsel Eiszeit bildeten sich die Kiese und Sande der Niederterrasse. Diese Ablagerungen bedecken die ganze Rheinebene und besitzen eine hohe Durchlässigkeit. Sie

bilden zusammen mit der Mittelterrasse den wasserwirtschaftlich wichtigen oberen Grundwasserleiter.

Die Deckschichten im Untersuchungsgebiet ergeben sich je nach Bildungsbereich. An den Ufern der Flüsse bildeten sich holozäne Auenterrassen, ebenso lagerten sich auf der Rheinebene Hochflutlehm und -sand ab. Neben diesen fluviatilen Deckschichten kam es auch zu äolisch abgelagerten Flugsanddecken, welche in der Wahner Heide bis zu mehreren Metern mächtig werden.

Die Geologie des Untersuchungsgebiets ist in Anlage 11 dargestellt. Es handelt sich hier um einen Auszug der Geologischen Karte 1:100.000 des Geologischen Dienstes NRW. Geologische Profilschnitte (Anlage 12.1–12.3) beschreiben den Aufbau des Grundwasserleiters hinsichtlich der Quartärbasis, Mächtigkeiten, Lage des mittleren Grundwasserspiegels, Deckschichten und der geologischen Zusammensetzung. Ältere Schichten sind nicht dargestellt und können aus der Hydrologischen Karte des Landes NRW (Grundriss und Profilschnitte) entnommen werden.

3.2.1 Hauptgrundwasserleiter -Niederterrasse

Die Brunnen der Fassung Zündorf bewirtschaften die Kiese und Sande der Niederterrasse des Rheins durch Förderung von Grundwasser.

Der Grundwasserstrom fließt aus Südosten, von Sieg und Agger kommend, nach Nordwesten zum Rhein hin (Anlage 13). Dieses Grundwasser besteht aus altem Sieg- und Aggerinfiltrat, welches über jahrelange Fließzeiten nach Norden strömt, sowie aus vor Ort gebildetem Grundwasser durch versickernde Niederschläge. Unterwegs quert der Grundwasserstrom mehrere aktive oder ehemalige Nassauskiesungen und tritt dort als Grundwasserblänke zutage. Bei Niedrigwasser erfolgt der Grundwasserabfluss in den Rhein. Steigt der Rheinpegel über das Niveau des Grundwassers, wird der Grundwasserabfluss verhindert und es kommt zu einem Aufstau und zu einer hochwasserbedingten Strömungsumkehr. Der Geologische Profilschnitt 12.1 stellt den geologischen Aufbau des Grundwasserleiters in Nord Süd Richtung dar.

Aus östlicher Richtung erfolgt ein Grundwasserzustrom, welcher aus dem Bereich der Wahner Heide stammt und dort durch Grundwasserneubildung aus Niederschlag und Bachaussickerungen entsteht.

Im Bereich der Brunnen liegt die Quartärbasis auf einer Höhe von ca. 20 - 22 m ü. NN, so dass bei Niedrigwasser die grundwassererfüllte Mächtigkeit etwa 15 – 17 m beträgt. Steigende Rheinwasserstände und hohe Grundwasserneubildungsraten sorgen für Grundwasseranstiege und erhöhen dadurch die Grundwassermächtigkeit. Für die Brunnen

verändert sich deshalb der natürliche Wasserandrang ständig. Ein geologischer Profilschnitt entlang der Fassungsbreite liegt in Anlage 12.3 vor.

In den Anlagen 14 und 15 sind eine Quartärbasiskarte sowie eine Grundwassermächtigkeitskarte des Untersuchungsgebietes dargestellt. Die Grundwassermächtigkeitskarte wurde auf Basis einer Grundwassergleichenkarte zu Niedrigwasserbedingungen erstellt. Dadurch sind die geringsten Grundwassermächtigkeiten dokumentiert, welche wasserwirtschaftlich grundsätzlich verfügbar sind.

Der natürliche Wasserandrang und die Ergiebigkeit der Brunnen werden, neben der Grundwassermächtigkeit, auch stark von der Durchlässigkeit des Grundwasserleiters (k_f -Wert) beeinflusst. Nach der Hydrologischen Karte NRW Blatt 5108 Porz und 5208 Bonn wird dem Untersuchungsgebiet im Bereich der Niederterrasse ein k_f -Wert von $7 \cdot 10^{-3} - 3 \cdot 10^{-2}$ m/s zugewiesen. Hydrogeologische Pumpversuche an den Zündorfer Brunnen sowie die Modellkalibrierung, bestätigen die hohen Durchlässigkeiten von bis zu $2 \cdot 10^{-2}$ m/s. Der Grundwasserleiter besitzt demnach eine sehr hohe hydraulische Durchlässigkeit. Nach Osten zum Terrassenrand hin sind die Durchlässigkeiten geringer, was anhand steilerer hydraulischer Gradienten sichtbar wird. Hier liegen die Durchlässigkeiten bei $1 - 5 \cdot 10^{-3}$ m/s und können stellenweise auch noch kleiner sein.

Der nutzbare Porenanteil beträgt bei den hohen k_f -Werten etwa 24 – 26 %, während das speichernutzbare Porenvolumen aufgrund der hohen Schwankungsrate des Grundwasserspiegels erfahrungsgemäß niedriger liegt (ca. 20 %). Bei bekannten hydraulischen Gradienten ergeben sich in Brunnennähe bei den genannten Aquiferparametern Abstandsgeschwindigkeiten v_a von etwa 1,5 -2 m am Tag.

3.2.2 Rhein

Der Rhein bildet im Untersuchungsgebiet von der Siegmündung bis zur Zündorfer Groov den Hauptvorfluter. Auch der Grundwasserabfluss erfolgt über den Rhein. Das Gefälle zwischen den Rheinkilometern 677,5 und 659,3 beträgt bei Mittelwasser etwa 0,02 %. Die Wasserstände der letzten Jahrzehnte schwankten von 10,70 m Kölner Pegel bei Rheinhochwasser im Januar 1995 und 0,75 m bei Niedrigwasser während des Sommers 2018 (Abb. 3.1). Im Mittel liegt der Kölner Pegel bei etwa 3 m.

Überflutungsgebiete sind die Deichvorländer, welche bis zu einem Pegel von 11,90 m Hochwasserschutz bieten. Der Retentionsraum Porz- Langel auf Kölner und Niederkasseler Stadtgebiet wurde im Juli 2009 in Betrieb genommen (Anlage 10). Die gesteuerte Flutung erfolgt erst bei 11,30 m Kölner Pegel.

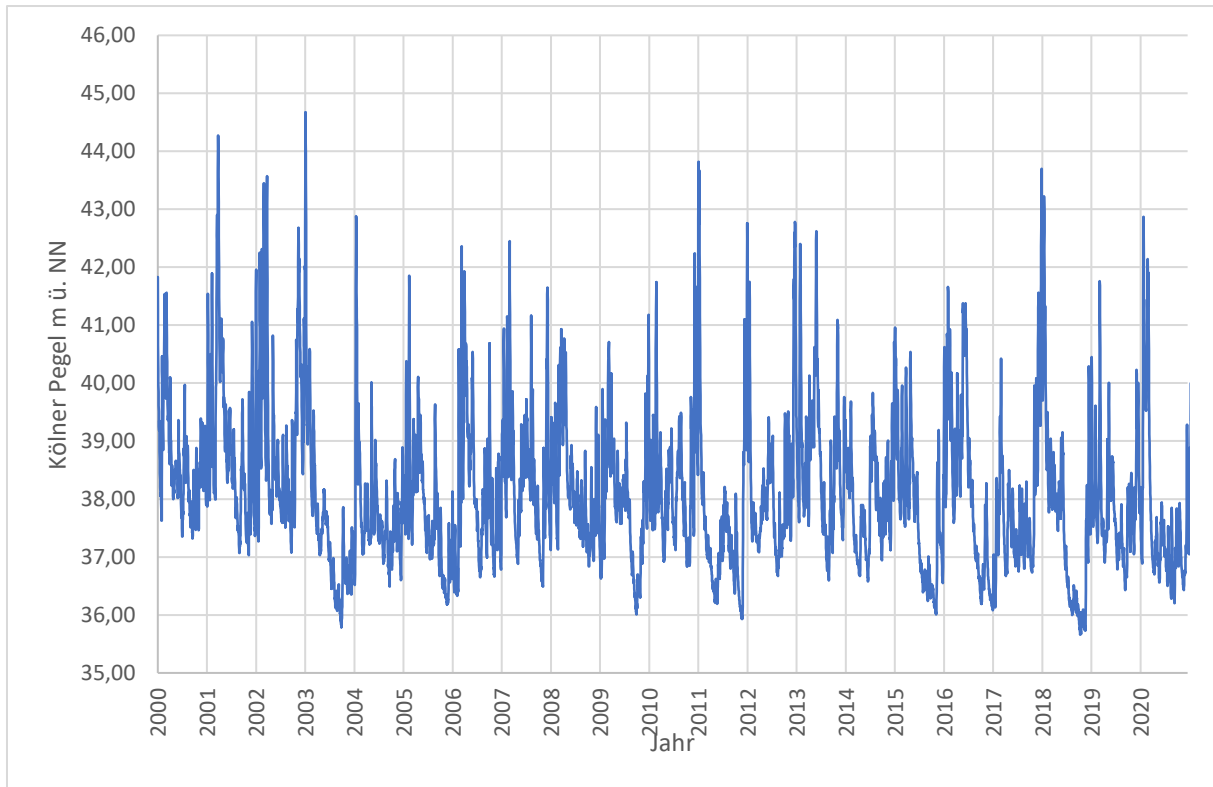


Abb. 3.1: Rheinganglinie am Kölner Pegel an Rheinkilometer 688

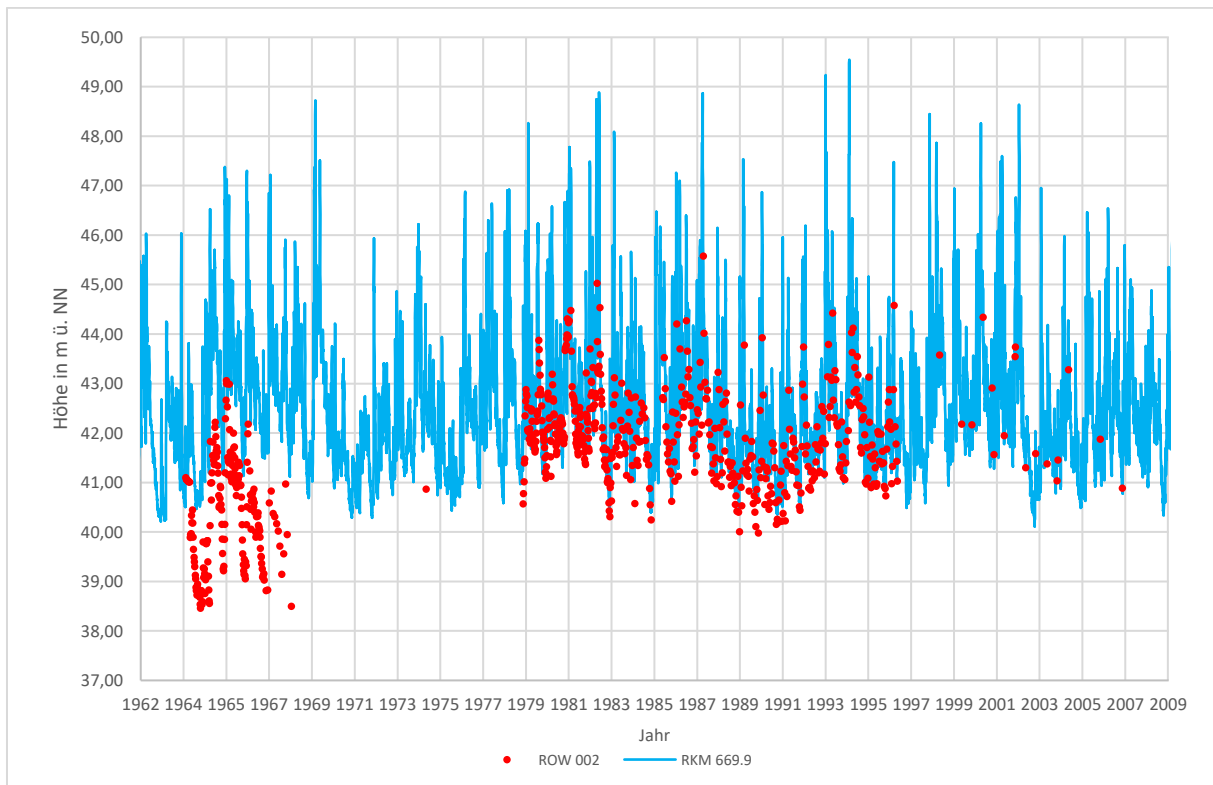


Abb. 3.2: Grundwasserspiegel und Rheinwasserstände, (ROW 002 = GWMS, RKM = Höhe des Rheins bei Rheinkilometer 669,2)

Eine besondere Bedeutung für die Wasserwirtschaft besitzt der Rhein für die Gewinnung von Uferfiltrat. Dazu bedarf es einer möglichst durchgängigen Gewässersohle. In den sechziger und siebziger Jahren des zwanzigsten Jahrhunderts wurde im Bereich des Kölner Südens eine starke Abdichtung der Gewässersohle beobachtet. Diese wurde verursacht durch sehr hohe Entnahmemengen bei allgemein niedrigen Rheinwasserständen. Die Abdichtung wird Kolmation genannt und erfolgt in der Regel durch Verstopfen der Fugen und Porenräume der Sohlschicht mit feinkörnigem, bindigem Material. Je höher die Abdichtung ist, umso stärker ist der Austausch zwischen dem Oberflächenwasser und dem Grundwasserleiter gestört.

Erst im Verlauf der späten siebziger Jahre konnte eine Erholung der Sohlendurchlässigkeit beobachtet werden. Im Rahmen einer Sonderuntersuchung (STAWA Bonn 1979) wurden spezifische Uferbelastungswerte von max. 250 l/s*km, als Empfehlung für eine nachhaltige Bewirtschaftung ermittelt.

Derzeit kann im Rhein auf eine weitgehend offene Gewässersohle geschlossen werden, da die Ganglinien rheinnaher Grundwassermessstellen (GWMS) sehr gut mit der Rheinganglinie übereinstimmen (Abb. 3.2).

Mit der Erhöhung des Wasserrechts der Fassung Zündorf auf 25 Mio. m³/a wird dauerhaft Uferfiltrat gewonnen. Auf Basis von Modellsimulationen wird zukünftig ein 6,2 km langer Uferabschnitt bewirtschaftet. Dieser liegt im Bereich der Rheinkilometer 668,4 bis 674,6 und befindet sich teilweise etwas südlicher als der von 672,1 bis 676,7 ausgewiesene Rheinabschnitt der Wasserschutzzone IIIB.

3.2.3 Sieg und Agger

Der Fluss bildet die südliche Grenze des Einzugsgebietes der Fassung Zündorf. Sie verläuft durch Troisdorf und mündet bei Kilometer 659,3 in den Rhein. Der mit Eintritt in die Rheinebene langsamer fließende Fluss, bildet im unteren Verlauf („untere Sieg“) zur Mündung hin eine Auenlandschaft (Siegau), welche bei Hochwasser auch überflutet wird.

Die untere Sieg speist den Grundwasserstrom kontinuierlich durch Infiltrat, welches in den Grundwasserleiter der Rheinniederterrasse versickert und parallel zum Flusslauf nach Norden hinabfließt.

Aufgrund dessen wird die Sieg von mehreren Wasserwerken durch Uferfiltratgewinnung bewirtschaftet (Anlage 10). Nördlich der Sieg liegt in 1 km Entfernung das Wasserwerk Eschmar, welches einen Großteil seiner Entnahmemenge durch Uferfiltrat deckt. Über mehrjährige Fließzeiten gelangt Sieginfiltrat auch zu den Fassungsanlagen der Degussa Lülsdorf, dem Wasserwerk der Stadt Niederkassel und dem Wasserwerk Zündorf. Historisch wurde Sieginfiltrat auch vom Wasserwerk Oberlar genutzt. Mit dem Ende der Förderung im

Werk Oberlar fällt der dortige Flussabschnitt nunmehr in das Einzugsgebiet vom Wasserwerk Zündorf. Auch südlich der Sieg findet eine Uferfiltratgewinnung durch das Wasserwerk Meindorf (WTV) statt.

Von der Aggermündung bis zum Sieglarer See steht die Sieg immer im direkten Kontakt mit dem Grundwasser. Zwischen dem Sieglarer See und der Einmündung des Mühlengrabens können bei Niedrigwasser die Grundwasserstände zeitweise unter die Siegsohle fallen. Siegwasser sickert dann über die ungesättigte Zone dem Grundwasser zu. Es verbleibt aber unterhalb der Siegsohle eine Aufhöhung des Grundwasserspiegels, welche wie eine Grundwasserscheide wirkt und dadurch die Einzugsgebiete der Fassungen nördlich und südlich der Sieg trennt. Die unterschiedlichen Vorfluteranbindungen zwischen Sieg und Grundwasser im Abschnitt Sieglarer See bis Einmündung des Mühlengrabens, sind anhand mehrerer Profile dargestellt (Abb. 3.3 und Anlage 10.1 Profile I bis V). Von der Einmündung des Mühlengrabens bis zur Rheinmündung ist die Sieg wieder permanent mit dem Grundwasserstrom verbunden.

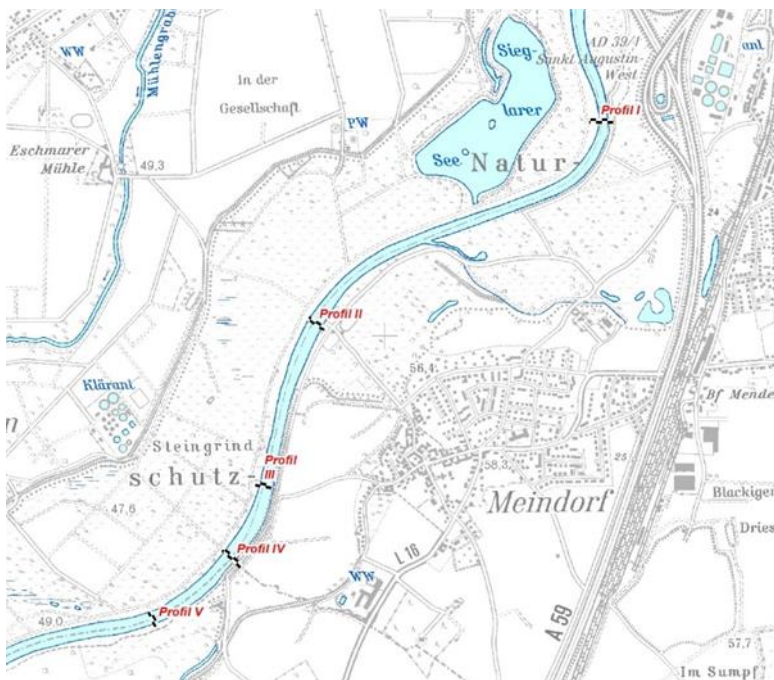


Abb. 3.3: Lageplan der Profilschnitte aus Anlage 10.1

Die im Siegmündungsbereich befindlichen Altarme „Diescholl“ und „obere Fahrt“ sind bei höheren Wasserständen des Rheins geflutet. Aufgrund einer offenen Gewässersohle - verursacht durch Abgrabungsarbeiten in den 60ziger Jahren - versickert das Wasser sehr schnell in den Untergrund. Über eine Kanalverbindung erfolgt jedoch ein Zustrom von Wasser aus dem Mühlengraben, so dass die Altarme nie austrocknen.

Die Agger als Mittelgebirgsfluss entwickelt ab dem Bereich Lohmar eine breitere Auenterrasse, welche einen Porengrundwasserleiter bildet. Zunächst ist die Agger hier ein efluentes Gewässer. Ab Höhe der B8-Brücke wechselt der Vorfluteranschluss und die Agger wird permanent influent, so dass sie Infiltrat an das Grundwasser abgibt. Dieser Abschnitt reicht bis zur Wehranlage „Aggerwehr“, welche sich ca. 400 m vor der Einmündung der Agger in die Sieg befindet. Die Fallhöhe beträgt an dieser Stelle 3 m. Vom Aggerwehr bis zur Siegmündung ist die Agger abhängig von der Grundwasserstandsentwicklung wechselnd efluent und influent. Das Aggerinfiltrat floss ursprünglich den Brunnen der Fassung Oberlar zu. Seitdem diese außer Betrieb gegangen sind, fließt das Infiltrat zur Fassung Zündorf.

3.2.3.1 Sieg- und Aggerinfiltrat

Für die Jahre 2012 und 2013 wurden Infiltratmengen aus Sieg und Agger über bilanzierte hydrogeologische Abflussprofile bestimmt (Losen 2013 und 2014). Etwa 1,5 Mio. m³/a Aggerinfiltrat flossen in das Einzugsgebiet des Wasserwerks Zündorf. Dazu flossen 2,43 Mio. m³/a Sieginfiltrat nach Zündorf. Bei einer durchschnittlichen Jahresfördermenge von etwa 9 Mio. m³/a betrug der Anteil an Sieg- und Aggerinfiltrat im Rohwasser des Wasserwerks Zündorf bisher immerhin 44%.

3.2.3.2 Mühlengraben

Der Mühlengraben entnimmt Aggerwasser am Aggerwehr und verläuft auf nördlicher Seite, parallel zur Sieg. Nach ca. 8,5 km mündet er oberhalb der L 269 Brücke in die Sieg. Ursprünglich angelegt zur Betreibung der Mühlen (Sieglarer und Eschmarer Mühle) mit Wasserkraft, hat er heute noch eine wasserwirtschaftliche Bedeutung für die Produktionsprozesse der Mannstaedt Werke.

Die Gewässersohle des Mühlengrabens ist in Teilen offen, so dass es zu Aussickerungen kommt. Einzelmessungen aus dem Jahr 2015 ergaben Aussickerungsmengen von ca. 20 l/s [LOSEN 2016]. Kontinuierliche Abflussmessungen liegen allerdings nicht vor, so dass die Infiltration des Mühlengrabens wasserwirtschaftlich nicht hinreichend bekannt ist. Die sich aus den Messwerten ergebende Jahresversickerung von etwa 630.000 m³ kann hier nur als grober Schätzwert gelten und wird in der Grundwassermodellsimulation als Zusickerungsrate berücksichtigt.

3.2.4 Wahner Heide

Grundwasser fließt der Niederterrasse von östlicher Richtung kommend aus der Wahner Heide zu.

Die Wahner Heide besteht vor allem aus tertiären, oligozänen Schichten, welche eine Wechsellagerung aus Sand- und Tonschichten bilden. Dadurch liegt ein komplizierter Stockwerksbau mit gespannten Grundwasserleitern vor. Die Durchlässigkeiten der tertiären Sande sind eher niedrig. Nach der Hydrologischen Karte NRW Blatt 5108 Porz wird diesen Schichten ein k_f -Wert von $5 \cdot 10^{-5}$ m/s zugewiesen. Berechnete Durchlässigkeiten aus Siebanalysen einzelner Bohrprofile, ergeben Werte von $2 \cdot 10^{-4}$ bis $2 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Im Übergangsbereich der Wahner Heide zur Niederterrasse, werden die tertiären Schichten von Kiesen und Sanden der Mittelterrasse überdeckt. In höheren Lagen meist trockengefallen, enthalten sie zur Niederterrasse hin immer mehr Grundwasser. Die Mittelterrasse bildet dann einen freien Grundwasserleiter, welcher nach Westen zur Niederterrasse anschließt.

Flugsanddecken überlagern die Schichten der Wahner Heide und bilden zum Teil einen geringmächtigen Grundwasserleiter.

Da keine detaillierten hydrogeologischen Kenntnisse vorliegen, muss davon ausgegangen werden, dass in der Wahner Heide kein zusammenhängender Grundwasserstrom existiert, der in direktem Kontakt mit der Niederterrasse steht.

Dies wird besonders deutlich im Bereich des Linder Bruchs, wo über einen hydraulischen Sprung das Grundwasser in die Niederterrasse aussickert und sich anschließend mit dem aus Süden kommenden Grundwasserstrom vereinigt. Aufgrund der hydrologischen Sprunghöhe von etwa 5 m liegt offensichtlich kein direkter Strömungskontakt vor. Das Grundwasser östlich des Sprungs ist von der Grundwasserströmung in der Niederterrasse weitgehend entkoppelt (Abb. 3.4). Der geologische Profilschnitt in Anlage 12.2 stellt die hydrogeologische Situation am Linder Sprung dar. Die Lage der Messtellen kann aus Anlage 16 entnommen werden.

Die Grundwasserneubildung im Bereich der Wahner Heide erfolgt vor allem aus versickernden Niederschlägen und Bachaussickerungen. Die hier entstehenden Grundwassermengen fließen in die Niederterrasse und bilden somit den Randzufluss des östlichen Grundwassermodellrand. Diese Mengen sind im Rahmen einer gutachterlichen Bewertung quantifiziert worden (Losen 2011). Im Bereich des Untersuchungsgebiets strömen über eine Breite von 11 km etwa 7,8 Mio. m^3/a ab. Das daran angeschlossene Einzugsgebiet der Wahner Heide ist 28,23 km^2 groß. Das GROWA Modell des Landesumweltamtes gibt für das gleiche Einzugsgebiet im Beobachtungszeitraum 1981 bis 2010 eine Neubildungsmenge von 6,3 Mio. m^3/a an. Dazu müssen noch Bachaussickerungen des Scheuerbachs von 1,2 Mio. m^3/a addiert werden (s. Kapitel 3.2.5), wodurch sich ein Gesamtabfluss von ca. 7,5 Mio. m^3/a ergibt.

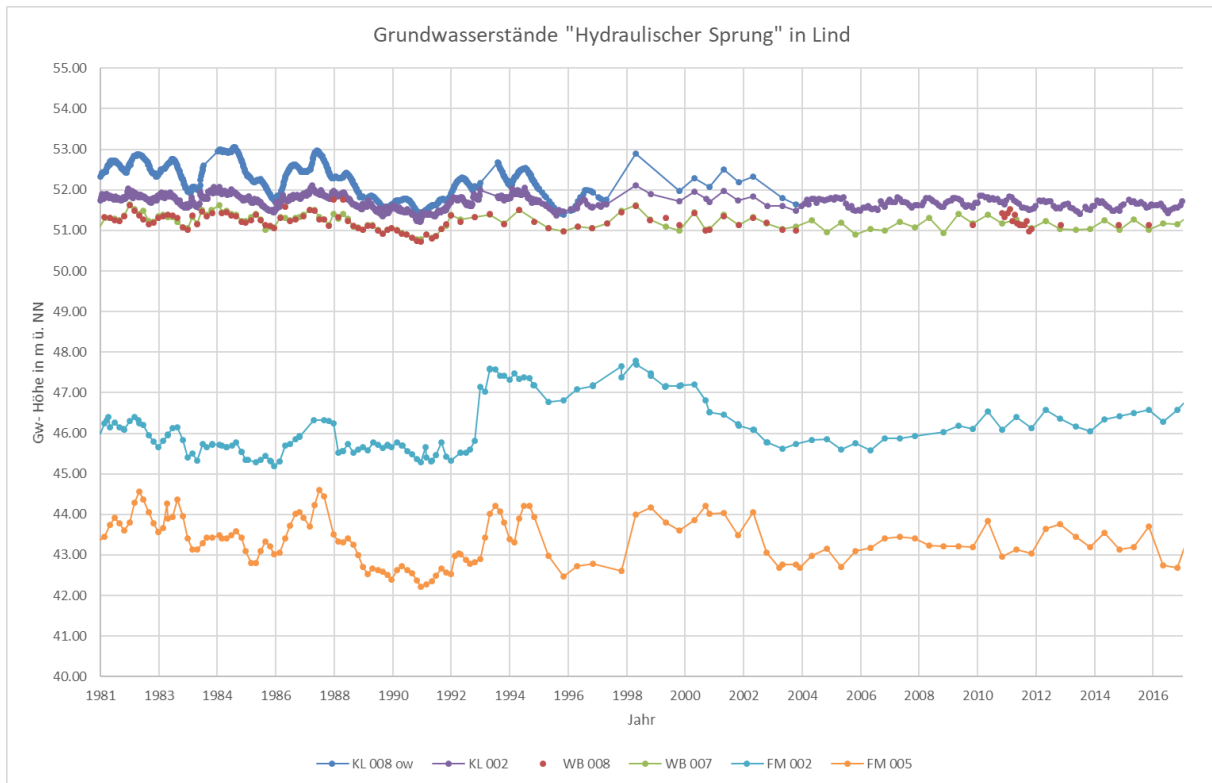


Abb. 3.4: Grundwasserganglinien im Bereich des hydraulischen Sprungs in Lind

Die ermittelten Abflussmengen (Tab. 3.2) weichen nur um etwa 4 % voneinander ab und liegen damit im vertretbaren Genauigkeitsbereich solcher Bilanzabschätzungen. Zumal weitere Aussickerungen aus kleineren Gewässern nicht erfasst sind.

3.2.5 Scheuerbach

Der Scheuerbach ist ein Bachsystem innerhalb der Wahner Heide, welches nördlich vom Telegraphenberg und südlich des Flughafens liegt (s. Anlage 10). Es entwässert ein Gebiet von etwa 16 km² Größe und mündet in den Rheinkanal I. Die Bachsohle ist weitgehend offen. So dass ein Teil des Bachwassers wieder vor Ort versickert. Erst auf Kölner Stadtgebiet fließt er, ab der Luftwaffenkaserne hinter dem Scheuermühlenteich, auf 700 m Länge durch Rohre bis zum Rheinkanal I. Neben dem Hauptgewässer gibt es tributäre Bachläufe, welche nach kurzer Fließlänge wieder innerhalb der Wahner Heide vollständig versickern. Genaue Auswertungen über die Vorfluterversickerungen liegen nicht vor, so dass wasserwirtschaftlich verfügbare Wassermengen nur grob abgeschätzt werden können (Tab. 3.1).

Nimmt man eine durchschnittlichen Niederschlagshöhe N [mm] von 834 mm an und bestimmt die Jahresverdunstungshöhe V [mm] mit etwa 469 mm, verbleibt ein Gesamtabfluss A [mm] von 365 mm. Der unterirdische Abfluss A_u [mm] als Grundwasserneubildung beträgt etwa 229 mm, so dass noch 136 mm als oberirdischer Abfluss A_o [mm] zur Verfügung stehen.

Bei einem Einzugsgebiet von 16 km² Größe beträgt der oberirdische Abfluss des Scheuerbachs etwa 2,2 Mio. m³/a bzw. 69 l/s, was für ein solches Gewässer eine durchaus realistische

Annahme darstellt. Nach Angaben der Städtischen Entwässerungsbetriebe Köln, entwässert der Scheuerbach jährlich mit etwa 31 l/s in den Rheinkanal I. Damit können die Vorfluterversickerungen des Scheuerbachs auf 38 l/s und somit ca. 1,2 Mio. m³ pro Jahr abgeschätzt werden.

Tab. 3.1: Ermittlung der Versickerungsmengen des Scheuerbaches

	m/a	mm/a
Niederschlagshöhe in m Klimastation Köln Bonn DWD (1984-2010)	0,834	834
Jahresmitteltemperatur °C	9	9
Verdunstung nach Kalweit: $V = 0.2 * N \text{ (mm)} + 95 + 23 * t \text{ (°C)}$	0,469	468,8
Gesamtabfluss $A_G = N - V$	0,365	365,2
Au Neubildung nördl. Tafelberg (n. GROWA)	0,229	229
Abfluss oberirdisch	0,136	136,2
	m ²	
EZG Scheuerbach m ²	16.079.697	
	m ³ /a	l/s
Ao Abfluss oberirdisch Scheuerbach	2186839	69,34
	m ³ /a	l/s
Abfluss Scheuerbach in Rheinkanal I	982.977	31,17
	m ³ /a	l/s
Versickerung Scheuerbach	1.203.862	38

Der Sandbach verläuft nördlich des Scheuerbachs. Er fließt verrohrt unter dem Flughafengelände und mündet in das Hochwasserrückhaltebecken am Flughafen. Von dort erfolgt die Entwässerung zum Rheinkanal II, wobei ein Teilstrom in die Urbacher Senke geleitet wird und dort versickert. Aussickerungen im Bereich der Wahner Heide sind nicht bekannt.

Die Gewässer im Einzugsgebiet südlich des Tafelbergs sind deutlich kleiner als der Scheuerbach. Der Asselbach verläuft nur auf einem kurzen Abschnitt naturnah und wird anschließend durch Rohre bis zum Ostgraben geführt. Der Ostgraben ist der Vorfluter für den Asselbach und dient in den Abschnitten mit offener Gewässersohle auch der Entwässerung des Linder Bruchs. Westlich vom Ostgraben verläuft der Senkelsgraben, welcher nur sporadisch Wasser führt. Der Heimbach mündet in den Burggraben der Burg Wissem. Von dort wird das Wasser von einer Pumpstation abgeleitet. Mögliche Aussickerungsmengen der Bäche aus dem Einzugsgebiet südlich des Telegraphenbergs sind unbekannt und werden in den wasserwirtschaftlichen Berechnungen nicht berücksichtigt.

3.2.6 Einzugsgebiet südlich Fliegenberg und Aggerterrassen

Tab. 3.2: Randzustrom Wahner Heide

GROWA:		Wahner Heide		
EZG	Typ	Fläche m ²	Mittelwert Grundwasserneubildung 81-10 mm/a	Gwneu m ³ /a
Wahner Heide	Festgestein	39.245	17	682
Wahner Heide	Festgestein	364.737	64	23.178
Wahner Heide	Lockergestein	22.184.949	229	5.071.679
südl. Tafelberg	Lockergestein	5.642.212	211	1.188.498
	Gesamt	28.231.143	Gesamt	6.284.037
				Aussickerung m ³ /a
Vorfluterversickerung Scheuerbach				1.203.862
Wahner Heide und Scheuerbach			Gesamt	7.487.899
EZG	Typ	Fläche m ²	Mittelwert Grundwasserneubildung 81-10 mm/a	Gwneu m ³ /a
südl. Fliegenberg Aggerterrasse	Lockergestein	4.449.957	196	872.523
EZG Wahner Heide + Scheuerbach + südl. Fliegenberg/ Aggerterrasse		Fläche m ²		
Gesamt		32.681.100	Gesamt	8.360.422
Gutachten Randzustrom Rechtsrheinisch und Randzustrom Agger				
Abschnitt	Mio m ³ /a	m ³ /a	Abstrombreite in m	
15	1,67	1.670.000	464	
16	1,88	1.880.000	1.287	
17	1,13	1.130.000	1.843	
18	0,35	350.000	688	
19	1,44	1.440.000	1.896	
20	0,04	40.000	461	
21	0,32	320.000	1.850	
22	0,62	620.000	1.416	
23	0,25	250.000	1.105	
Gesamt	7,7	7.700.000	11.010	
Aggergutachten	1,02	1.020.000	1.063	
Randzustrom rechtsrheinisches Köln und Aggerzustrom				
Gesamt	8,72	8.720.000	12.073	
Randzustrom im Grundwassermodell				
Bereich	m ³ /d	m ³ /a		
südl. Telegraphenberg	4.319	1.576.399		
Sprung bis EZG Leidenhausen	18.359	6.701.035		
Aggerterrasse	835	304.775		
Gesamtanbfluß Randzustrom Modell	23.513	8.582.209		
Abstrombreite in m		12.073		

Die Neubildungsmengen aus dem Bereich der Wahner Heide, welche südlich vom Fliegenberg liegen, sickern der Aggerterrasse zu. Es ergibt sich hier ein kleines Einzugsgebiet, dessen Neubildungsmengen dem Grundwasser zusickern und als Randzustrom nach Westen hin der Niederterrasse zufließt. Nach GROWA entstehen in diesem Gebiet bei einer mittleren Neubildungshöhe von 196 mm/a eine Wassermenge von 873.000 m³/a (Tab. 3.2). Gutachterlich wird aus diesem Gebiet ein Randzustrom von 1 Mio. m³/a berechnet [LOSEN 2014]. Allerdings sind in dieser Menge auch Anteile an Aggerinfiltrat enthalten.

3.3 Entwicklung der Grundwasserstände

Einige im Bereich der Fassungsanlagen vorhandenen Grundwassermessstellen sind seit etwa sechzig Jahren in Betrieb. Dadurch ist eine Dokumentation der Ausgangsgrundwasserstände vor Inbetriebnahme der Brunnen möglich. Wegen der bestehenden wasserrechtlichen Auflagen werden 178 Grundwassermessstellen (GWMS) und Brunnen im gesamten Einzugsgebiet regelmäßig gemessen. Die Lage der Grundwassermessstellen kann aus Anlage 16 entnommen werden. Mittlerweile wurden einige GWMS mit Datensammler ausgerüstet, welche sogar eine tägliche Messwerterfassung ermöglichen.

3.3.1 Grundwasserschwankungen in Abhängigkeit vom Rheinpegel

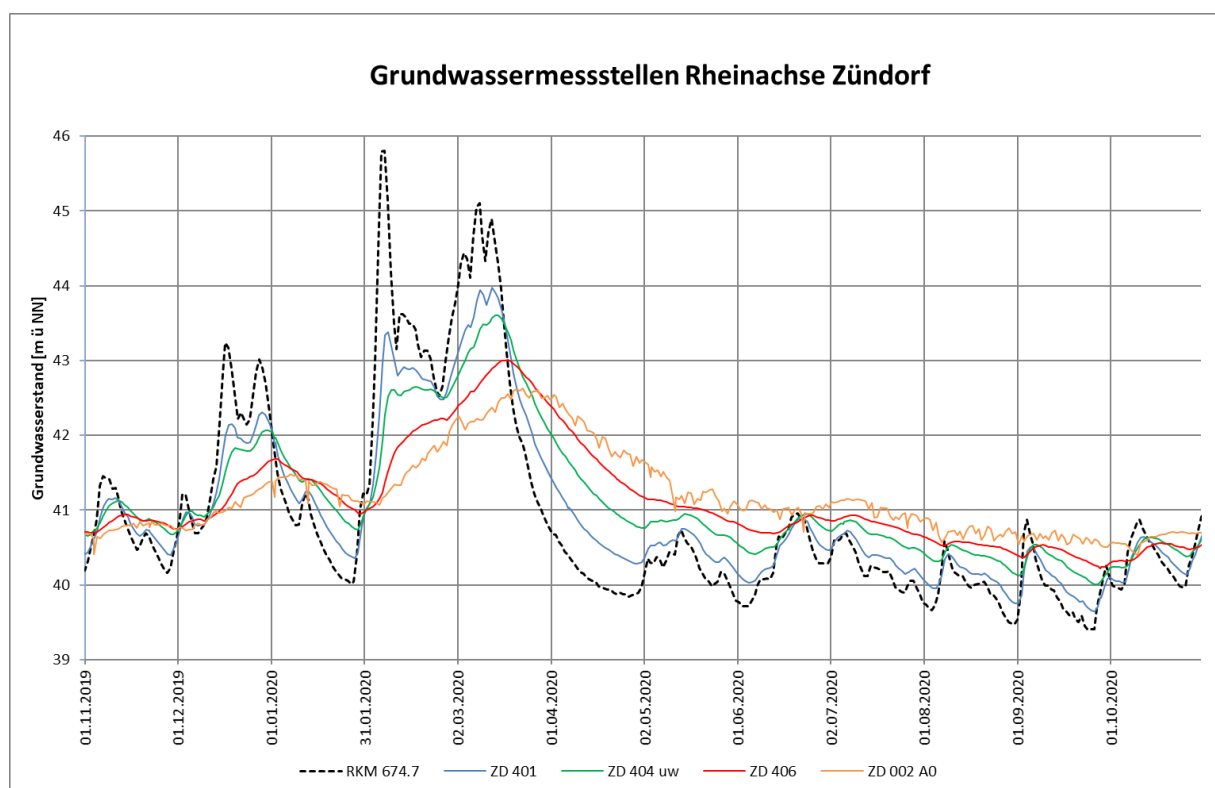


Abb. 3.5: Darstellung der Grundwasserstände entlang der Rheinachse Zündorf

Der Verlauf der Grundwasserstände wird maßgeblich von den Rheinwasserständen beeinflusst. An exemplarischen Grundwasserganglinien entlang einer Messstellenachse, ist die Entwicklung der Grundwasserstände in Abhängigkeit vom Abstand zum Rhein für das Wasserwirtschaftsjahr 2019/20 dargestellt (Abb. 3.5). Ausgehend vom Rheinkilometer 674,7 liegt die Messstelle ZD 401 in ca. 300 m, die Messtelle ZD 404uw in ca. 700 m, die Messtelle ZD 406 in ca. 1.350 m und die Messtelle ZD 002A0, welche sich in der Mitte von Fassung II befindet, in ca. 2.300 m Entfernung zum Rheinufer. Alle Schwankungen des Rheinpegels werden in den Grundwasserganglinien wiedergeben. Mit zunehmender Entfernung wird eine Dämpfung der Rheinpegelhöhen sowie ein zeitlicher Verzug der Rheinwasserschwankungen sichtbar. An der Messstelle ZD 002A sind auch die Auswirkungen des Brunnenbetriebs der Fassung II im Ganglinienverlauf erkennbar.

3.3.2 Grundwasserschwankungen im Bereich der Fassung Zündorf

Die langjährige Grundwasserstandsentwicklung im Bereich der Fassungsanlagen ist anhand repräsentativer Ganglinien dargestellt, welche bereits vor Inbetriebnahme der Brunnen seit 1961 regelmäßig gemessen werden. Seit Errichtung der Brunnen dokumentieren Messtellen aus dem unmittelbaren Nahbereich der Brunnen die Wasserstandsschwankungen.

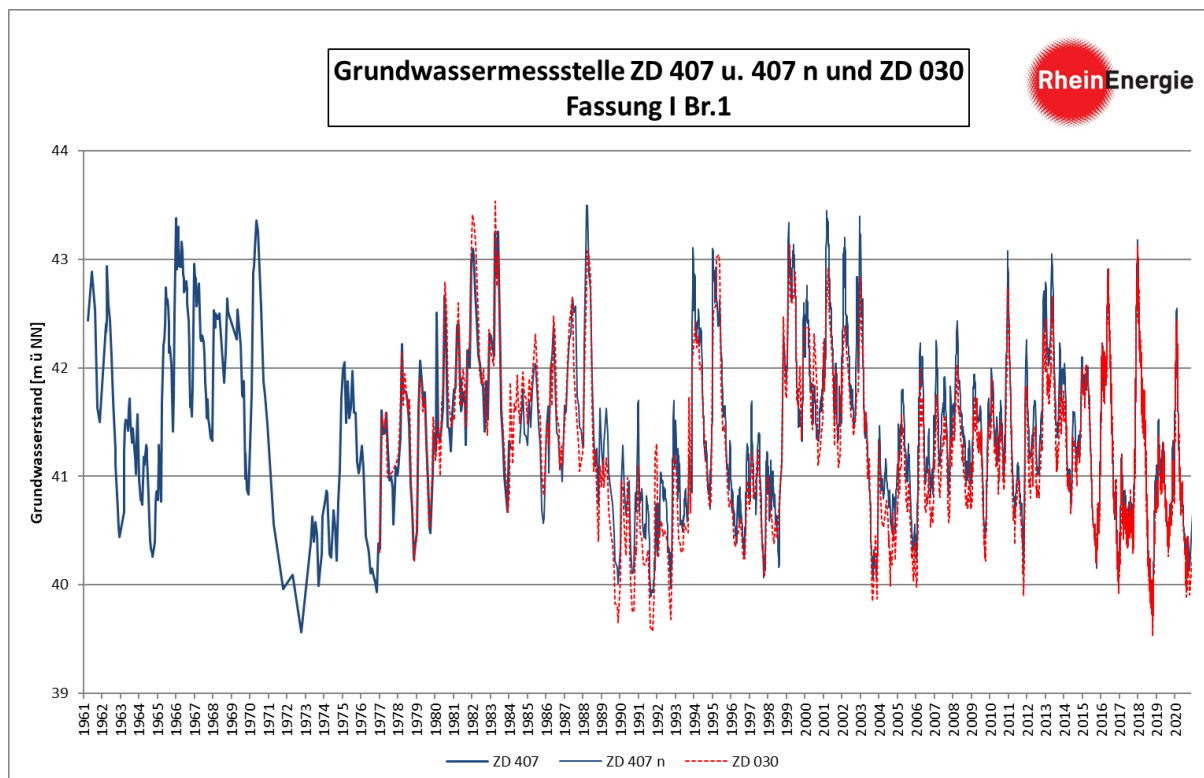


Abb. 3.6: Darstellung der Grundwasserstände ZD 407 bzw. ZD 407 n, ZD 030, ZD BR I.1

Die GWMS ZD 407 befindet sich in 280 m Entfernung zu den Brunnen I.1 und I.3. Die Grundwasserstandsschwankungen (Abb. 3.6) sind vor allem von der Entwicklung der Rheinwasserstände beeinflusst. Auch mit der Inbetriebnahme von Brunnen I.1 im Jahr 1977

sowie die Erweiterung um den Brunnen I.3 im Jahr 1999, liegen die Grundwasserstände im Bereich der normalen Grundwasserstandsschwankungen. Unmittelbar neben Brunnen I.1 liegt die GWMS ZD 030. Sie stellt die Wasserstände im Absenktrichter der Brunnengruppe dar. Beide Brunnen wurden wegen eines Gewässerschadens (LHKW, Bromacil) als „Abwehrbrunnen“ besonders intensiv betrieben. Trotz der zum Teil sehr hohen Entnahmemengen von 450 bis 600 m³/h im Dauerbetrieb, wird nur eine relativ geringe Absenkung sichtbar. Hohe Durchlässigkeiten des Grundwasserleiters und der damit zusammenhängende starke Wasserandrang am Brunnen, ergeben hier die niedrigen Absenkungen am Brunnen.

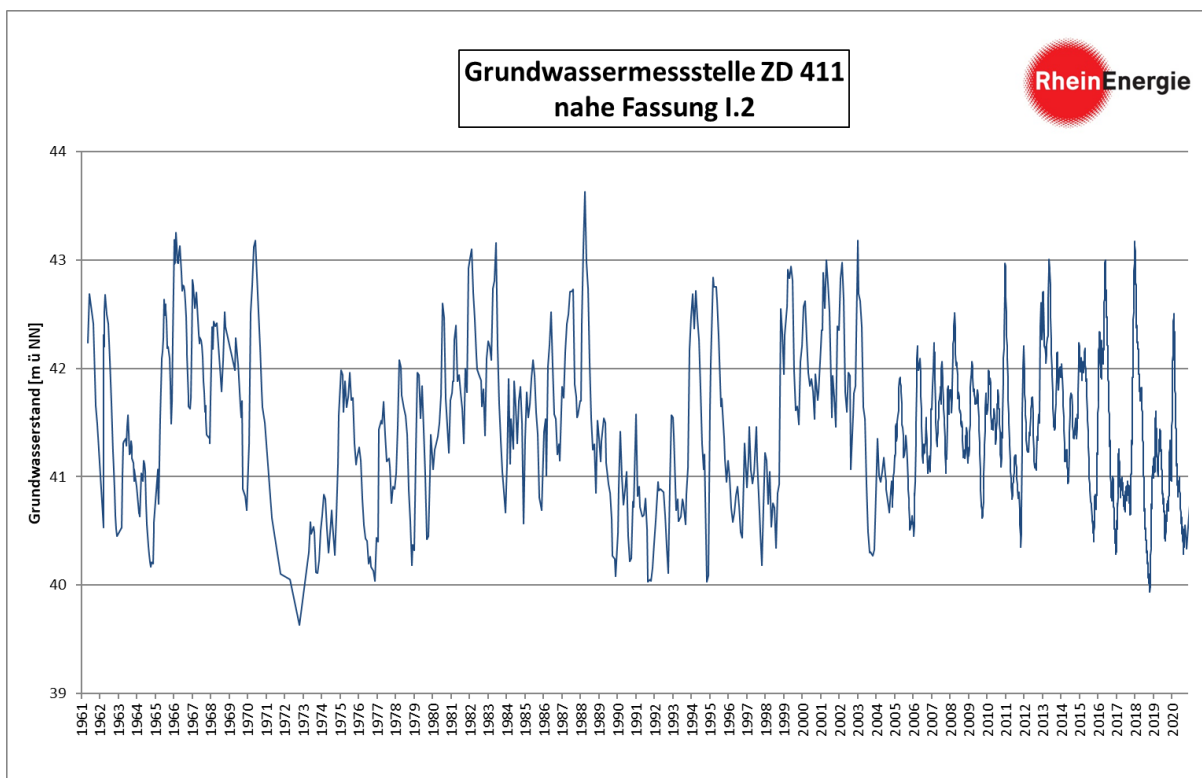


Abb. 3.7: Darstellung der Grundwasserstände ZD 411, nahe Brunnen ZD BR I.2

Der Brunnen I.2 liegt in 300 m Entfernung zu den anderen Brunnen der Fassung I. Die Grundwasserstandsschwankungen für diesen Brunnen werden von der in 40 m Entfernung liegenden Grundwassermessstelle ZD 411 dargestellt (Abb.3.7). Auch hier ist der Ganglinienverlauf durch die Rheinwasserstandsschwankungen beeinflusst. Obwohl der Brunnen ab 1977 in Betrieb ist, kann keine wesentliche Beeinflussung im Ganglinienverlauf erkannt werden. Da der Brunnen nur mit geringerer Pumpenleistung 180 m³/h betrieben wird, ergeben sich natürlich kleinere Absenkungsbeträge.

Die Fassung II wurde 1982 errichtet. Die GWMS ZD 414 liegt in 240 m Entfernung zur Brunnengruppe und die Messstelle ZD 002 A0 befindet sich in der Fassungsmittle. Die Fassung III wurde 1979 errichtet. Die GWMS ZD 413 liegt in 170 m Entfernung zu den Brunnen und die

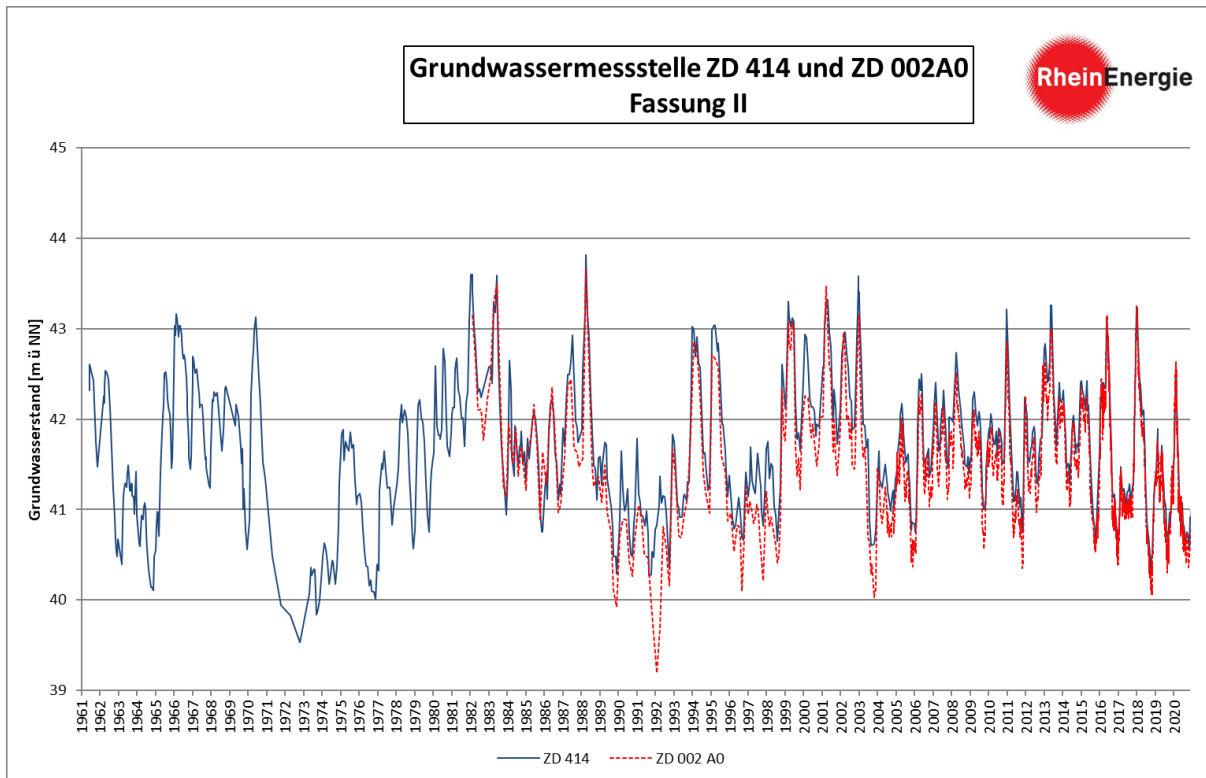


Abb. 3.8: Darstellung der Grundwasserstände ZD 414 und ZD 002A0 Fassung II

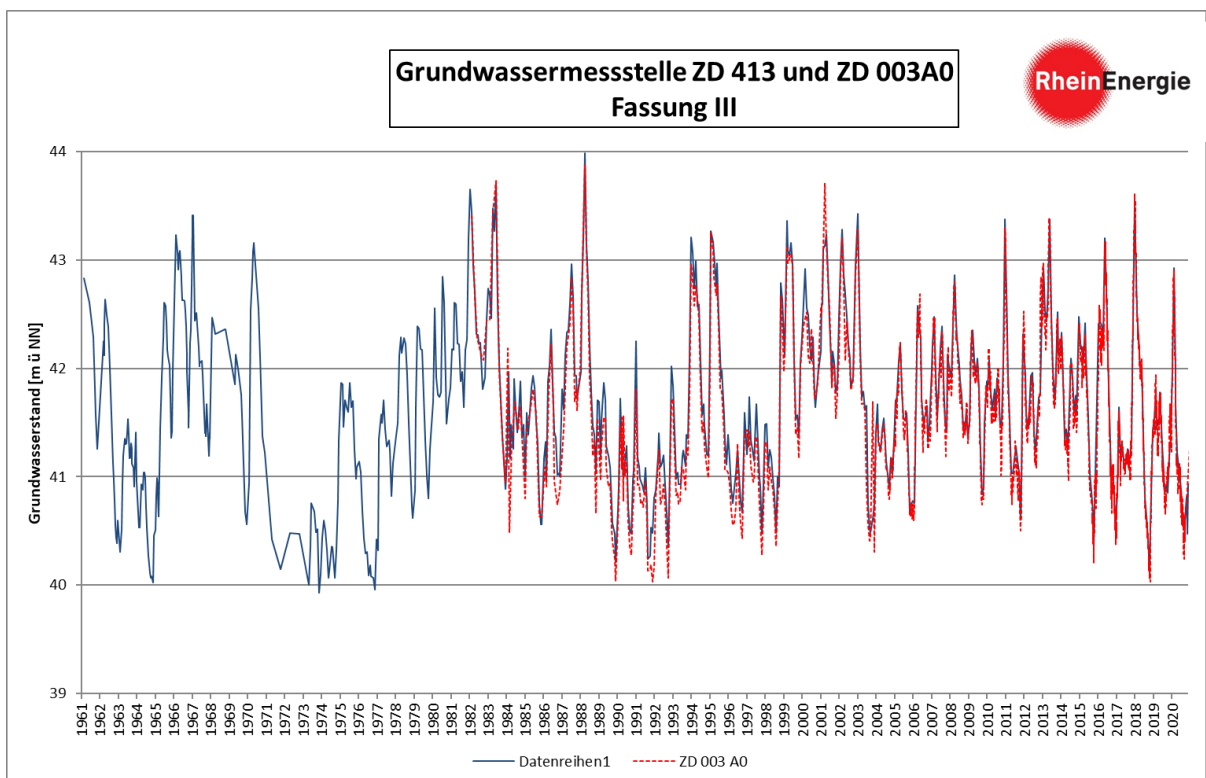


Abb. 3.9: Darstellung der Grundwasserstände ZD 413 und ZD 003A0, Fassung III

Messstelle ZD 003 A0 befindet sich in der Fassungsmittle. In beiden Fassungen wurde in der Regel nur jeweils ein Brunnen betrieben. Insgesamt war Fassung II in der Vergangenheit

häufiger in Betrieb als Fassung III. Beide Fassungen haben eine nominelle Förderleistung von 2.150 m³/h. Die installierte Brunnenpumpenleistungen variiert zwischen 250 – 750 m³/h.

Die Schwankungen der Grundwasserstände sind in beiden Fassungen von der Rheinwasserstandsführung abhängig (Abb. 3.8 und 3.9). Der Brunnenbetrieb wird durch die Ganglinie der Pegel in Fassungsmittle mit etwas niedrigeren Grundwasserständen sichtbar. Dies ist vor allem im Ganglinienverlauf der achtziger und neunziger Jahre zu erkennen. Allerdings liegen die Differenzen meistens nur im Bereich einiger Dezimeter. Werden die Brunnen nicht geschaltet, laufen die Ganglinien der Grundwassermessstellen im Fassungszentrum und im Brunnennahbereich gleichauf.

3.3.3 Grundwasserschwankungen im weiteren Einzugsgebiet

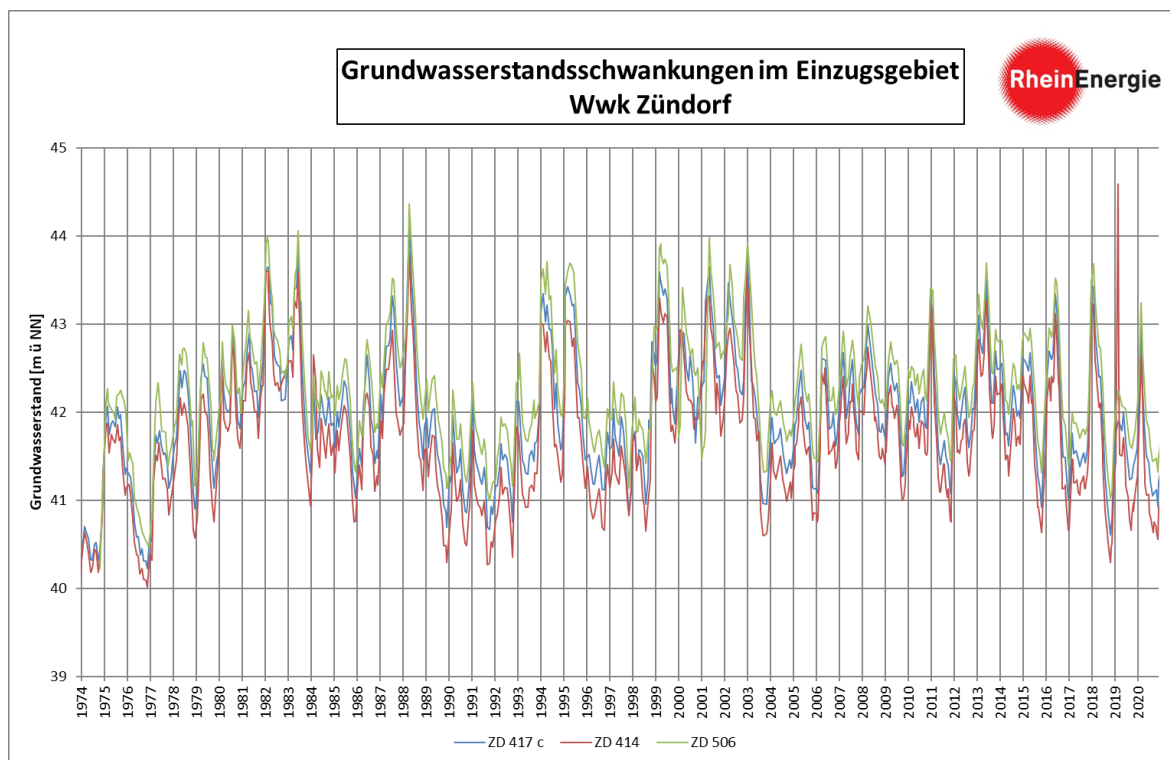


Abb. 3.10: Grundwasserschwankungen im Einzugsgebiet Wasserwerk Zündorf (II / IIIA)

Die Grundwasserstandsentwicklung im Einzugsgebiet wird anhand einer 7 km langen Messstellenachse, von Fassung II im Norden bis zur Grenze der Wasserschutzzone IIIB in Troisdorf dargestellt. Die Abb. 3.10 dokumentiert die Grundwasserschwankungen im Bereich der Schutzzone II und IIIA. Abb. 3.11 zeigt Grundwasserschwankungen im Bereich der Schutzzone IIIB auf der Höhe von Uckendorf, Stocken. In Abb. 3.12 sind Grundwasserschwankungen im Bereich Rotter See und Oberlar dargestellt. Der Messzeitraum der Pegel beginnt etwa 1974/75 und erfasst die gesamte Betriebsdauer des Wasserwerks Zündorf. Es sind somit auch die Grundwasserstände vor Inbetriebnahme des Wasserwerks dokumentiert. Phasen mit niedrigen und hohen Grundwasserständen sind immer in Abhängigkeit zu den Rheinwasser-

ständen zu sehen. Die Hochwässer 1988, 1993 und 1995 und die allgemein hohe Rheinwasserführung Anfang der 2000er Jahre sind auch in den Grundwasserganglinien zu erkennen.

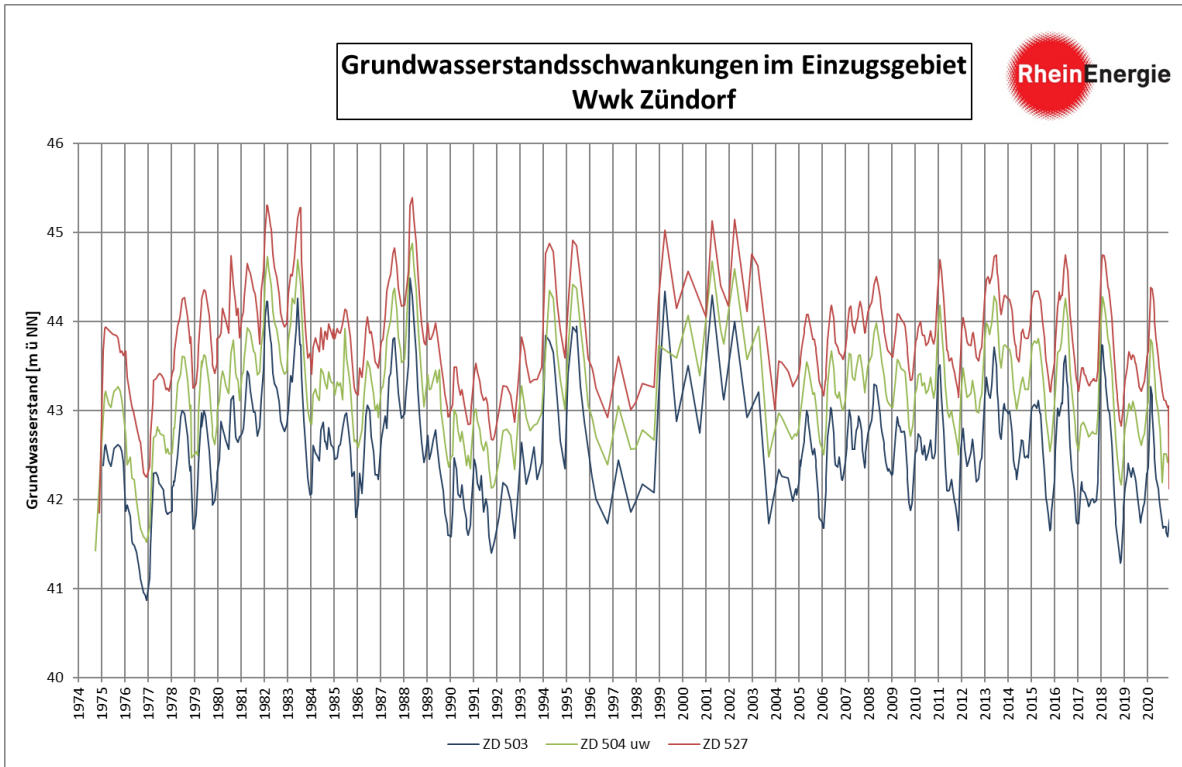


Abb. 3.11: Grundwasserschwankungen im Einzugsgebiet Wasserwerk Zündorf (Stockem)

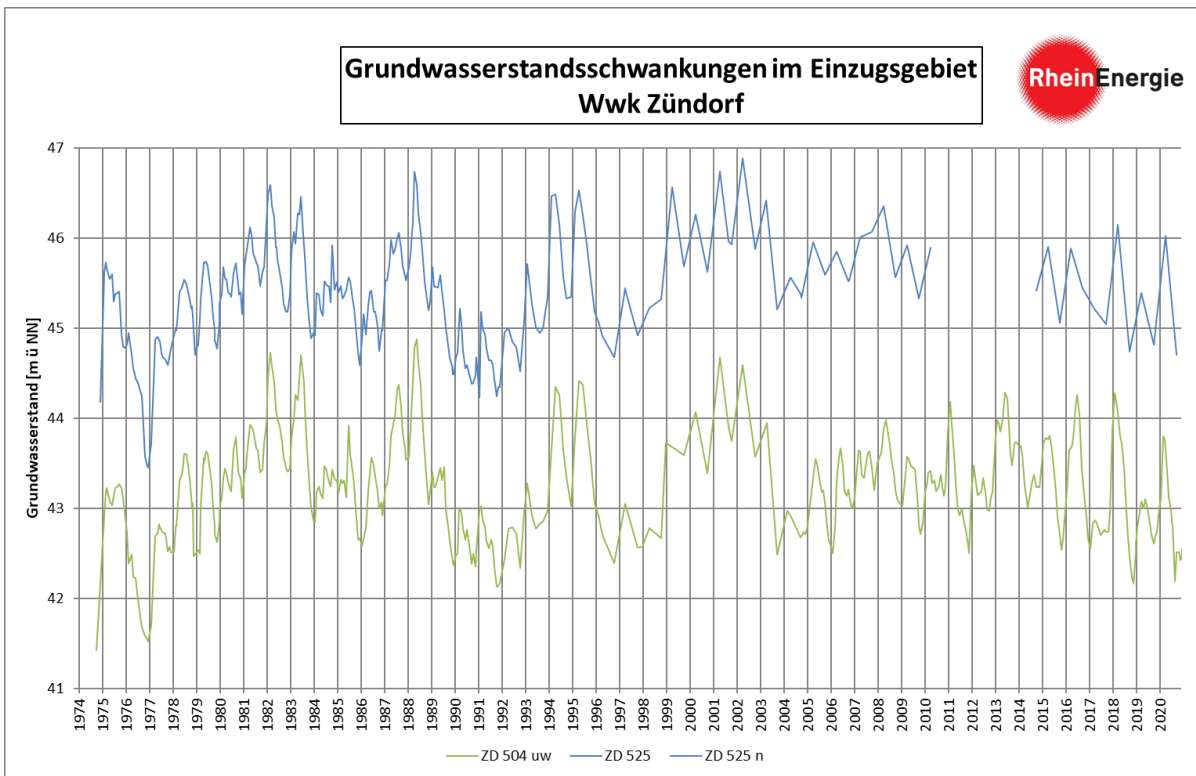


Abb. 3.12: Grundwasserschwankungen im Einzugsgebiet Wasserwerk Zündorf (Oberlar)

Niedrige Rheinwasserstände und Phasen heißer Jahre mit niedriger Grundwasserneubildung spiegeln sich in niedrigen Grundwasserständen wider.

Die Grundwasserstandsschwankungen im Norden (Abb. 3.10) sind durch die Nähe zum Rhein am stärksten und werden nach Süden (Abb. 3.11 und 3.12) hin schwächer. Entlang der Messachse ist eine Grundwasserhöhendifferenz von etwa 4m messbar. Eine tendenziell negative Beeinträchtigung der Grundwasserstände durch den jahrzehntelangen Förderbetrieb ist nicht zu erkennen.

3.4 Grundwasserströmung und Einzugsgebiete

Generell fließt im rechtsrheinischen Köln das Grundwasser von den Randhöhen des Bergischen Landes zum Rhein hin. Rheinnah wird die Fließrichtung aber maßgeblich durch den Vorfluter beeinflusst. Bei Niedrigwasser erfolgt der Grundwasserabfluss in den Rhein und es liegen efluente Verhältnisse vor. Steigt der Rheinpegel über das Niveau des Grundwassers, wird der Grundwasserabfluss verhindert und es kommt zu einem Aufstau, welcher zu erhöhten Grundwasserständen im Hinterland führt. Bei weiter steigendem Rheinpegel kommt es zu einer hochwasserbedingten Strömungsumkehr im Grundwasserleiter. Es liegen dann influente Verhältnisse vor. Die Brunnen befinden sich auf der Höhe der Rheinkilometer 674 bis 676 in ca. 2.000 m Entfernung vom Rhein. Nur bei hohen Rheinwasserständen fließt rückgestautes Grundwasser rheinseitig zu. Es gelangt aber bei den in der Vergangenheit geförderten Wassermengen von etwa 9 Mio. m³/a kein Uferfiltrat zu den Brunnen.

Die Grundwasserfließrichtungen und Einzugsgebiete der Brunnen des Wasserwerks Zündorf werden anhand dreier repräsentativer Strömungszustände beschrieben, welche in den konstruierten Grundwassergleichenpläne der Jahreshauptmessungen 2002, 2012 und 2015 dokumentiert sind. Der Grundwassergleichenplan vom Oktober 2015 (Anlage 17) zeigt die Fließrichtungen bei niedrigen Rhein- und Grundwasserständen. Mittlere Rhein- und Grundwasserstände werden im Grundwassergleichenplan vom Oktober 2012 dargestellt (Anlage 18) und hohe Rhein- und Grundwasserstände liegen dem Grundwassergleichenplan vom Oktober 2002 zugrunde (Anlage 19).

Vergleicht man die Einzugsgebiete des Wasserwerks Zündorf mit der ausgewiesenen Wasserschutzzone, muss berücksichtigt werden, dass die südliche Grenze der Wasserschutzzone IIIB zur Sieg hin, unter den damaligen Randbedingungen der Grundwasserförderung in den Wasserwerken Eschmar und Oberlar erfolgte. Mittlerweile ist die Förderung in Eschmar etwa doppelt so hoch und in Oberlar wird gar nicht mehr gefördert. Da in der Vergangenheit die bewilligte Fördermenge von 17 Mio. m³/a in Zündorf nie gefördert wurde, liegen hier nur Pläne der langjährigen durchschnittlichen Jahresfördermenge von 9 – 10 Mio. m³/a vor. Die Förderung nach bestehenden sowie neu beantragten Wasserrecht von

25 Mio. m³/a, ist durch die Pläne nicht dokumentiert und wird daher modelltechnisch im Kapitel 5 beschrieben.

Die Einzugsgebietskonstruktionen auf der Basis der Grundwassergleichenpläne gelten nur für den jeweiligen Strömungszustand und sind aufgrund der instationären Strömungsbedingungen nicht repräsentativ. Lediglich die grundsätzlich vorherrschende Anströmungsrichtung ist daraus zu entnehmen. Die zu prognostizierenden Einzugsgebiete nach beantragtem Wasserrecht, werden im Rahmen einer Grundwassermodellsimulation ermittelt.

3.4.1 Grundwassergleichenplan 24.10.2015 Niedrigwasser

Im Grundwassergleichenplan vom 24.10.2015 liegen efluente Strömungsbedingungen vor. Die Rheinwasserstände sind bei einem Kölner Pegel von 1,36 m sehr niedrig. Im Bereich des Wasserwerks Zündorf fließt Grundwasser von Osten aus der Wahner Heide kommend zu den Brunnen hin. Das Einzugsgebiet erfasst nur einen kleineren Teil der ausgewiesenen Wasserschutzzone. Die Förderleistung der Fassungen I-III betrug im Oktober 835.000 m³. Im Jahr 2015 lag die Jahresfördermenge bei etwa 10,1 Mio. m³. Das Einzugsgebiet der Industriewassergewinnung von Degussa Lülsdorf reicht bei einer Förderung von 14 Mio. m³/a weit in die Wasserschutzzone Zündorfs hinein, bis zu Sieg und Agger im Raum Troisdorf. Südlich schließen die kleineren Einzugsgebiete der Wasserwerke Niederkassel und Eschmar an. Das Wasserwerk Oberlar war nicht mehr in Betrieb.

3.4.2 Grundwassergleichenplan 26.10.2012 Mittelwasser

Der Grundwassergleichenplan vom 26.10.2012 spiegelt bei einem Kölner Pegel von 2,61 m mittlere Rheinwasserstände wider. Damit liegt eine durchschnittliche Strömungssituation des Grundwassers vor.

In Rheinnähe treten weiterhin efluente Strömungsbedingungen auf. Das Grundwasser und Sieg/ Aggerinfiltrat fließt von Südosten kommend nach Nordwesten zum Rhein hin. Das Einzugsgebiet des Wasserwerks Zündorf umfasst große Teile der ausgewiesenen Wasserschutzzone und umschließt das Einzugsgebiet des Wasserwerks Eschmar.

Die Einzugsgebiete von Degussa Lülsdorf und Niederkassel grenzen genau am Verlauf der Wasserschutzzone Zündorf im Westen an. Das Wasserwerk Oberlar ist nicht in Betrieb. Die Jahresfördermenge von Zündorf betrug im Jahr 2012 etwa 9 Mio. m³.

3.4.3 Grundwassergleichenplan 28.10.2002 Hochwasser

Hohe Rhein- und Grundwasserstände sind im Grundwassergleichenplan vom 28.10.2002 bei einem Kölner Pegel 5,20 m dargestellt, welcher in dieser Untersuchung als Hochwasserzustand gelten soll.

Aufgrund der höheren Rheinwasserstände treten influente Strömungsbedingungen auf. Vom Rheinufer ausgehend, fließt aufgestautes Grundwasser und Rheinfiltrat landeinwärts. Dabei handelt es sich aber um hoch instationäre Strömungszustände, welche sich mit fallenden Rheinwasserständen bereits nach wenigen Tagen wieder umkehren.

Die Brunnen des Wasserwerks Zündorf werden zu diesem Zeitpunkt über steile Gradienten und hohen Fließgeschwindigkeiten rheinseits aus Nordwesten angeströmt. In der Regel dauern diese Strömungszustände nicht lang genug an, als dass Uferfiltrat die Brunnen erreichen könnte. Landseitiges Grundwasser strömt von Osten aus der Wahner Heide sowie von Süden aus Sieg und Agger kommend, auf die Brunnen zu. Die Jahresentnahmemenge betrug in Zündorf 10 Mio. m³. Das Einzugsgebiet umfasst zu diesem Zeitpunkt große Bereiche der Wasserschutzzone. Im Bereich Troisdorf ist das Einzugsgebiet des Wasserwerks Oberlar zu erkennen. Die Förderung betrug damals noch 777.000 m³/a.

3.4.4 Flurabstandsplan vom 24.10.2015 - Niedrigwasser

Mit Hilfe der konstruierten Grundwassergleichenpläne können aus der Differenzenbildung mit dem Digitalen Höhenmodell (DHM) Flurabstände errechnet werden. Maximale Flurabstände ergeben sich bei einem Grundwassergleichenplan zu Niedrigwasserbedingungen. Der in Anlage 20 vorliegenden Flurabstandsplan zeigt hohe Flurabstände für die Niedrigwassersituation vom 24.10.2015. An den Brunnen liegen die Flurabstände zu diesem Zeitpunkt zwischen 11 und 13 m. Berücksichtigt man die Grundwasserschwankungsraten können diese Flurabstände bei steigendem Grundwasserspiegel deutlich geringer werden.

3.4.5 Flurabstandsplan vom 26.10.2012 - Mittelwasser

Mittlere Flurabstände ergeben sich bei einem Grundwassergleichenplan zu Mittelwasserbedingungen. Der in Anlage 20a vorliegenden Flurabstandsplan wurde auf Basis der Mittelwassersituation vom 26.10.2012 erstellt und zeigt damit häufig vorkommende Flurabstände. Sie ergeben sich aus den bisherigen Fördermengen am Wasserwerk Zündorf, sowie den natürlichen Grundwasserschwankungen. Mittlere Flurabstände für die wasserrechtlich beantragte Entnahmemenge sind anhand einer Grundwassermodellsimulation berechnet worden und aus Anlage 43a zu entnehmen.

3.5 Grundwasserneubildung

Als wichtige Dargebotsgröße für das Grundwasser gilt die Grundwasserneubildungsrate durch Niederschlagsversickerung.

Ermittelt wird die Grundwasserneubildung durch die hydrologische Wasserhaushaltsgleichung aus Niederschlag N , Verdunstung V oberirdischen A_o und unterirdischen Abfluss A_u . Wobei der unterirdische Abfluss in den Untergrund und so in das Grundwasser übergeht.

$$N \text{ [mm/a]} = V \text{ [mm/a]} + A_o \text{ [mm/a]} + A_u \text{ [mm/a]}$$

Für das Untersuchungsgebiet existieren mehrere Untersuchungen, welche immer auf Basis der Wasserhaushaltsgleichung beruhen. Abschätzungen wurden im Rahmen eines Gutachtens zur Ermittlung des Randzustrom aus dem Bergischen Land ins rechtsrheinische Köln getroffen (Losen 2014). Berechnungen der Grundwasserneubildungsrate, wurden für die links- und rechtsrheinischen Grundwassermodelle der Rheinenergie mit dem Programm ARCSIWA durchgeführt (Monninkhoff 2014). ArcSiwa berechnet die Grundwasserneubildung aus der Wasserbilanz von Niederschlag und Verdunstung, sowie dem oberirdischen Abfluss. Dazu wird das Speicherungsvermögen des Bodens im Bodenwasserhaushaltmodell berücksichtigt. Verwendet werden bei den Berechnungen deshalb Daten zum Klima (N, V), Geländemodelle, Landnutzung, Versiegelung und Bodenkennwerte der amtlichen Bodenkarten. Dadurch entstehen im Bearbeitungsgebiet eine Vielzahl an Flächen (Hydrotopen), jeweils unterschiedlicher Grundwasserneubildungsraten, zu denen monatliche und jährliche Summenwerte der Untersuchungszeitraums von 1984 bis 2010 berechnet wurden. Daraus ergibt sich für stationäre Betrachtungen in ArcSIWA auch eine Verteilung der langjährigen mittleren Grundwasserneubildung für den Zeitraum von 1984 bis 2010.

Diese Auswertungen werden in den Grundwassermodellen der RheinEnergie als Materialrandbedingung berücksichtigt.

Die Bezirksregierung Köln verweist bei Wasserrechtsanträgen auf die vom LANUV ermittelten Grundwasserneubildungshöhen für das Land NRW. Flächendifferenzierte Rasterdaten der mittleren Grundwasserneubildung nach GROWA (DWD) werden hier für die Bearbeitung wasserwirtschaftlicher Fragestellungen angeboten.

Tab. 3.3: Ermittlung der Grundwasserneubildung Niederterrasse

Methode	mm	l/s km ²	Fläche auf NT in m ²	GW Neubildung m ³ /a
GROWA Mittelwert GWN 61-90 [mm]	194	6,15	92131427	17.917.996
GROWA Mittelwert GWN 79-99 [mm]	211	6,69	92131427	19.477.229
GROWA Mittelwert GWN 81-10 [mm]	190	6,02	92131427	17.482.399
ARCSIWA Mittelwert GWN 84-2010	195	6,18	92131427	18.005.245

Für das Untersuchungsgebiet sind die Grundwasserneubildungsraten aus zwei Bereichen wasserwirtschaftlich relevant (Anlage 21). Einmal ergibt sich auf den Flächen der

rechtsrheinischen Nieder- und Mittelterrassenebene eine mittlere Grundwasserneubildungsrate, welche im Einzugsgebiet der Wasserwerke versickert und das Dargebot dort anreichert. Für die Niederterrasse lassen sich die mit GROWA und ARCSIWA ermittelten Grundwasserneubildungsraten gegenüberstellen (Tab. 3.3). Die Werte unterscheiden sich nur unwesentlich. So liegen die Werte für die Betrachtungszeiträume in GROWA zwischen 190 und 211 mm. In ARCSIWA beträgt der Wert 195mm. Vergleicht man in GROWA den Zeitraum von 1981 bis 2010 mit dem in ARCSIWA berücksichtigten Zeitraum von 1984 bis 2010, so liegen die Werte mit 190 mm zu 195 mm fast gleichauf.

Im Bereich der Wahner Heide beträgt die Neubildung aus Niederschlag nach GROWA für den Betrachtungszeitraum 1981 bis 2010 etwa 223 mm (7,39 l/s km²). In ArcSIWA ist diese Fläche nicht enthalten, so dass keine Vergleichszahlen vorliegen.

3.6 Wasserwirtschaftlich verfügbarer Randzustrom

Tab. 3.4: Gutachterlich ermittelte Randzustrommengen rrh. und Agger

Gutachten Randzustrom Rechtsrheinisch und Randzustrom Agger			
Abschnitt	Mio. m ³ /a	m ³ /a	Abstrombreite in m
15	1,67	1.670.000	464
16	1,88	1.880.000	1.287
17	1,13	1.130.000	1.843
18	0,35	350.000	688
19	1,44	1.440.000	1.896
20	0,04	40.000	461
21	0,32	320.000	1.850
22	0,62	620.000	1.416
23	0,35	250.000	1.105
Gesamt	7,8	<u>7.700.000</u>	<u>11.010</u>
Aggergutachten	1,02	1.020.000	1.063
Randzustrom rechtsrheinisches Köln und Aggerzustrom			
Gesamt	8,82	<u>8.720.000</u>	<u>12.073</u>

Die in der Wahner Heide durch Niederschlagsversickerung und Bachaussickerung neugebildeten Wassermengen stellen, zusammen mit den auf der Aggerterrasse verfügbaren Neubildungsmengen, einen wasserwirtschaftlich relevanten Randzustrom dar, welcher der Niederterrasse zufließt.

Insgesamt fließen 8.360.422 m³/a auf einer Zustrombreite von insgesamt 12.073 m der Niederterrasse zu.

In der Tab. 3.4 sind die mit GROWA berechneten Neubildungsmengen, sowie die geschätzten Aussickerungsmengen des Scheuerbachs, dem gutachterlich berechneten Randzustrom gegenübergestellt. Der Randzustrom ist an definierten Abschnitten aufgeteilt, welche in Anlage 21 zuzuordnen sind. Bei einem berechneten Randzustrom von insgesamt 8.720.000 m³/a ergibt sich zwischen beiden Methoden eine Differenz von lediglich 359.578 m³/a. Zumal dieser Betrag auf Aggerfiltrat, welcher im GROWA Modell nicht erfasst ist, hinweist

3.7 Grundwasserqualität / Potenzielle Gefährdungen im Einzugsgebiet

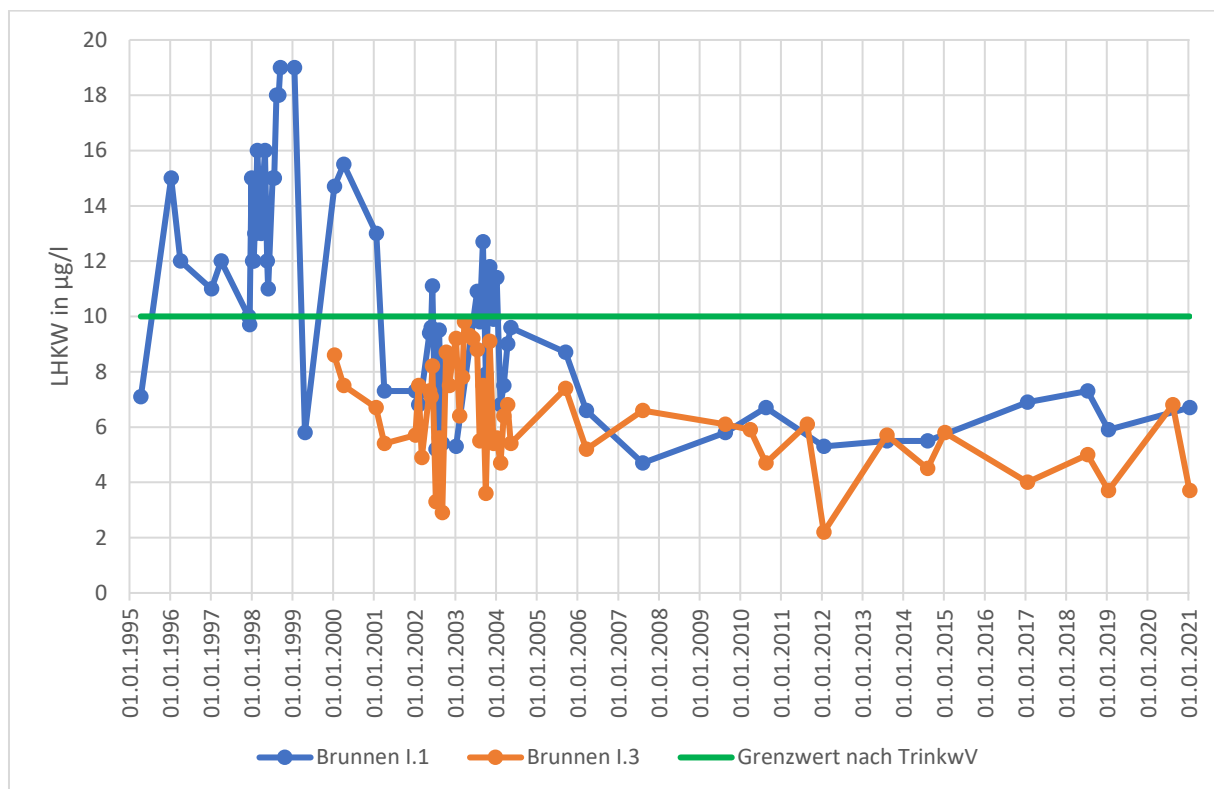


Abb. 3.13: Entwicklung der LHKW-Konzentrationen in den Brunnen I.1 und I.3 seit 1995

Der Anlage 22 sind die bekannten Altlasten, Altstandorte und Grundwassergefährdungen zu entnehmen. Lange Zeit wurde vor allem die Fassung I (Brunnen I.1, I.3 und mit Abstrichen auch I.2) von abströmenden Verunreinigungen des ehemaligen DN-Geländes in Troisdorf negativ beeinträchtigt. Dies war der Grund für die Errichtung einer Aktivkohleaufbereitung. Mit dieser wurde das mit den Brunnen I.1 und I.3 geförderte Wasser gereinigt. Dies waren im Wesentlichen leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW/Lösungsmittel) und Bromacil (Totalherbizid). In den Abb. 3.13 und 3.14 sind die zeitlichen Verläufe für die Lösungsmittel (Abb. 3.15) und Bromacil (Abb. 3.16) dargestellt. Demnach lagen die gemessenen Konzentrationen für beide Parameter spätestens seit 2006 unterhalb der Grenzwerte der Trinkwasserverordnung. Bromacil kann seit 2009 in beiden Brunnen nicht mehr nachgewiesen werden. Dies betrifft aber nicht nur das geförderte Grundwasser.

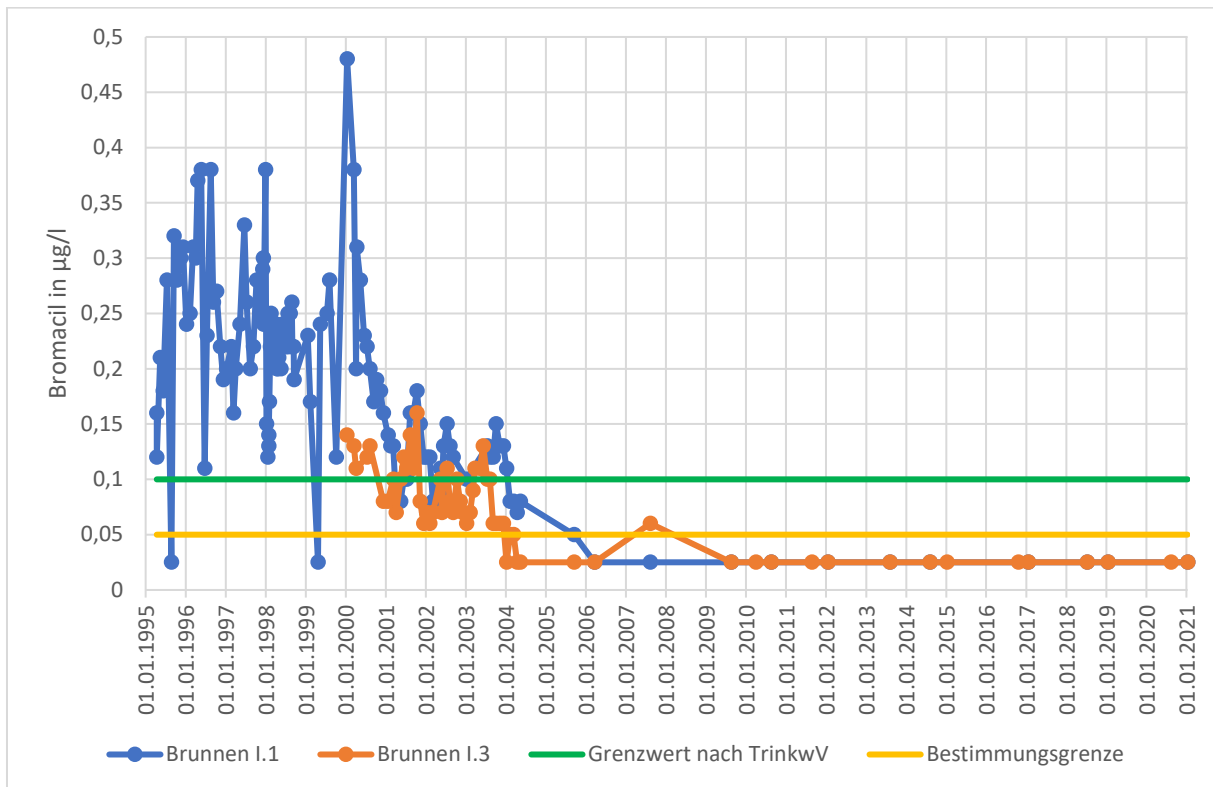


Abb. 3.14: Entwicklung der Bromacil-Konzentrationen in den Brunnen I.1 und I.3 seit 1995

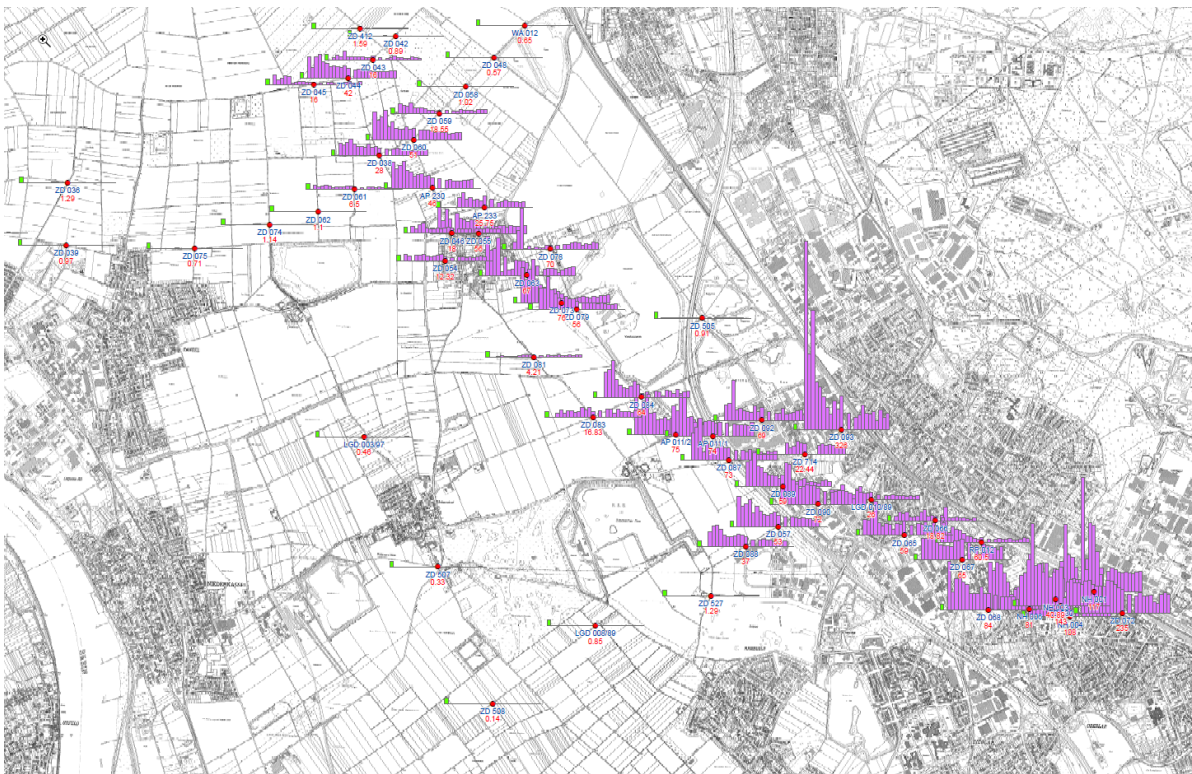


Abb. 3.15: Entwicklung der LKH-Konzentrationen im Zustrom der Zündorfer Brunnen
grüner Balken stellt den TrinkwV-Grenzwert=10 µg/l dar)

Die RE analysiert systematisch die Grundwasserqualität im Zustrom seiner Trinkwassergewinnungsanlagen. Hierdurch erkennt RE langfristige Tendenzen im Grundwasserzustrom. Wie den Abb. 3.15 sowie 3.16 zu entnehmen ist, sinken die Gehalte an LHKW und Bromacil in dem gesamten Zustromgebiet. Auch ist gut zu erkennen, dass diese Substanzen den anderen Fassungen II und III nicht zuströmen. Auch hier wird jährlich untersucht. Die Messwerte liegen aber stets unter den Bestimmungsgrenzen.

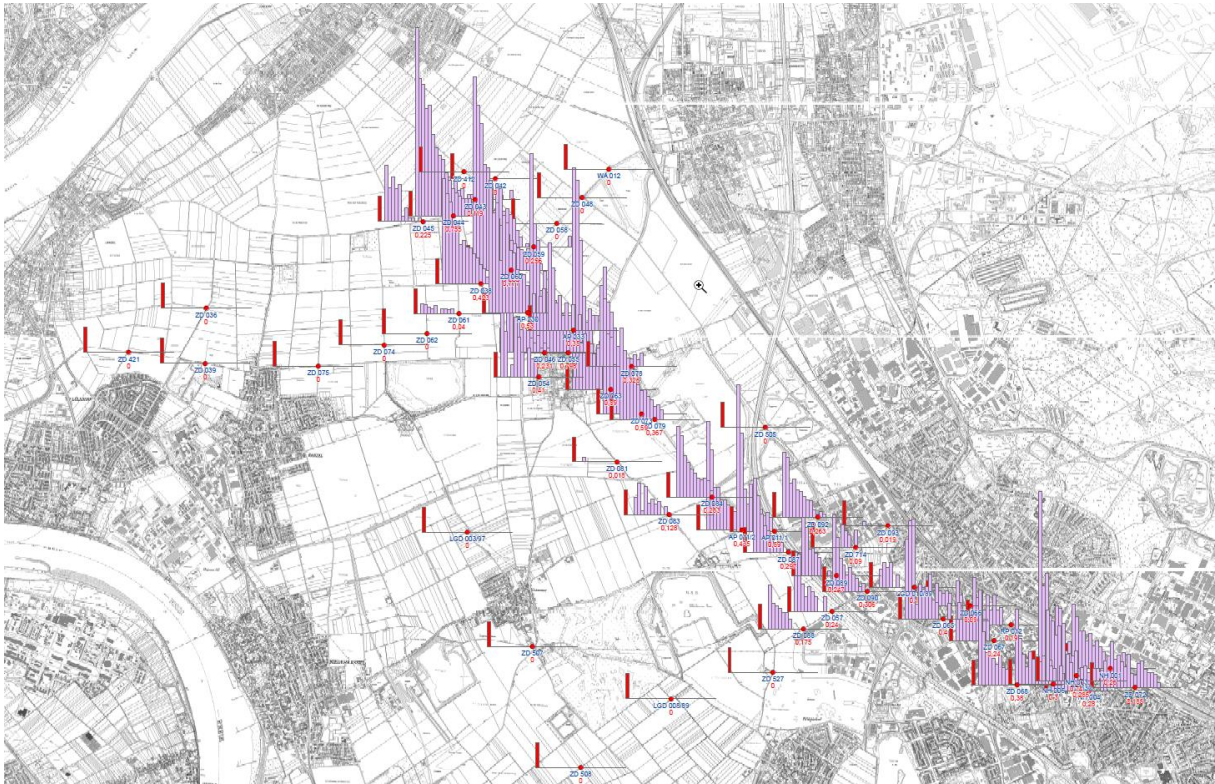


Abb. 3.16: Entwicklung der Bromacil-Konzentrationen im Zustrom der Zündorfer Brunnen. (roter Balken stellt den TrinkwV-Grenzwert=0,1 µg/l dar)

Es wird nicht nur auf LHKW und Bromacil untersucht. Sämtliche Parameter der TrinkwV und darüber hinaus, untersucht die RE regelmäßig im Anstrom seiner Trinkwasserwerke. Lediglich die auffälligen Stoffe werden hier behandelt.

In Abb. 3.17 sind die GWMS dargestellt, welche derzeit mindestens jährlich im Zustrom des Wasserwerkes Zündorf beprobt und analysiert werden. Selbstverständlich wird in diesem Zuge auch auf perfluorierte Tenside (PFT) genauso untersucht wie auf Nitrat. Die Abb. 3.18 und 3.19 zeigen den zeitlichen Verlauf dieser Untersuchungen. PFT ist nur in Spuren im Bereich Spich nachweisbar. In allen anderen GWMS liegen die Konzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze. Anders verhält es sich bei dem Parameter Nitrat. Dieser wird zwar in allen GWMS aber meist mit einem fallenden Trend nachgewiesen.

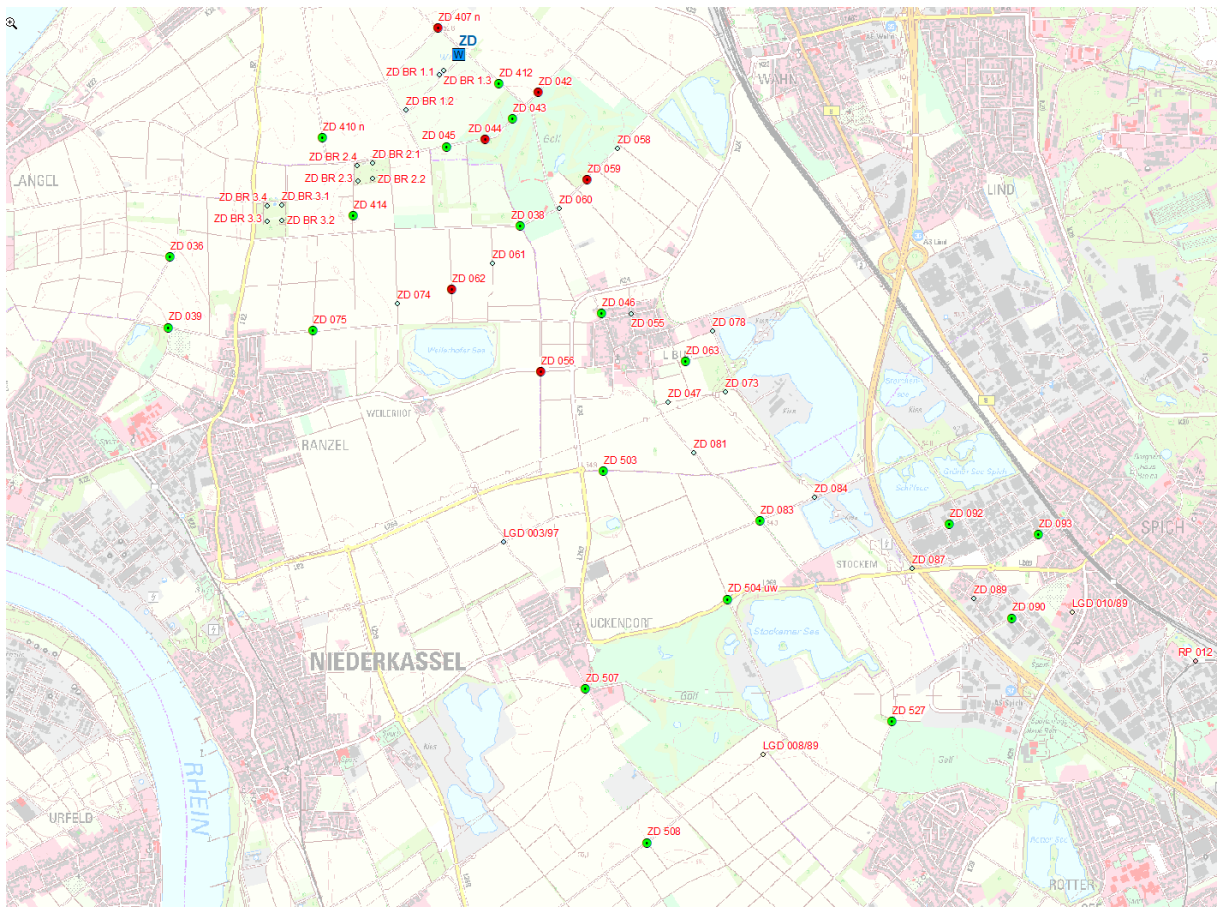


Abb. 3.17: Lageplan der jährlich analysierten GWMS im Zustrom der Zündorfer Brunnen

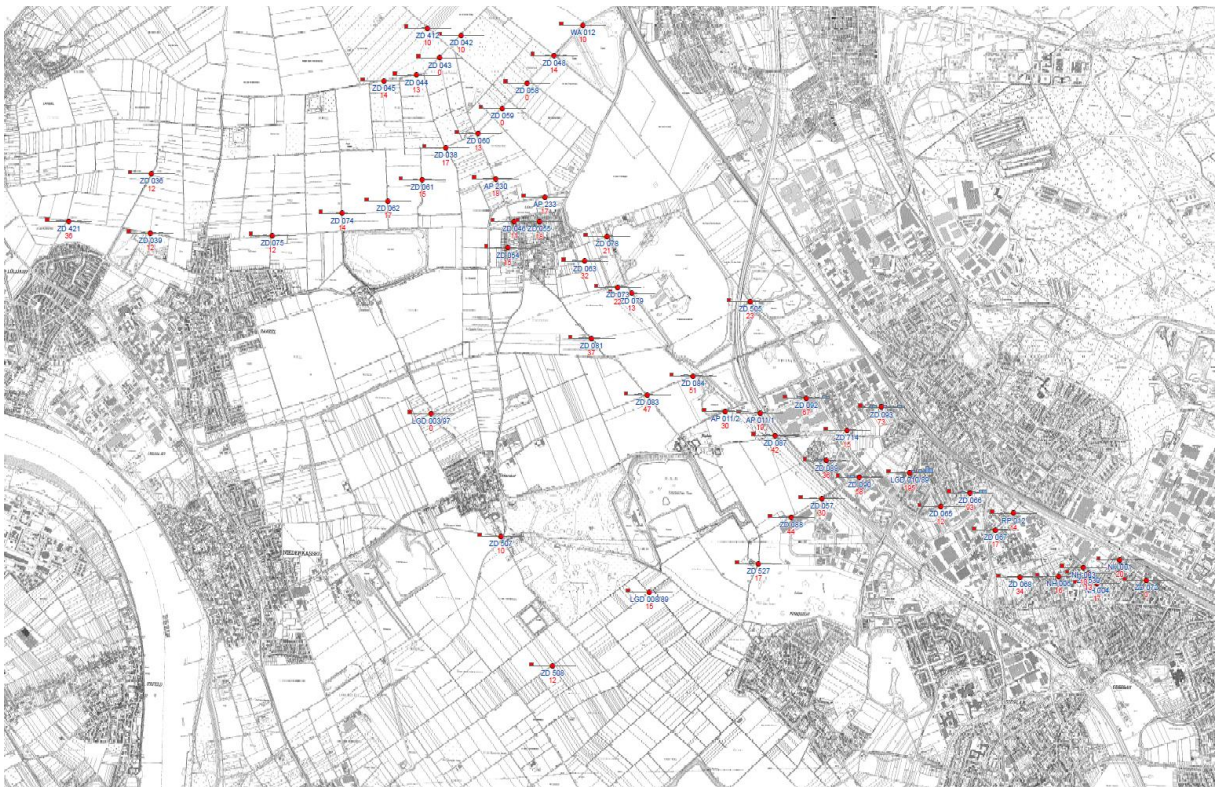


Abb. 3.18: Entwicklung der PFT-Konzentrationen im Zustrom der Zündorfer Brunnen. (roter Balken stellt den TrinkwV-Grenzwert=0,1 µg/l dar)

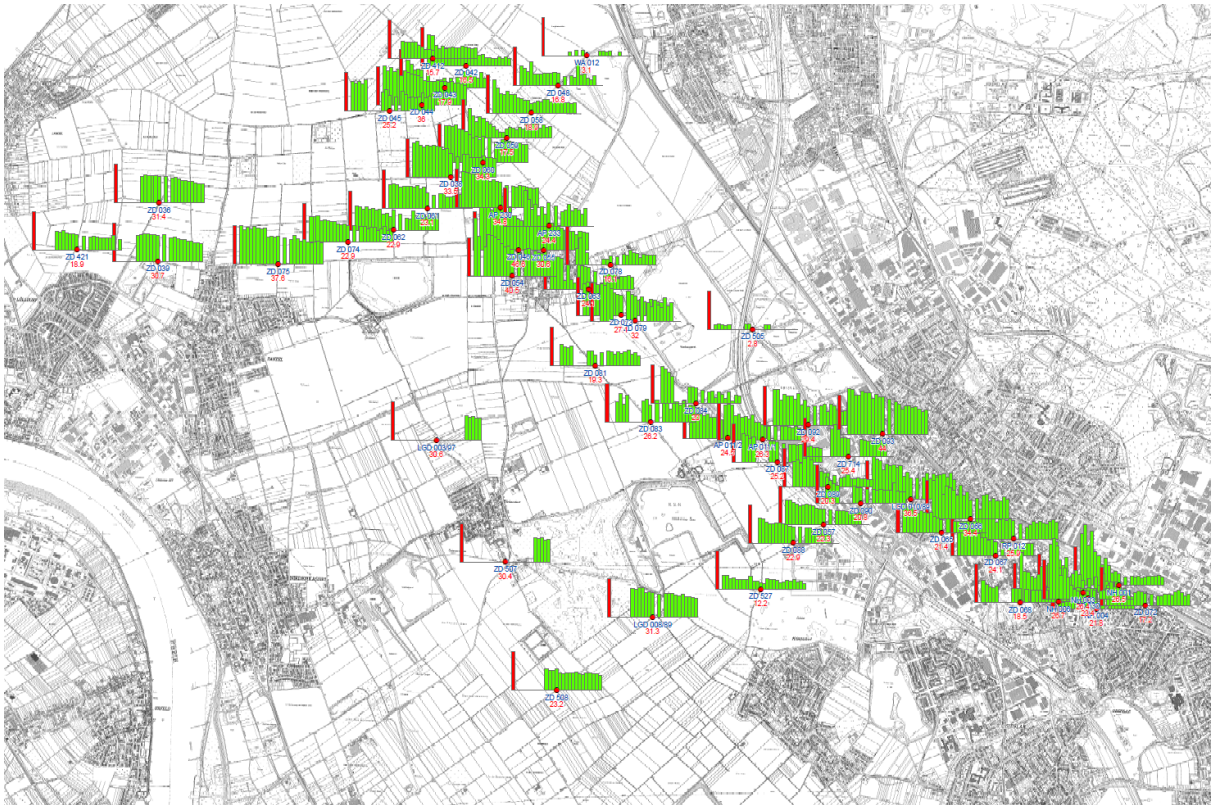


Abb. 3.19: Entwicklung der Nitrat-Konzentrationen im Zustrom der Zündorfer Brunnen. (roter Balken stellt den TrinkwV-Grenzwert=50 mg/l dar)

Der rote Balken stellt den Grenzwert der TrinkwV dar. Man erkennt, dass man zwischenzeitlich flächendeckend unterhalb dieses Wertes liegt. Die Maßnahmen, die mit den Wasserversorgern SW Niederkassel und SW Troisdorf zusammen mit den hier wirtschaftenden Landwirten seit nunmehr über 35 Jahren umgesetzt werden, zeigen entsprechende Erfolge. Wenn bereits die Konzentrationen im Vorfeld des Wasserwerkes in Ordnung sind, verwundert es nicht, dass dies selbstverständlich auch für die Einzelbrunnen gilt. Ausweislich der Analyseergebnisse in Anlage 23 unterschreitet bereits das geförderte Wasser die Grenzwerte der TrinkwV.

Die Ergebnisse aus dem Modellbericht (Kapitel 5) zeigen, dass die Entnahme der beantragten Menge in Höhe von 25 Mio. m³/a dazu führt, dass Wasser in Zukunft aus Bereichen den Brunnen zuströmt, die derzeit noch nicht so intensiv überwacht werden. Eine Ersterfassung zeigte, dass in diesem Gebiet die Gehalte an Hexachlorbutadien (HCBd) höherliegen, als in den anderen Zustromgebieten. HCBd ist eine chemische Verbindung aus der Gruppe der aliphatischen ungesättigten Halogenkohlenwasserstoffe und organischen Chlorverbindungen. Es wird in der EU nicht mehr hergestellt und in Deutschland auch nicht verwendet. Es kann allerdings als Neben- oder Abfallprodukt bei einigen chemischen Produktions- und Verbrennungsprozessen (z. B. bei der Synthese organischer Halogenverbindungen wie

Tetrachlorethen, Trichlorethen oder Tetrachlorkohlenstoff durch Chlorolyse) entstehen und ist aufgrund seines relativ hohen Dampfdrucks in der Umwelt nachweisbar. Im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie als prioritär gefährlich eingestuft, da es auch im Grundwasser (z. B. in der Umgebung von Industrieanlagen) nachweisbar ist.



Abb. 3.20: Entwicklung der HCBd-Konzentrationen im Langeler Bogen.

Nach den Ergebnissen des Europäischen Emissionsinventars stammt der überwiegende Teil der gemeldeten Emissionen aus dem Bereich der organischen Grundstoffchemie. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) gibt für HCBd im Trinkwasser einen Guideline Value von 0,6 µg/l an. Der WHO Guideline Value ist eine Grenze für lebenslangen Konsum ohne gesundheitliche Effekte. Aus diesem Grund werden daher seit Juni 2020 monatlich die HCBd-Konzentrationen an mehreren GWMS aus dem neuen Zustromgebiet zusätzlich ermittelt. Die bisherigen Ergebnisse sind der Abb. 3.20 zu entnehmen. An den meisten GWMS werden sehr konstante HCBd-Konzentrationen ermittelt. Diese liegen zwischen 0,1 und 1,5 µg/l. Dabei werden die hohen Konzentrationen (> 1 µg/l) fast ausschließlich im Bereich Porz-Langel ermittelt. Auffällig sind die GWMS ZD 039 im direkten Abstrom der ehemaligen Sondermüllverbrennung Widdig gelegen und die GWMS ZD 036 im weiteren Abstrom. Die HCBd-Konzentrationen an der GWMS ZD 039 weisen dabei eine große Abhängigkeit vom

Grundwasserspiegel auf. Abb. 3.21 zeigt die Grundwasserstände und die jeweils gemessenen HCBd-Konzentrationen. Durch die Rheinhochwässer im Februar bzw. Juli 2021 steigt nicht nur der Grundwasserspiegel in der GWMS ZD 039 jeweils an, sondern auch die HCBd-Konzentration - um dann sehr schnell wieder abzusinken.

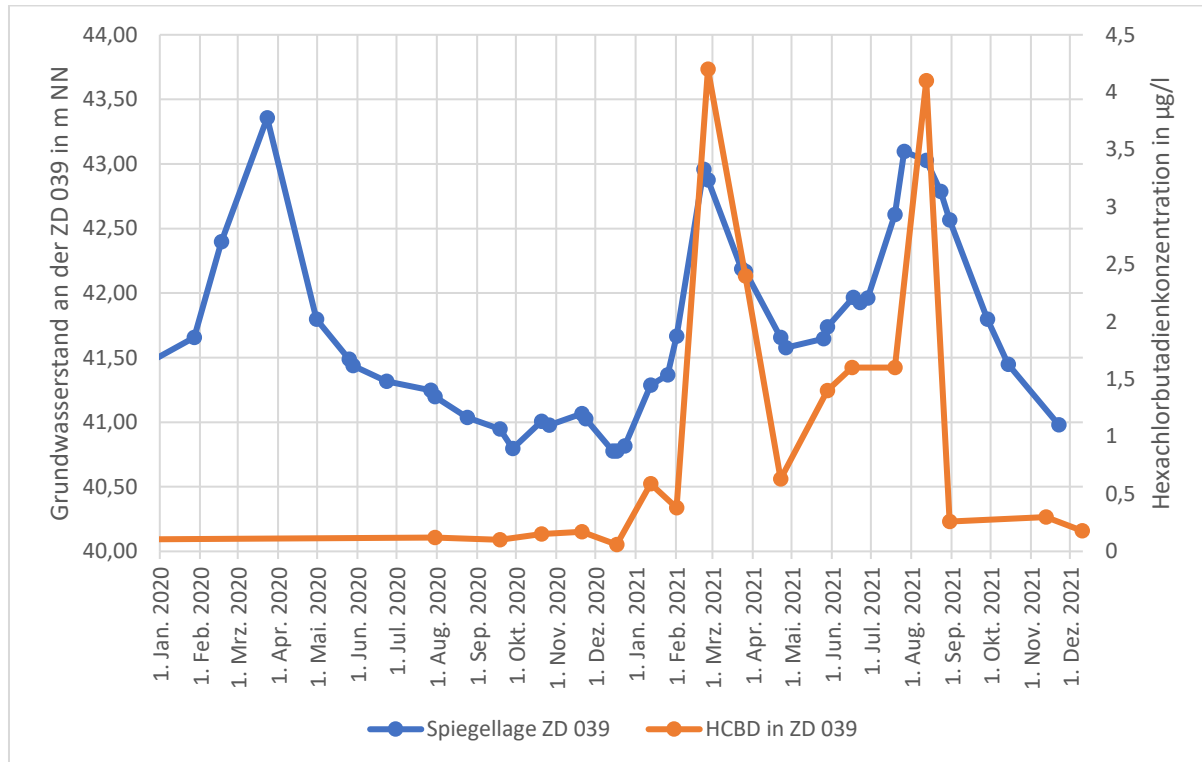


Abb. 3.21: Entwicklung der HCBd-Konzentrationen und des Grundwasserspiegels.

Derzeit ist noch unklar, ob im Bereich des alten Widdig-Geländes bestimmte Bereiche bei höheren Grundwasserständen ausgewaschen werden oder aber, ob sich die Zuströmung zur GWMS ZD 039 durch höhere Grundwasserstände kurzfristig ändert. In diesem Zusammenhang ist aber die GWMS ZD 040 im Anstrom eher unauffällig. Es spricht daher einiges für ein Ausbluten aus dem Widdig-Gelände. Hier ist RE im engen Austausch mit dem Rhein-Sieg-Kreis.

Es ist sehr schwierig im jetzigen Stadium eine Abschätzung über die zu erwartenden HCBd-Konzentrationen in den Förderbrunnen durchzuführen. Eine Abschätzung des Risikos kann aber dennoch durchgeführt werden. Die HCBd-Konzentration aller auch zeitlich gemittelten Analysen der im Langeler Bogen untersuchten GWMS liegt bei 0,61 µg/l. Nach den Modellergebnissen wird erst ab einer Entnahmemenge von ca. 15 Mio. m³/a Wasser aus diesem Gebiet zu den Brunnen strömen. Bei Ausschöpfung des gesamten beantragten Wasserrechtes in Höhe von 25. Mio. m³/a werden in etwa 20 % aus diesem Gebiet gefördert. Bisher kann in keinem Brunnen HCBd nachgewiesen werden. Auch die Vorfelddaten weisen lediglich HCBd-Befunde im weiteren Zustrom der bereits mit einer Aktivkohlefiltration ausgestatteten Fassung I aus (Abb. 3.22). Somit kann bei den anderen 80 % des geförderten

Wassers von einer Konzentration von 0 ausgegangen werden. In der Summe ergibt sich nach Mischungsregel:

$$[(0,61 * 20\%) + (0 * 80\%)] / 100\% = 0,122 \mu\text{g/l}$$

Somit werden die vorgegebenen Grenzwerte ($0,6 \mu\text{g/l}$, s. S. 51) selbst unter Worst-Case-Gesichtspunkten eingehalten. Ungeachtet dessen werden die Erkundungen nach den potenziellen Ursachen/Quellen weiter fortgeführt. Auch werden die GWMS in Zukunft weiter untersucht. So wird sichergestellt, dass negative Veränderungen, die zur Errichtung zusätzlicher Aufbereitungen führen, zeitnah festgestellt werden.



Abb.3.22: Entwicklung der HCBd-Konzentration im Zustrom der Zündorfer Brunnen.

Zusammenfassend ist somit festzustellen, dass die Konzentration altbekannter Schadstoffe (LHKW, Bromacil, Nitrat) in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich sank. Heute kann mit den Brunnen Rohwasser gefördert werden, welches direkt den Grenzwerten der TrinkwV entspricht. Hierzu beigetragen hat sicherlich auch, dass die RE zusammen mit den SW Niederkassel, den SW Troisdorf sowie den hier ansässigen Landwirten einen Arbeitskreis zur Minimierung der Stoffeinträge aus der landwirtschaftlichen Nutzung in das Grundwasser unterstützt. Im Rahmen eines Vorfeldmonitoring wird zusätzlich die Grundwasserqualität im Anstrom der Förderbrunnen bzw. im Abstrom der bekannten Altlastenflächen (vergl. Anlage 22) flächendeckend überwacht. Bei Auffälligkeiten wird hier unmittelbar durch Austausch der

Erkenntnisse mit den Aufsichtsbehörden reagiert. Eine Aktivkohleanlage für die Brunnen I.1 und I.3 wird zusätzlich betrieben. Altstand- und Altlastenstandorte sind bekannt. Neue Schadstoffe wie PFT werden kaum detektiert. Lediglich erhöhte HCB-D-Befunde im Bereich des Langeler Bogens sind neu hinzugekommen. Hier wurde im Juli 2020 mit monatlichen Untersuchungen begonnen. Derzeit kann eine Gefahr auch bei Förderung der beantragten Mengen für die Trinkwassergewinnung ausgeschlossen werden. Eine Mischungsrechnung ergibt, dass dann die Konzentration im Mischrohwasser bei ca. 0,13 µg/l liegen wird. Der einzuhaltende WHO-Guideline-Wert liegt bei 0,6 µg/l und somit weit oberhalb der schlimmstenfalls zu erwartenden Rohwasserkonzentrationen. Ungeachtet der Berechnung wird auch in Zukunft das Umfeld weiter jährlich gemonitort. Somit wird sichergestellt, dass ansteigende Konzentrationen oder aber auch neue Substanzen im Vorfeld des Wasserwerkes zeitnah entdeckt werden, um entsprechende Maßnahmen einzuleiten.

4. Fördermengen und wichtige konkurrierende Wasserentnehmer

Der südliche rechtsrheinische Kölner Raum wird seit Jahrzehnten intensiv wasserwirtschaftlich genutzt. Alle Fassungen bewirtschaften die Kiese und Sande der quartären Niederterrasse durch Förderung von Grundwasser, Rheinuferfiltrat oder Sieg- und Aggerinfiltrat (Anlage 24). Das Grundwasser tieferer Stockwerke wird nicht genutzt.

Das Wasserwerk Zündorf wurde als Ersatz für das Wasserwerk Wahn errichtet und ging ab 1978 mit der Fassung I in Betrieb. Mit dem Ausbau des Wasserwerks durch die Fassungen II und III bis Mitte der achtziger Jahre wurde die Förderung am alten Standort Wahn im gleichen Zeitraum heruntergefahren und nach 1990 eingestellt.

Wegen eines Gewässerschadens wurde in Zündorf ab 1987 verstärkt an den Brunnen der Fassung I Grundwasser gefördert. Dieses Wasser wurde als Sanierungswasser über einen Kanal in den Rhein ohne Aufbereitung abgeleitet. Daneben wurde in Zündorf an den Fassungen II und III weiterhin Grundwasser zur Trinkwassergewinnung gefördert. Nachdem die Aktivkohleaufbereitung in Zündorf eingerichtet wurde, konnten seit dem Jahr 2000 auch die Wassermengen der Fassung I -nach Aufbereitung- als Trinkwasser genutzt werden. Durch die Außerbetriebnahme des Wasserwerks Westhoven wird seit 2019 die Förderung in Zündorf bereits deutlich erhöht. Der Wegfall wird von Dauer sein, da im Rahmen eines Optimierungsprozesses der Standort Westhoven als Gewinnungsanlage aufgegeben wird. Die ausfallenden Fördermengen müssen durch eine Erhöhung der Förderung im Wasserwerk Zündorf aufgefangen werden, weshalb die Erweiterung des Wasserrechts von bisher 17 Mio. m³/a auf 25 Mio. m³/a notwendig wird (Abb. 4.1).

Das Einzugsgebiet des Wasserwerks Zündorf grenzt an Einzugsgebiete anderer Brunnenbetreiber, wodurch gegenseitige Beeinflussungen möglich sind. Das modelltechnisch

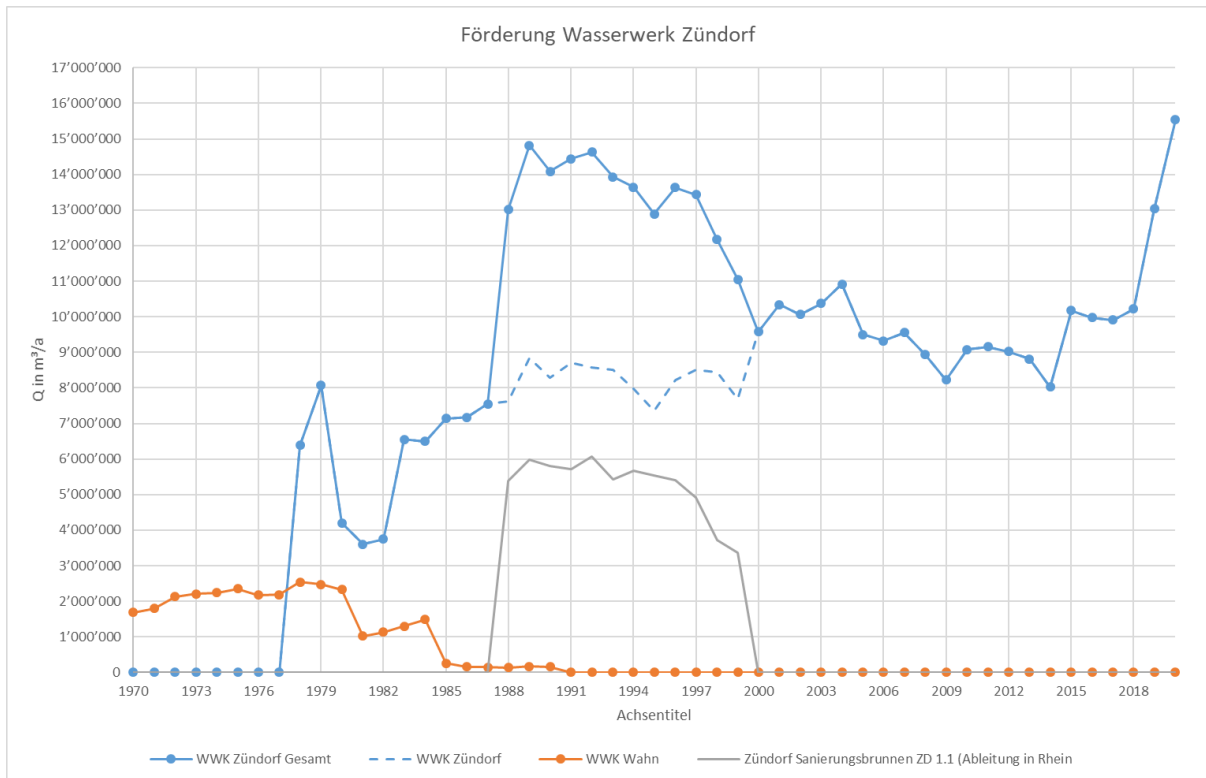


Abb. 4.1: Fördermengen der Wasserwerke Zündorf und Wahn

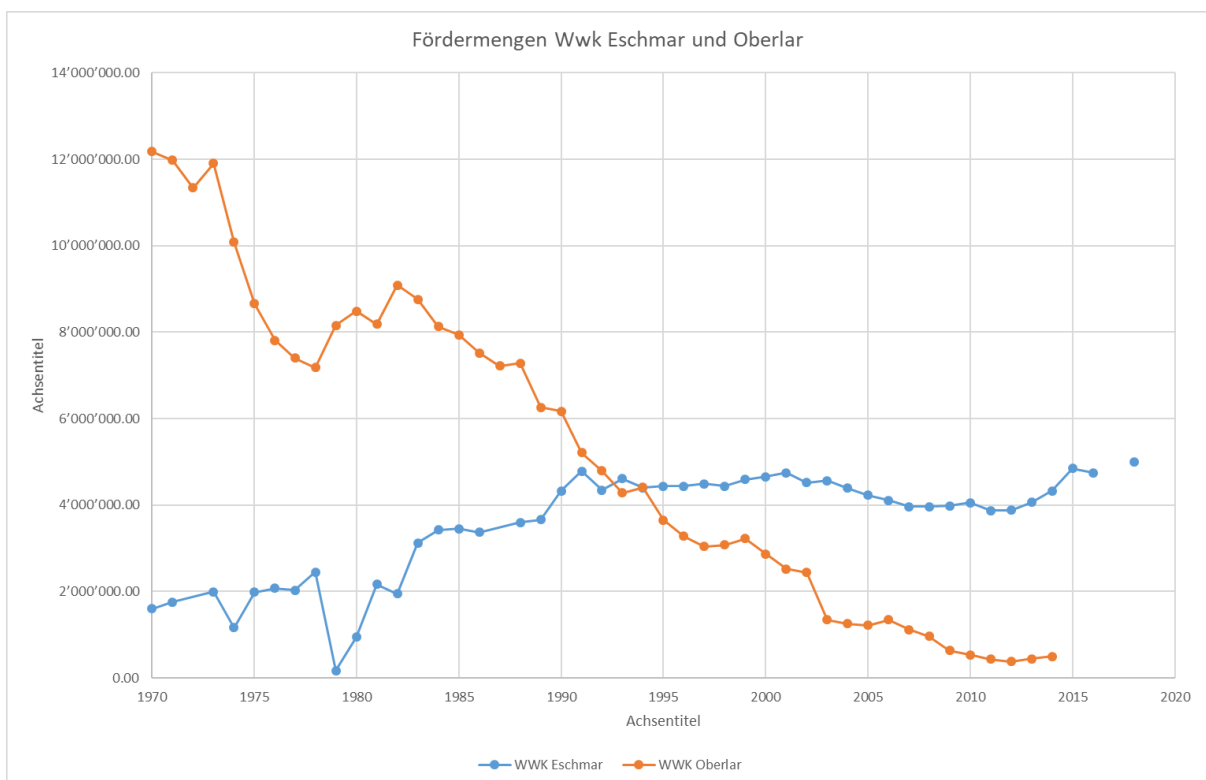


Abb. 4.2: Fördermengen der Wasserwerke Eschmar und Oberlar

ermittelte Einzugsgebiet ist in Kapitel 5.5.2.1 detailliert beschrieben. Bei 25 Mio. m³ Jahresfördermenge ist es etwas größer als die ausgewiesene Wasserschutzzone. Ab RKM

674,6 verläuft die nördliche Einzugsgebietsgrenze in West- Ost Richtung zur Wahner Heide hin. Die westliche Einzugsgebietsgrenze von Zündorf reicht in die Schutzzone der Stadtwerke Niederkassel hinein. Deren Brunneneinzugsgebiet füllt selbst bei maximaler Entnahmemenge die zugehörige Wasserschutzzone nicht aus. Nach Süden reicht das Einzugsgebiet von Zündorf bis zur Sieg und umrahmt das Einzugsgebiet des Wasserwerks Eschmar. Seitdem das Wasserwerk Oberlar nicht mehr betrieben wird, fließt von Osten kommend aus dem Bereich von Troisdorf auch über die Agger Grundwasser und Infiltrat auf Zündorf zu.

Das Wasserwerk Eschmar fördert Grundwasser sowie Sieginfiltrat. Es besteht ein Wasserrecht von 6 Mio. m³/a, wobei die tatsächlichen Fördermengen in den letzten Jahren zwischen 4 bis 5 Mio. m³/a liegen (Abb. 4.2). Weil das Wasserrecht zu 70 - 80% genutzt wird, füllt das Einzugsgebiet der Brunnen die ausgewiesenen Wasserschutzzone weitgehend aus.

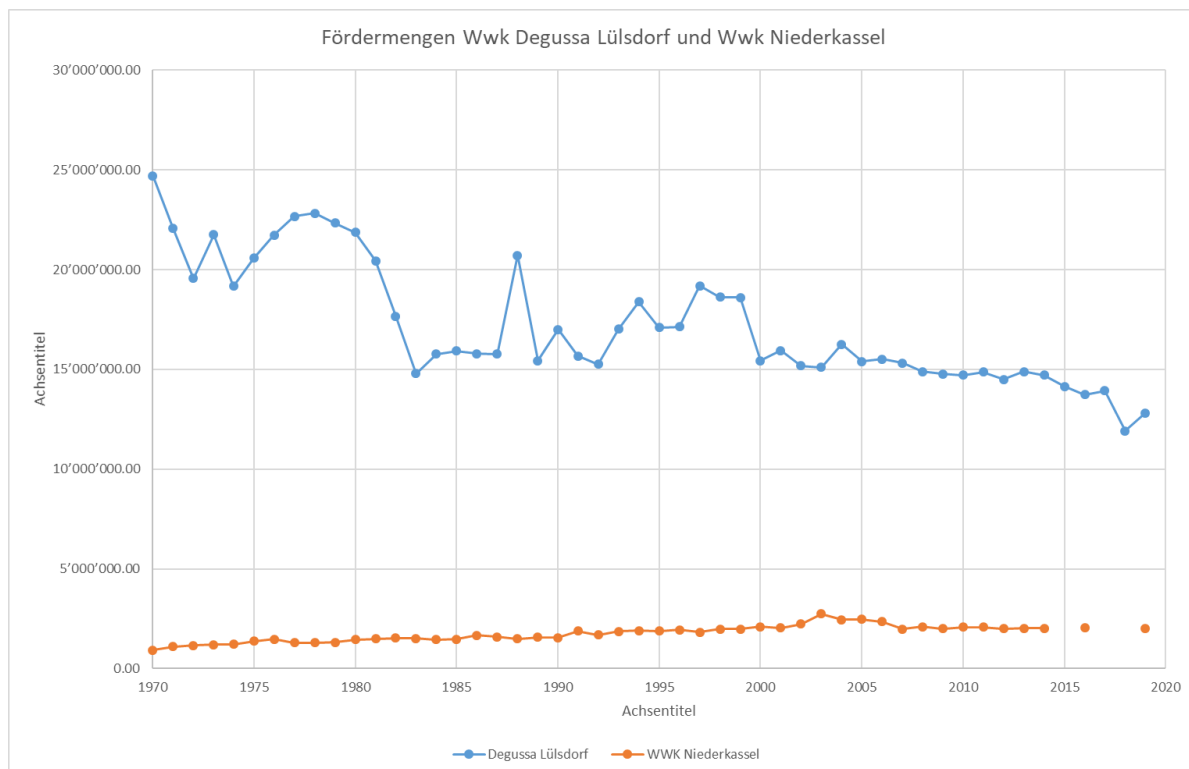


Abb. 4.3: Fördermengen der Wasserwerke der Degussa Lülldorf und SW Niederkassel

Das Wasserwerk Oberlar war eine Fassungsanlage zur Betriebswassergewinnung für das von Dynamit Nobel (später HT-Troplast) inzwischen aufgegebene Werksgelände. Es bestand ein Wasserrecht von 8 Mio. m³/a. Am Wasserwerk Oberlar sind ab 1984 permanent fallende Fördermengen dokumentiert, welche ausgehend von einstmals 8 Mio. m³ im Jahr 1984 bis auf wenige hunderttausend Kubikmeter im Jahr 2014 zurückgingen (Abb. 4.2). Seit 2015 findet keine Förderung am Standort mehr statt. Die zugehörigen Wasserschutzzonen gelten schon seit 1992 nicht mehr. Das geförderte Wasser aus Grundwasser sowie Sieg und Aggerinfiltrat

stammt aus dem Raum Troisdorf. Seit der Außerbetriebnahme fließt das Wasser in die Schutzzone IIIB des Wasserwerks Zündorf und erhöht dort das natürliche Dargebot.

Westlich und südwestlich der Schutzzone von Zündorf liegen die Fassungen der Wasserwerke Niederkassel und der Degussa Lülsdorf. Das Einzugsgebiet der Brunnen vom Wasserwerk Niederkassel liegt oberstromig zu den Brunnen der Degussa, wodurch beide Einzugsgebiete ineinander übergehen. Das Wasserrecht der Degussa beträgt 18 Mio. m³/a. Hier wird bei durchschnittlichen Fördermengen von ca. 14 Mio. m³/a Rheinuferfiltrat und Grundwasser mit Sieginfiltrat gefördert (Abb. 4.3).

Für das Wasserwerk Niederkassel liegt eine wasserrechtliche Genehmigung zur Förderung von 3 Mio. m³/a vor. Gefördert werden in den letzten Jahren etwa 2 Mio. m³/a (Abb. 4.3). Es liegt eine ausgewiesene Wasserschutzzone vor.

Hydraulisch bedingt grenzen die Einzugsgebiete der Fassungen in Zündorf, Niederkassel und der Degussa meist direkt aneinander. Je nach aktueller Fördermenge und Rheinwasserständen, können die Einzugsgebiete temporär auch in die benachbarten Wasserschutzzonen hineinreichen. Dies ist in den Grundwassergleichenplänen erkennbar (s. Anlagen 17, 18 und 19).

Tab. 4.1: Übersicht der Wasserrechte im Wasserwirtschaftsraum Langer Bogen

Anlage	Betreiber	Entnahmemenge nach Wasserrecht m ³ /a	Entnahmemenge nach Wasserrecht m ³ /a (neu)
WWk Eschmar	Stadtwerke Troisdorf	6.000.000	6.000.000
WWK Oberlar (nicht mehr existent)	ehem. HT Troplast	8.000.000	0
WWK Niederkassel	Stadtwerke Niederkassel	3.000.000	3.000.000
WWk Zündorf	Rheinenergie	17.000.000	25.000.000
Degussa Werk Lülsdorf	EVONIK Industries	18.000.000	18.000.000
Gesamtsumme		52.000.000	52.000.000

Eine Beeinträchtigung der konkurrierenden Wasserrechte ist durch das neu beantragte Wasserrecht für das Wasserwerk Zündorf nicht zu befürchten, da im Untersuchungsgebiet die wegfallende Förderung vom Wasserwerk Oberlar, mengenmäßig von Zündorf übernommen wird (Tab. 4.1).

Neben den großen benachbarten Entnehmern gibt es innerhalb des modelltechnisch prognostizierten zukünftigen Einzugsgebiets von Zündorf zahlreiche kleinere Wasserrechte (s. Anlage 24). Diese sind meist kleine Anlagen zur Entnahme und Wiedereinleitung von

Grundwasser als Beregnungswasser oder zur Kieswäsche mit Wiedereinleitung. Zusätzlich kommen noch Anlagen der Geothermie dazu. Da es sich um Förderung und Wiedereinleitung bzw. nur um thermische Nutzung handelt, haben alle diese Anlagen wasserwirtschaftlich keine mengenmäßige Bedeutung.

Wasserechte zur Sanierung und Bauwasserhaltung, mit einer ausschließlichen Entnahme von Grundwasser, sind temporär befristet. Wasserechte für Brauchwasserversorgungen von Betrieben haben im gesamten Einzugsgebiet nur eine Gesamtmenge von 31.000 m³/a und können für Grundwassermodellsimulationen vernachlässigt werden.

5. Ermittlung des Grundwasserdargebots -Grundwassermodell-bericht-

5.1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die RE beantragt für das Wasserwerk Zündorf ein Wasserrecht mit einer Jahresfördermenge von 25 Mio. m³. Damit wird die bisher erlaubte Jahresfördermenge von 17 Mio. m³ deutlich erhöht. Weil in der Vergangenheit diese Menge noch nie gefördert wurde, sind mit den bisherigen hydrogeologischen Grundlagendaten die Auswirkungen für das begehrte Wasserrecht nicht dokumentiert.

Deshalb wird mit einer Grundwassermodellsimulation das zukünftige Einzugsgebiet und die zu erwartenden Absenkungen berechnet und eine Bilanzierung des genutzten Dargebots erstellt.

Im Weiteren sollen die resultierenden Absenkungen durch den Förderbetrieb nach beantragtem Wasserrecht ermittelt werden. Danach sind die berechneten Wasserspiegel bei einer Förderung von 25 Mio. m³ mit einer Modellsimulation ohne Förderbetrieb zu verrechnen. Diese Ergebnisse werden im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsprüfung zur Abschätzung der Auswirkungen des Förderbetriebs auf Flora und Fauna weiterverwendet.

5.2 Grundwassermodell

Die RE verfügt über ein großräumiges rechtsrheinisches Gesamtmodell, welches das Untersuchungsgebiet für das Wasserwerk Zündorf komplett enthält.

Dieses Grundwassermodell wurde zunächst als Daten reproduzierendes Simulationsmodell für den Zeitraum Oktober 1984 bis Oktober 2004 aufgebaut und geeicht. Nach entsprechender Modifikation der Modellrandbedingungen entstand ein stationäres Grundwassermodell zur Simulation des beantragten Wasserrechts.

Das Grundwassermodell basiert auf der Modellierungssoftware FEFLOW der Firma DHI WASY und verwendet als mathematisches Lösungsverfahren die Methode der Finite

Elemente. Eine Beschreibung der numerischen Berechnungsgrundlagen kann aus der Fachliteratur entnommen werden und ist nicht Gegenstand des Berichts.

Berechnet wird die 2-dimensionale horizontale Grundwasserströmung des quartären Aquifers, welcher aus den Kiesen und Sanden der Nieder- und Mittelterrasse des Rheins besteht. Der simulierte Grundwasserleiter wird durch ein Modellnetz aus Dreiecken räumlich diskretisiert.

5.3 Modellgebiet

Das Modellgebiet reicht von Stammheim im Norden bis zur Siegmündung im Süden und beinhaltet somit große Teile des rechtsrheinischen Kölner Stadtgebiets (Anlage 25). Die Flächengröße beträgt ca. 197 km². Der Rhein bildet als Vorfluter die westliche Grenze. Im Osten reicht das Modell bis zur Haupttrandverwerfung, die das Rheintal vom Bergischen Land trennt. Der nördliche Modellrand verläuft von Stammheim bis nach Höhenhaus. Der südliche Modellrand liegt an den Flüssen Sieg und Agger. Für die numerische Berechnung wird ein Modellnetz generiert, welches alle hydrologisch relevanten Strukturen (Brunnenstandorte, Gewässer etc.) berücksichtigt. Das Modellnetz (Anlage 26) besteht aus insgesamt 10.138 Knoten und 19.818 Elementen. An den Knoten, welche die verbindenden Eckpunkte der Dreiecke darstellen, werden Grundwasserstände und Filtergeschwindigkeiten errechnet. Die Dreiecksflächen stellen die Elemente dar und beinhalten die zur Berechnung notwendigen Materialparameter und Eigenschaften des Grundwasserleiters.

Obwohl das gesamte Modell mit entsprechend angepassten Daten für die Simulation des Wasserrechts besetzt ist, wird bei der Dokumentation der Ergebnisse vor allem das südliche Modellgebiet dargestellt.

5.4 Modellrandbedingungen

Für die stationäre Modellsimulation gelten zeitlich unveränderliche Randbedingungen. Bei wasserwirtschaftlichen Betrachtungen werden langjährige Mittelwerte verwendet, um realistische Abschätzungen der Auswirkungen von Grundwasserförderungen zu untersuchen. Die Vorfluter sind durch mittlere Wasserstände gekennzeichnet. Der Randzustrom besteht aus einem mittleren spezifischen Zufluss m³/d ins Modellgebiet. Grundwasserneubildungsraten und Bachaussickerungen sind durch langjährige, mittlere Sickerraten berücksichtigt.

Alle weiteren Modellparameter zur Aquifergeometrie sowie seiner Materialeigenschaften bleiben unverändert. Verändert werden in den jeweiligen Simulationsvarianten nur die Förderraten an den Brunnen.

Die im Grundwassermodell berücksichtigten Randbedingungen können der Anlage 27 entnommen werden. Verwendet werden im Modell Mengenflüsse als Randbedingung 2. Art („Neumann“). Es sind bekannte Zu- oder Abflüsse an den Modellrändern. Eine Sonderform

stellt dabei die Stromlinienrandbedingung dar. Sie ist dadurch definiert, dass entlang dieser Linie keine Zu- und Abflüsse ins Modellgebiet zugelassen sind. Eine solche Randbedingung liegt am nördlichen Modellrand im Übergangsbereich nach Leverkusen vor.

Leakage Bedingungen sind Randbedingungen 3. Art („Cauchy“). In diesem Modell sind es die Vorfluterrandbedingungen von Rhein, Sieg und Agger, welche sich durch vorgegebene Potentialhöhen und den Durchlässigkeiten der Gewässersohle sowie deren Mächtigkeiten als Transferfaktoren berechnen. Die Transferfaktoren müssen in der Regel durch die Modelleichung oder Annahmen ermittelt werden.

Entnahmen und Versickerungen sind Randbedingungen 4. Art und stellen innere Modellrandbedingungen dar. Die Fördermengen werden auf Modellknoten, welche Brunnenstandorte repräsentieren, zugewiesen.

5.4.1 Leakagerandbedingungen Vorfluter

Im Modell sind die drei großen Vorfluter Rhein, Sieg und Agger berücksichtigt, welche ineinander münden und sich bezüglich der Pegelstände beeinflussen.

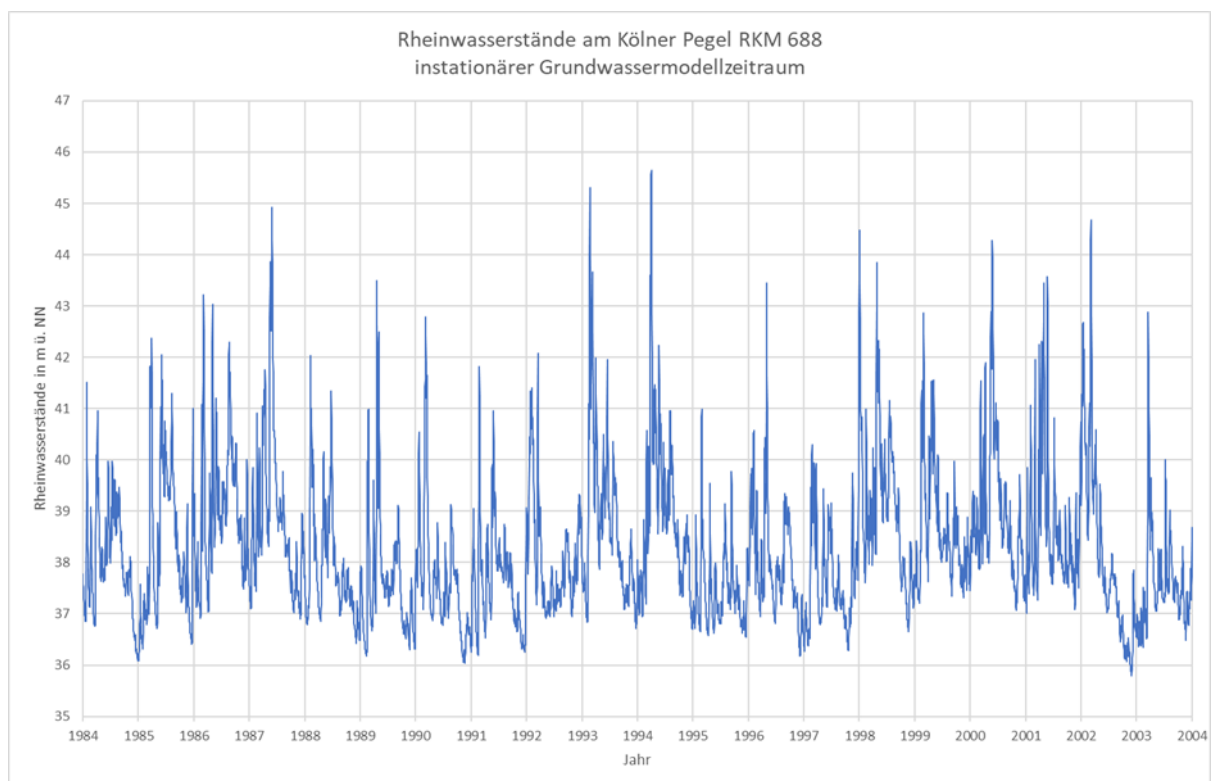


Abb. 5a: Rheinwasserstände im Modellzeitraum

Berechnet man die Jahresmittelwerte der Rheinwasserstände am Kölner Pegel, ergeben sich im Zeitraum 1984 bis 2005 Schwankungen zwischen 2,34 m und 4,13 m. Das langjährige Mittel beträgt 3,11 m. Im Grundwassermodell sind Rheinwasserstände auf Basis eines Kölner Pegels von 3,03 m als Randbedingung verwendet worden. Diese Pegelstände repräsentieren

somit langjährige Mittelwasserstände des Rheins. Der Verlauf der Rheinwasserstände für den instationären Modellzeitraum von 1984 bis 2004 ist aus Abb. 5a zu entnehmen.

Passend dazu wurde für die Sieg ein Wasserstand von 0,63 m Mendener Pegel gewählt. Dieser liegt ebenfalls im langjährigen Schwankungsbereich der Mittelwasserstände von 0,43 m – 0,95 m im Zeitraum 1984 – 2005. Der Mittelwert für diesen Zeitraum beträgt 0,74 m. Die Wasserstände der Sieg ergeben sich aus dem Pegel Menden und dem mittleren Fließgefälle der Sieg von 0,6 ‰ bis zur Siegmündung in den Rhein bei RKM 659,2. Der Verlauf der Siegwasserstände am Pegel Menden ist für den instationären Modellzeitraum von 1984 bis 2004 in Abb. 5b dargestellt.

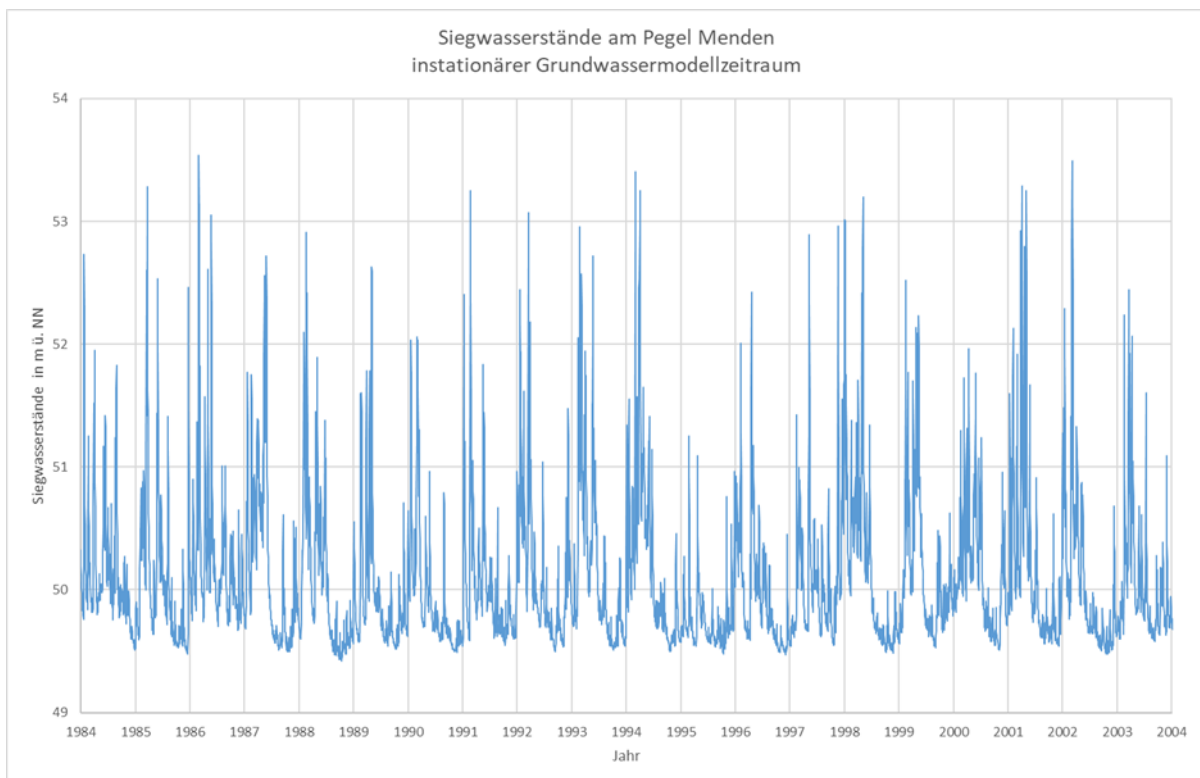


Abb. 5b: Siegwasserstände im Modellzeitraum

Die Wasserstände der Agger beziehen sich auf den Pegel Lohmar und dem mittleren Fließgefälle bis zur Aggermündung. Sie werden vom Mündungspunkt bis zum Modellrand entsprechend extrapoliert.

Die Leakagerandbedingung setzt sich neben den Vorfluterwasserständen, als auch aus den Transferfaktoren zusammen. Die Transferfaktoren (Anlage 28) lassen sich durch Feldversuche nur schwer bestimmen. Im Modell werden sie im Rahmen der Kalibrierung bestimmt. Definiert sind die Transferfaktoren T (1/d) als Quotient aus Gewässersohlendurchlässigkeit k_f (m/s) und der Mächtigkeit (m) der Gewässersohle (Gleichung 1).

$$\text{Gl. 1} \quad T = \frac{k_f}{m} [1/d] \cdot 10^{-4}$$

Für den Rhein sind Transferfaktoren von mindestens $5.000 [1/d] \cdot 10^{-4}$ anzunehmen, dies entspricht einer Leakagerate von $5,8 \cdot 10^{-6}$ bis $1,16 \cdot 10^{-5} [1/s]$. Seit den achtziger Jahren ist von einer weitgehenden Durchlässigkeit der Rheinsohle auszugehen.

Die Transferfaktoren der Sieg sind im unteren Flussverlauf bereichsweise instationär. Bei höheren Siegwasserständen sind an diesen Stellen höhere Transferfaktoren wirksam als bei Niedrigwasserständen. Dann kann es sogar dazu kommen, dass die Grundwasserstände unterhalb der Siegsohle fallen. Bei Mittelwasser ist aber von einem kompletten Anschluss der Sieg an das Grundwasser auszugehen. Die Transferfaktoren liegen dann zwischen 100 und $8.000 [1/d] \cdot 10^{-4}$ und die Leakagefaktoren zwischen $1 \cdot 10^{-7}$ bis $9 \cdot 10^{-6} [1/s]$.

Auch die Agger steht durch Aussickerung von Flusswasser mit dem Aquifer in Verbindung. Der Transferfaktor beträgt hier zwischen 10 und $1.000 [1/d] \cdot 10^{-4}$ und die Leakagefaktoren zwischen $1 \cdot 10^{-8}$ bis $1 \cdot 10^{-6} [1/s]$.

5.4.2 Randzustrom Mengenflüsse (Randbedingung 2. Art Neumann)

Der östliche Modellrand ist ursprünglich entlang von regelmäßig gemessenen Grundwassermessstellen, sogenannten Randpegeln durch interpolierte Festpotentiale, als Randbedingung definiert. Für die erforderliche Modellsimulation können Festpotentiale nicht verwendet werden, da nur ein mittlerer Randzustrom wasserwirtschaftlich zur Verfügung steht. Bei dem zu untersuchenden Wasserrechtsfall muss davon ausgegangen werden, dass eine Beeinträchtigung der Grundwasserstände am Modellrand möglich ist. Festpotentiale würden bei einer solchen Simulation den Zufluss beliebig erhöhen, welcher aber hydrologisch nicht zur Verfügung steht und somit ungültig ist.

Damit bei Veränderungen der Fördermengen im Modellgebiet auch die Schwankung der Grundwasserhöhen am Modellrand berechnet werden können, wurde deshalb ein mittlerer Randzustrom als spezifischer Zufluss $q [m^2/s]$ bzw. $[m^2/d]$ auf die Modellknoten übertragen. Es liegt somit eine Randbedingung 2. Art (Neumann) vor. Ermittelt wurden die Randzuflüsse durch zwei hydrogeologische Gutachten [Losen, 2011 u. 2014] auf Basis bilanzierter Abflussquerschnitte. Für den gesamten Modellrand ergibt sich in beiden Gutachten ein Zustrom von 26,17 Mio. m^3/a aus den Randhöhen des Bergischen Landes. Die für das wasserrechtliche Untersuchungsgebiet relevanten Abflussquerschnitte sind in Anlage 21 dargestellt. Es handelt sich im Wesentlichen um den Abfluss aus dem Bereich der Wahner Heide. Die gutachterlich ermittelten Abflussmengen sowie die aus der Wasserbilanz bestimmten Zuströme, müssen auf das Modell angepasst werden. Ein Teil des Zustroms fließt nicht direkt in das Einzugsgebiet vom Wasserwerk Zündorf, da es über den Linder Sprung

nach Norden abgelenkt wird und dadurch in das Einzugsgebiet des Wasserwerks Leidenhausen gelangt. Der modelltechnisch durch Eichung verwendete Randzustrom beträgt für eine Breite von 12 km bis zur Agger etwa 8,58 Mio. m³/a (Tab 5.1 / 3.2). Der gutachterlich bestimmte Randzustrom für diesen Bereich liegt bei 8,72 Mio. m³/a. Aus der Wasserbilanz mit GROWA Daten ergibt sich ein Randzustrom von 8,36 Mio. m³/a. Damit orientiert sich der modelltechnische Randzustrom mengenmäßig zwischen den gutachterlichen und durch GROWA ermittelten Randzuströmen.

Tab. 5.1: Auszug aus Randzustrom auf Grundwassermodell

Randzustrom im Grundwassermodell		
Bereich	m ³ /d	m ³ /a
südl. Telegraphenberg	4.319	1.576.399
Bereich Linder Sprung bis EZG Leidenhausen	18.359	6.701.035
Aggerterrasse	835	304.775
Gesamtabfluss Randzustrom Modell	23.513	8.582.209
Abstrombreite in m		12.073

Ein Vergleich der gemessenen mittleren Grundwasserstände der Modellrandpegel mit den berechneten Grundwasserständen aus der Zustrom Randbedingung, lässt eine qualitative Bewertung zu. Dargestellt sind in (Abb. 5.1 Grundwasserstände der Modellrandpegel) die Minimal- und Maximalwerte sowie die Mittelwerte der langjährigen Grundwasserstandsmessungen. Insgesamt liegen die berechneten Grundwasserstände der Randpegel, bei Mittelwasserbedingungen und durchschnittlichen Entnahmemengen, im Bereich der gemessenen Minimal- und Maximalwerte. In den meisten Fällen sogar in guter Übereinstimmung mit den mittleren Gemessenen Grundwasserständen. Abweichungen von den mittleren Grundwasserständen sind an den GWMS AP 108_3 bis ZD 534 zu erkennen. Dies liegt am Wegfall der Förderung in Oberlar, wodurch die Grundwasserstände allgemein höher als die Mittelwasserstände liegen. Die Unterschiede an den GWMS KL 008 und KL 003 liegen im Bereich des Linder Sprungs und resultieren aus der hydrogeologischen Komplexität des Gebiets. Im Norden schließt sich das südliche Einzugsgebiet des Wasserwerks Leidenhausen (GWMS KW 002 bis LH 048) an. Die hier berechneten Wasserstände sind niedriger als die gemessenen Mittelwasserstände. Im weiteren Verlauf liegen am Modellrand sehr gute Übereinstimmungen vor. Möglicherweise sind die Abflüsse aus der Wahner Heide in der Realität höher als die bilanzierten Mengen. Auch kann die Umverteilung der ermittelten Rand-

zuströme auf die Abflussquerschnitte zu den Abweichungen führen. Insgesamt ist aber von einer Modellrandbedingung auszugehen, mit welcher belastbare Simulationen möglich sind.

5.4.3 Fördermengen

Tab. 5.2: Berücksichtigte Wassermengen bei Simulation Oberlar

Wasserwerke/ Fassungen	Wasserrechte m ³ /a	Wasserrechte genutzt m ³ /a	Modellstudie mit WWk Oberlar m ³ /a	Modellstudie ohne WWk Oberlar m ³ /a
WWk Höhenhaus	11.037.600	11.037.600	11.037.600	11.037.600
WWK Holweide	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000
WWK Erker Mühle	5.500.000	5.500.000	5.500.000	5.500.000
WWK Refrath	4.300.000	4.300.000	4.300.000	4.300.000
WWK Rösrath	2.400.000	2.400.000	2.400.000	2.400.000
WWk Leidenhausen	7.000.000	7.000.000	7.000.000	7.000.000
WWK Westhoven	20.000.000	20.000.000	20.000.000	20.000.000
Kölner Baumwollbleicherei	700.000	700.000	700.000	700.000
Chemische Fabrik Kalk	34.531.602	0	0	0
WWK Stammheim Nord	16.000.000	16.000.000	16.000.000	16.000.000
WWK Stammheim Süd	9.000.000	9.000.000	9.000.000	9.000.000
WWk Eschmar	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000
WWK Oberlar	8.000.000	0	8.000.000	0
WWK Niederkassel	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
WWk Zündorf	17.000.000	17.000.000	17.000.000	17.000.000
Degussa Lülisdorf	18.000.000	18.000.000	18.000.000	18.000.000

Grundwasserentnahmen und Versickerungen sind innere Modellrandbedingungen. Alle relevanten Brunnenbetreiber mit Jahresfördermengen >20.000 m³/a sind im Modell enthalten. In einer Normalvariante für den Mittelwasserfall sind zunächst die langjährigen durchschnittliche Fördermengen angegeben. Da aber auch die wasserrechtlich genehmigten Fördermengen bekannt sind, können für Maximalvarianten auch diese Werte auf das Modell übertragen werden. Bei den Simulationsvarianten findet das Optimierungskonzept für die Wassergewinnung der Rheinenergie seine Berücksichtigung. Für das rechtsrheinische Köln soll zukünftig die Förderung an den Wasserwerksstandorten Westhoven, Leidenhausen und Stammheim Nord und Süd wegfallen. Der Horizontalfilterbrunnen Holweide ist sowieso seit einigen Jahren nicht mehr in Betrieb. Auch das Wasserwerk Oberlar fällt bei den Simulationen weg. Der Schwerpunkt in der Bewertung liegt im Bereich des Untersuchungsraumes, also im südlichen Modellgebiet. Die Tab. 5.2 und 5.3 zeigen die gewählten Fördermengen der einzelnen Modellvarianten.

Tab. 5.3: Berücksichtigte Wassermengen für die Simulation Zündorf

Wasserwerke	Wasserrechte nach Rheinenergie Optimierungskonzept m ³ /a
WWk Höhenhaus	11.037.600
WWK Holweide	0
WWK Erker Mühle	5.500.000
WWK Refrath	4.300.000
WWK Rösrath	2.400.000
WWk Leidenhausen	0
WWK Westhoven	0
KBB	700.000
CFK	0
WWK Stammheim Nord	0
WWK Stammheim Süd	0
WWk Eschmar seit 1999	6.000.000
WWK Oberlar	0
WWK Niederkassel	3.000.000
Degussa Lülsdorf	18.000.000
WWk Zündorf Simulation Nullvariante	0
WWk Zündorf Simulation 11 Mio. m ³ /a	11.000.000
WWk Zündorf Simulation 13 Mio. m ³ /a	13.000.000
WWk Zündorf Simulation 15 Mio. m ³ /a	15.000.000
WWk Zündorf Simulation 17 Mio. m ³ /a	17.000.000
WWk Zündorf Simulation 19 Mio. m ³ /a	19.000.000
WWk Zündorf Simulation 21 Mio. m ³ /a	21.000.000
WWk Zündorf Simulation 23 Mio. m ³ /a	23.000.000
WWk Zündorf Simulation 25 Mio. m ³ /a	25.000.000

5.4.4 Materialparameter

5.4.4.1 Durchlässigkeiten

Das Modell bildet den quartären Grundwasserleiter ab. Die Strömungseigenschaften werden mit dem Durchlässigkeitsbeiwert (k_f - Wert) und dem Speichernutzbarem Porenvolumen n_{sp} beschrieben. Diese Parameter werden jedem Element des Modellnetzes zugewiesen. Da diese Parameter nur punktuell durch Pumpversuche und Siebanalysen bestimmt sind, müssen Sie durch den Vergleich von gemessenen und berechneten Grundwasserständen für den gesamten Grundwasserleiter geeicht werden.

Die Verteilung der geeichten k_f - Werte im Modellgebiet ist in Anlage 29 dargestellt. Die Werte variieren zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ bis $2 \cdot 10^{-2}$ m/s und liegen im Bereich der durch Pumpversuche und

Siebanalysen bekannten Werte. Der Grundwasserleiter besitzt demnach eine hohe Durchlässigkeit. Der Hydraulische Sprung im Bereich Lind ist hier als geringdurchlässige Elementkette diskretisiert und stellt von den Durchlässigkeitswerten eine Ausnahme dar.

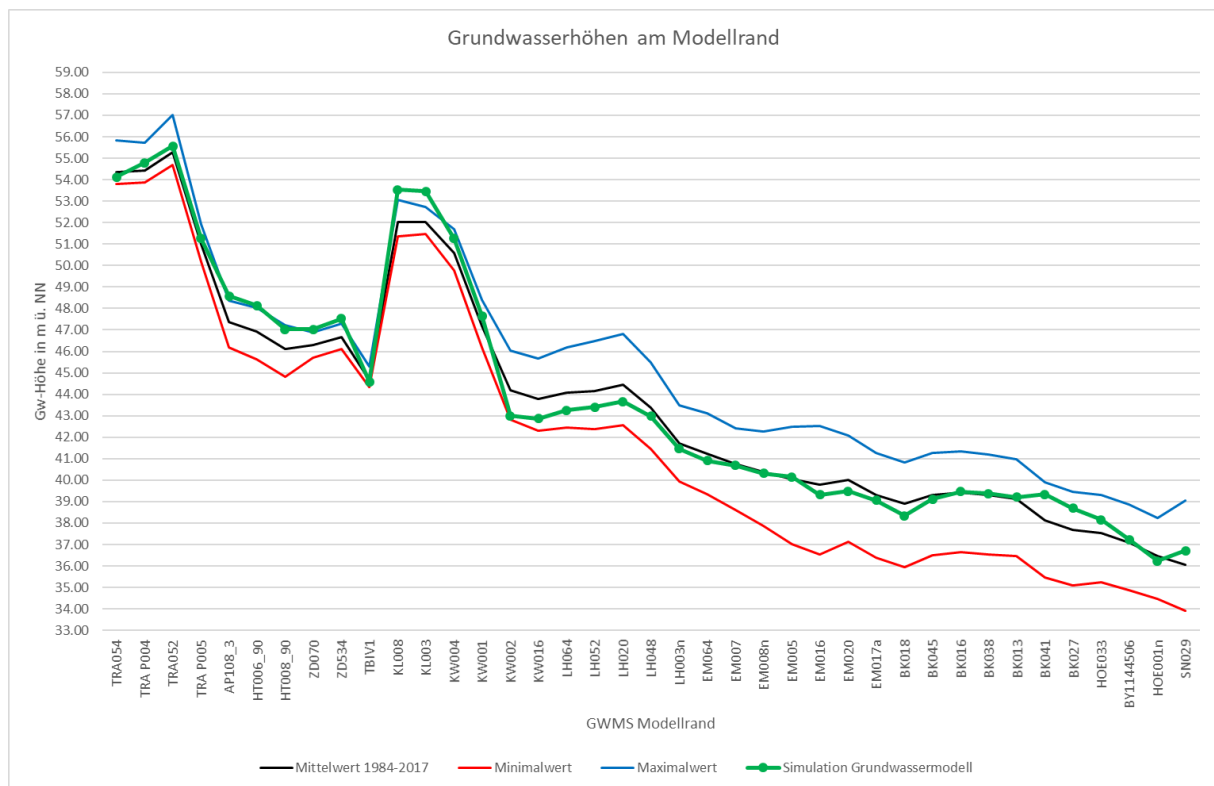


Abb. 5.1: Grundwasserstände der Modellrandpegel

Das speichernutzbare Porenvolumen beschreibt den, während eines Zeitraumes entwässer- und auffüllbaren Anteil des Grundwasserleiters. Die Werte liegen im Modell zwischen 10 und 25 %. Es findet jedoch bei stationären Berechnungen keine Berücksichtigung und wird deshalb im Bericht nicht dokumentiert.

5.4.4.2 Modellunterkante

Die Modellunterkante (Anlage 30) entspricht der Quartärbasis. Sie ist eine erosionsdiskordante Fläche und bildet die Sohle des Grundwasserleiters. Die Höhe der aus Rinnen und Muldenstrukturen gestalteten Quartärbasis variiert dadurch stark. Am südöstlichen Modellrand steigt im Bereich von Troisdorf die Quartärbasis steil auf bis zu 50 m ü. NN an.

5.4.4.3 Aquiferoberkante

Die Oberkante des Grundwasserleiters (Anlage 31) wird in der Regel durch die Unterkante der bindigen Deckschichten gebildet, um bei hohen Grundwasserständen mit gespannten Verhältnisse simulieren zu können. Das ist nur im Bereich der Auenterrassen unter niedrigen Flurabständen der Fall sowie innerhalb der Mittelterrasse durch einen Interglazialton

(Holstein). Dieser ist im Bereich der Wasserwerke Refrath, Erker Mühle und Leidenhausen verbreitet. Die Höhenlage des Tons ist im Modell als Aquiferoberkante berücksichtigt.

5.4.4.4 Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung stellt als Quellen-/ Senkenterm eine wichtige Größe für die Modellsimulation dar. Für das Grundwassermodell stehen Monatssummen der Grundwasserneubildungsrate, Jahressummen und langjährige Durchschnittswerte zur Verfügung, welche im Rahmen des Gutachtens durch DHI Wasy mit dem Programmsystem ARCSIWA errechnet wurden (s. Kapitel 3.5). Die durchschnittliche Grundwasserneubildung von 1984 bis 2010 ist im Modell als Jahresneubildungsrate in mm/a angesetzt.

Neben der Grundwasserneubildungsrate sind auch die Aussickerungsraten der Bäche berücksichtigt, welche anhand von Feldmessungen und Abschätzungen durch die Stadtentwässerungsbetriebe Köln (StEB) ermittelt wurden. Einige Bäche versickern im Modellgebiet vollständig.

Die Verteilung der Grundwasserneubildungsrate im Modellgebiet geht aus Anlage 32 hervor. Die Aussickerungsraten der Bäche sind Anlage 33 ersichtlich.

5.4.5 Modelleichung

Bei der Eichung werden die Durchlässigkeitsbeiwerte und das speichernutzbare Porenvolumen so weit angepasst, bis die errechneten Grundwasserstände mit den gemessenen so gut wie möglich übereinstimmen. Für das rrh. Grundwassermodell wurde eine instationäre Eichung im gesamten Modellgebiet durchgeführt, wobei die Simulationsqualität im Untersuchungsgebiet an ausgewählten Messstellen in Eichdiagrammen dokumentiert ist (Abb. 5.2 – 5.13). Die gemessenen Grundwasserstände sind in diesen Diagrammen blau und die errechneten Werte rot eingezeichnet. Aus den Eichdiagrammen geht eine gute bis sehr gute Modellqualität hervor.

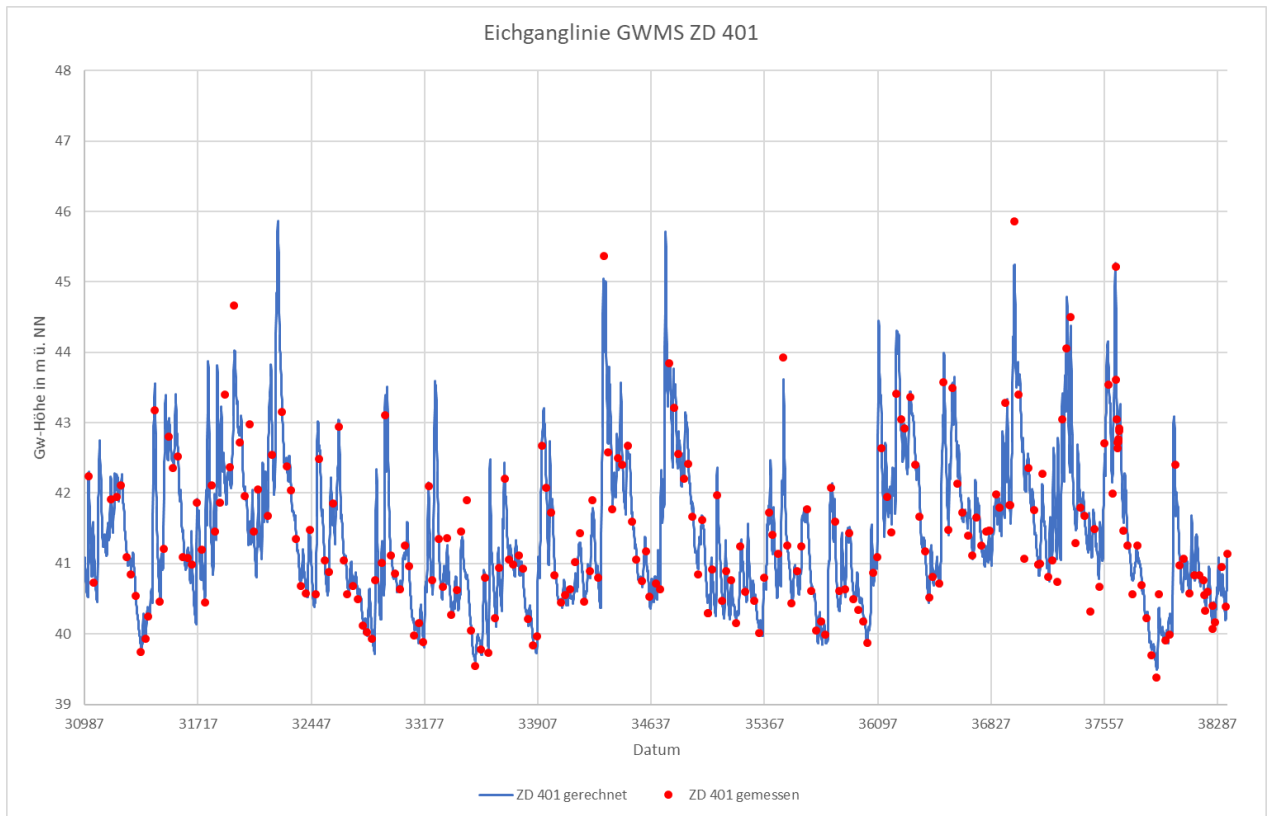


Abb. 5.2: Eichganglinie ZD 401 STUA Nr. 070406716

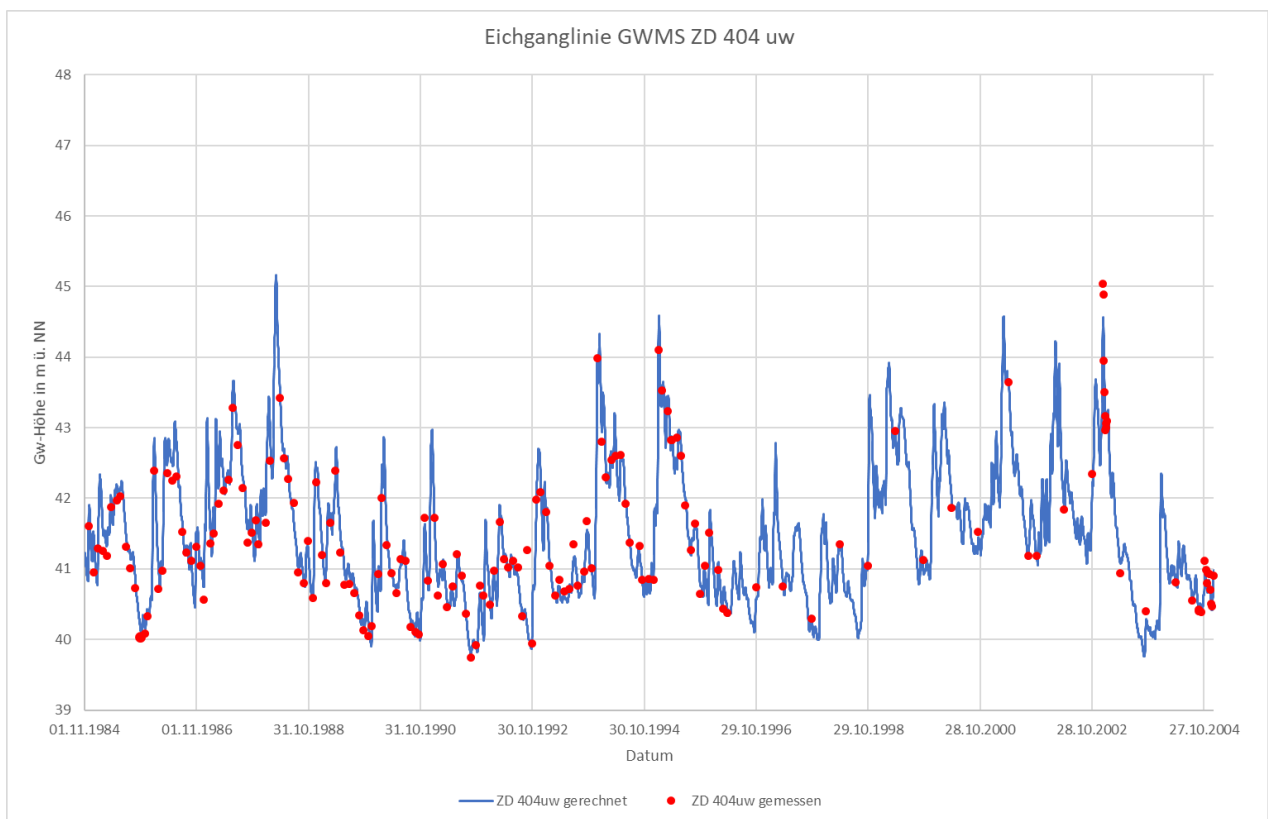


Abb. 5.3: Eichganglinie ZD 404 uw STUA Nr. 070406923

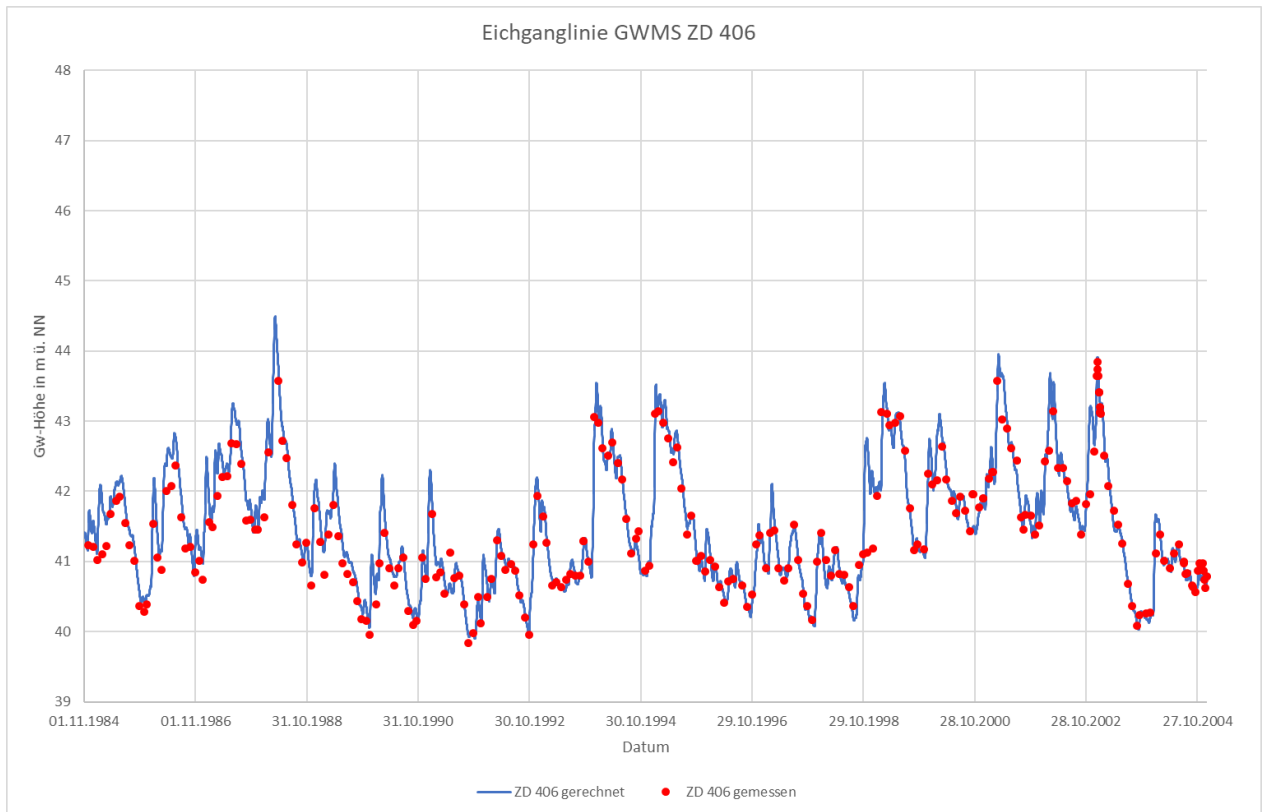


Abb. 5.4: Eichganglinie ZD 406 STUA Nr. 070407113

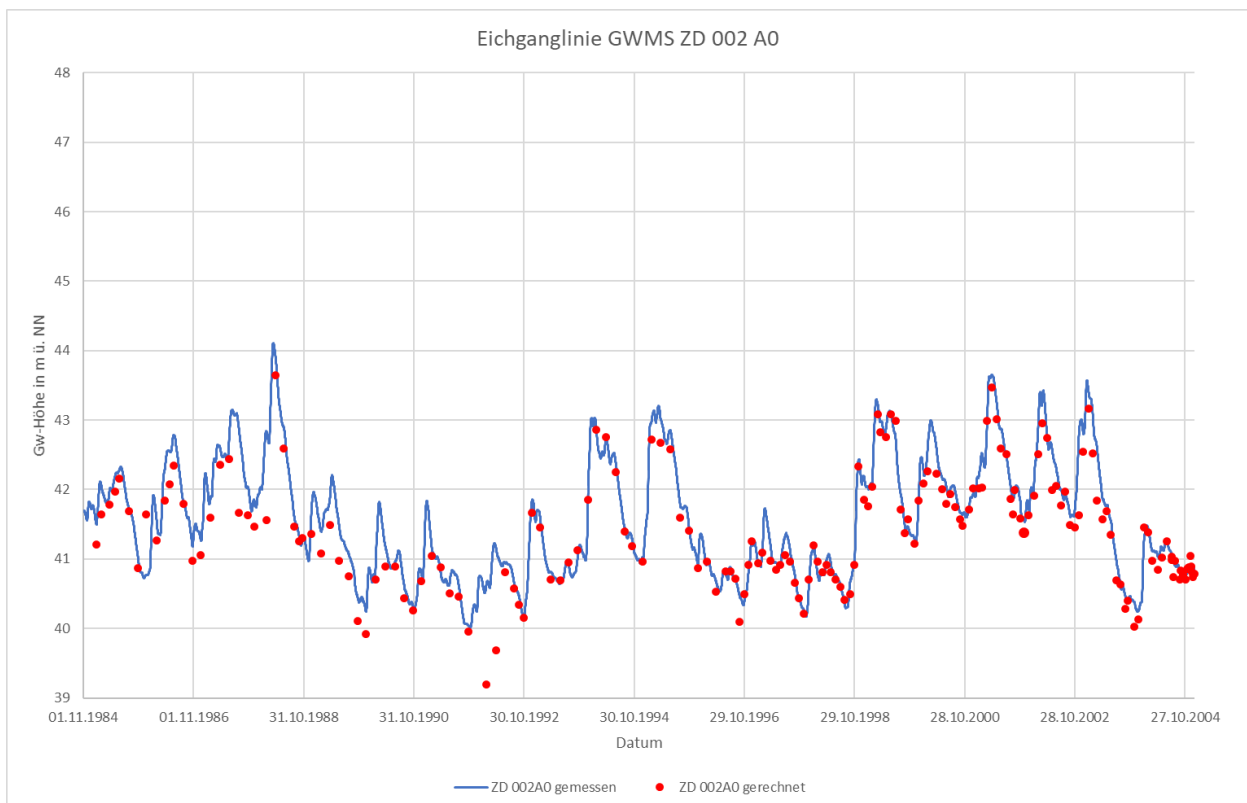


Abb. 5.5: Eichganglinie ZD 002A0 STUA Nr. 073924313

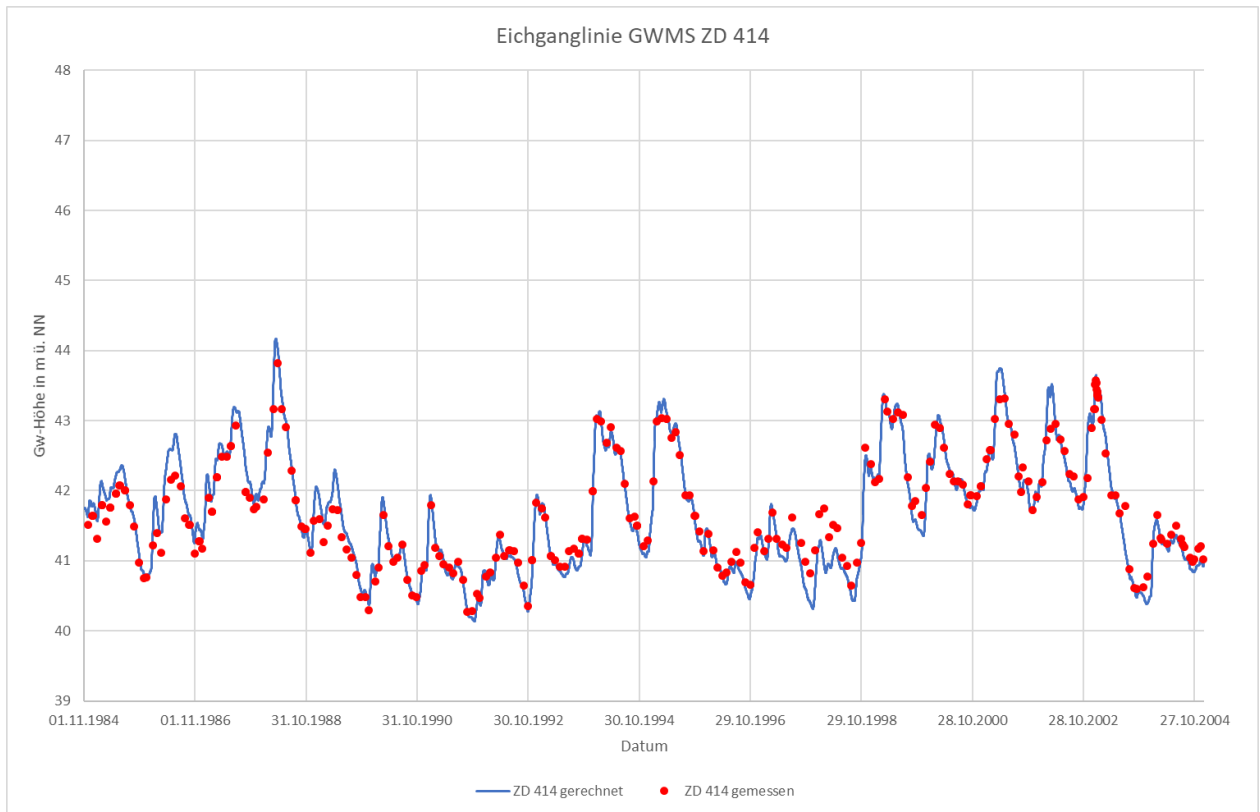


Abb. 5.6: Eichganglinie ZD 414 STUA Nr. 073722613

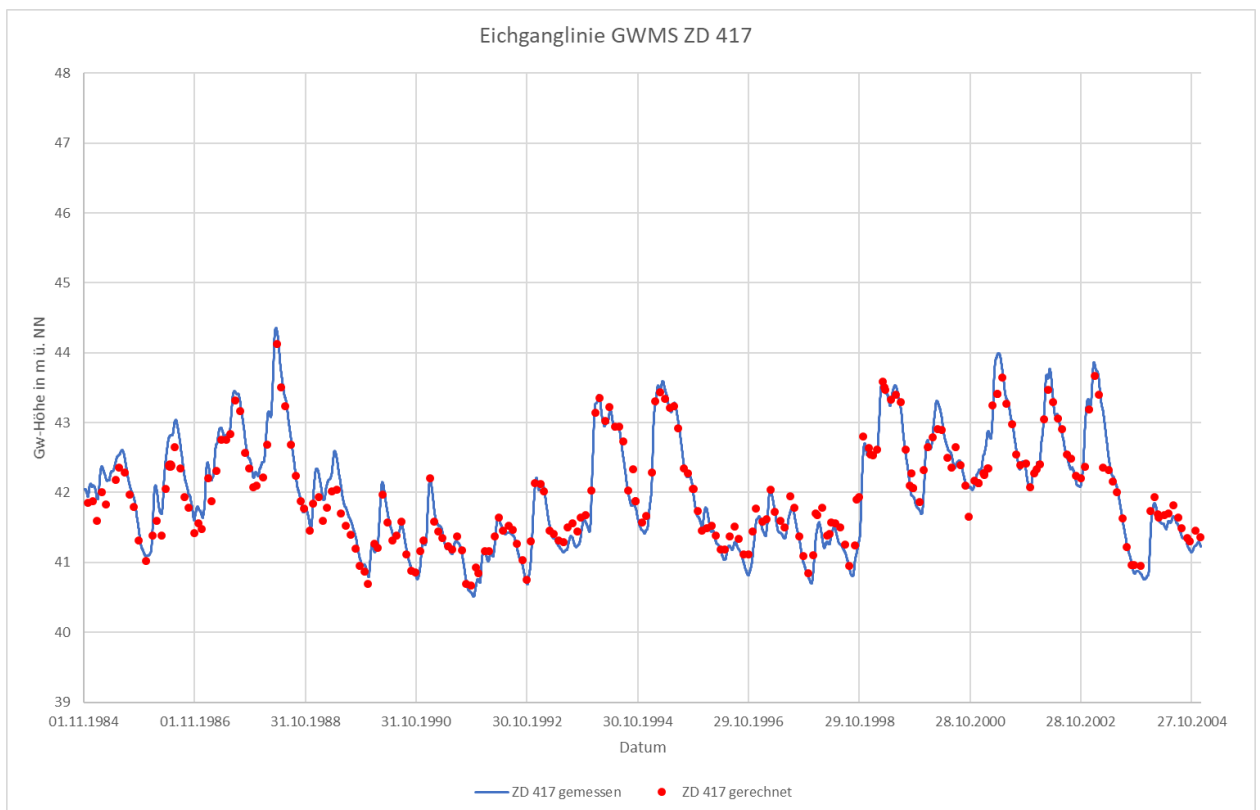


Abb. 5.7: Eichganglinie ZD 417 STUA Nr. 070407538

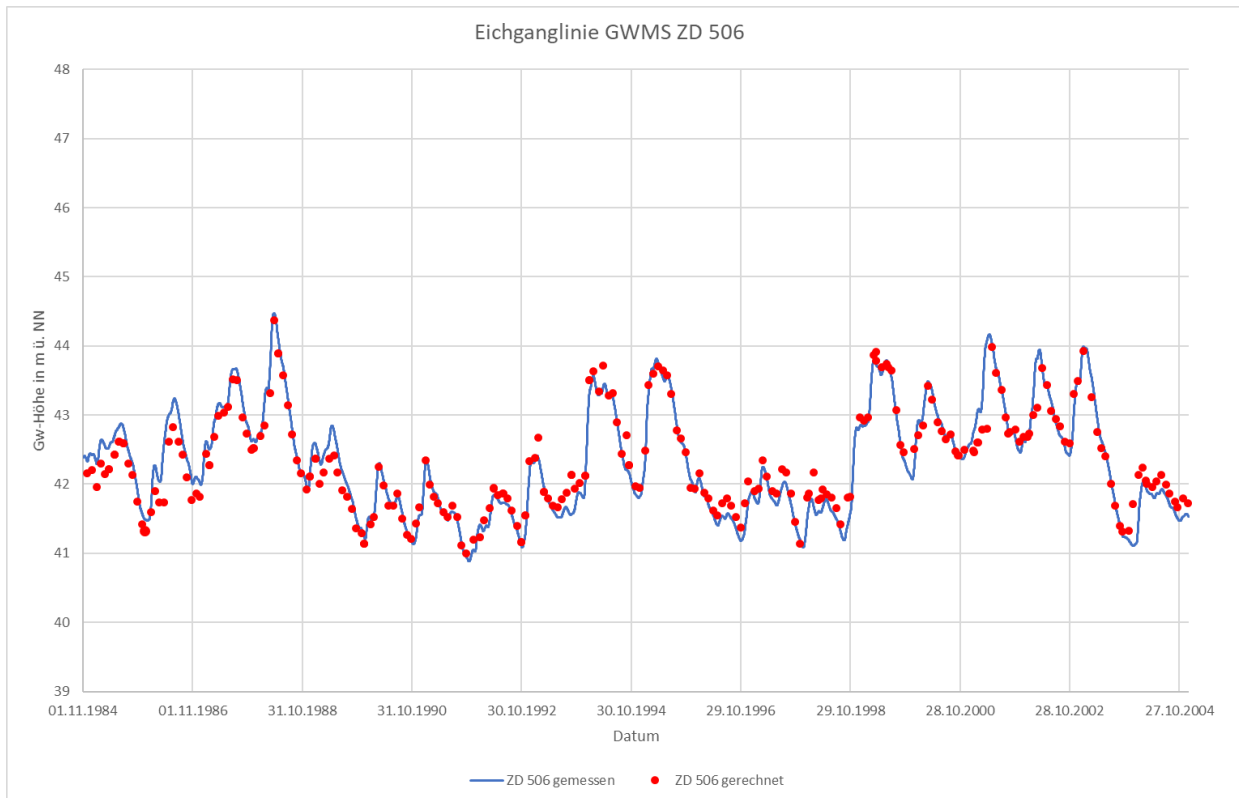


Abb. 5.8: Eichganglinie ZD 506 STUA Nr. 073738610

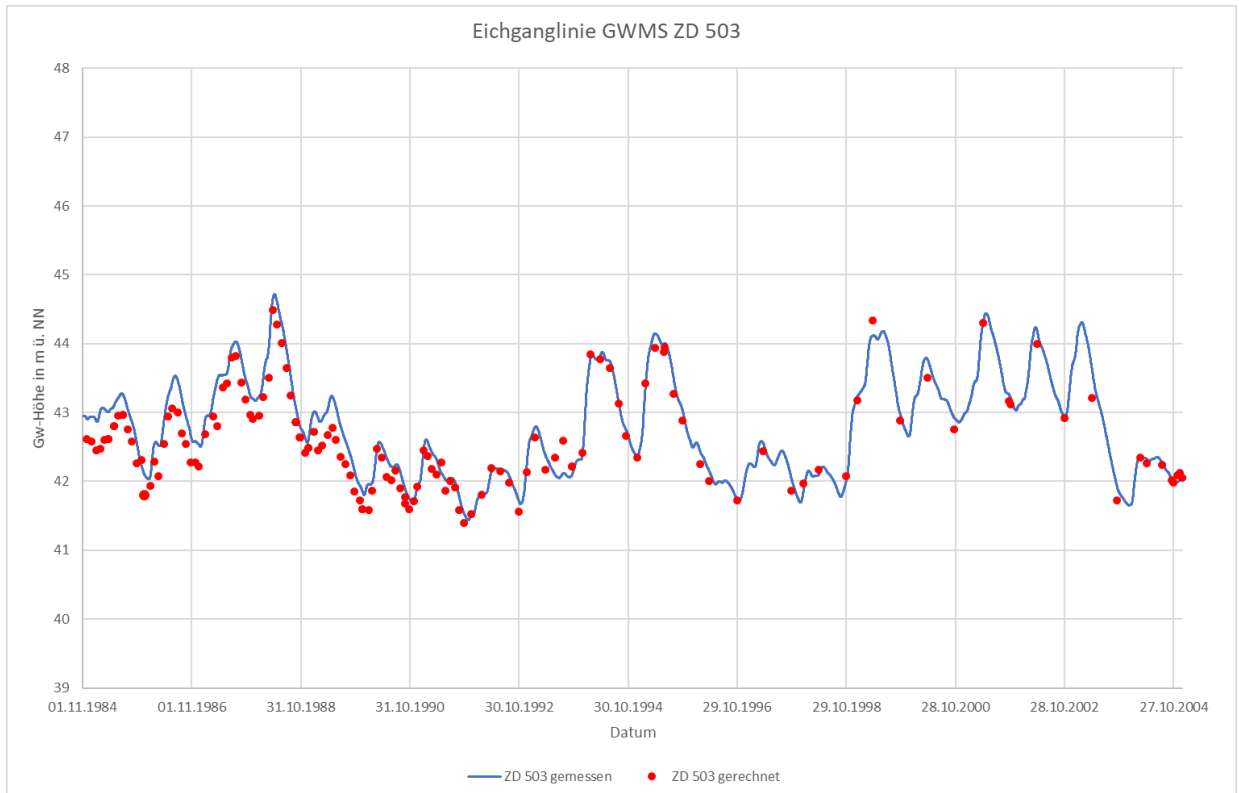


Abb. 5.9: Eichganglinie ZD 503 STUA Nr. 073738311

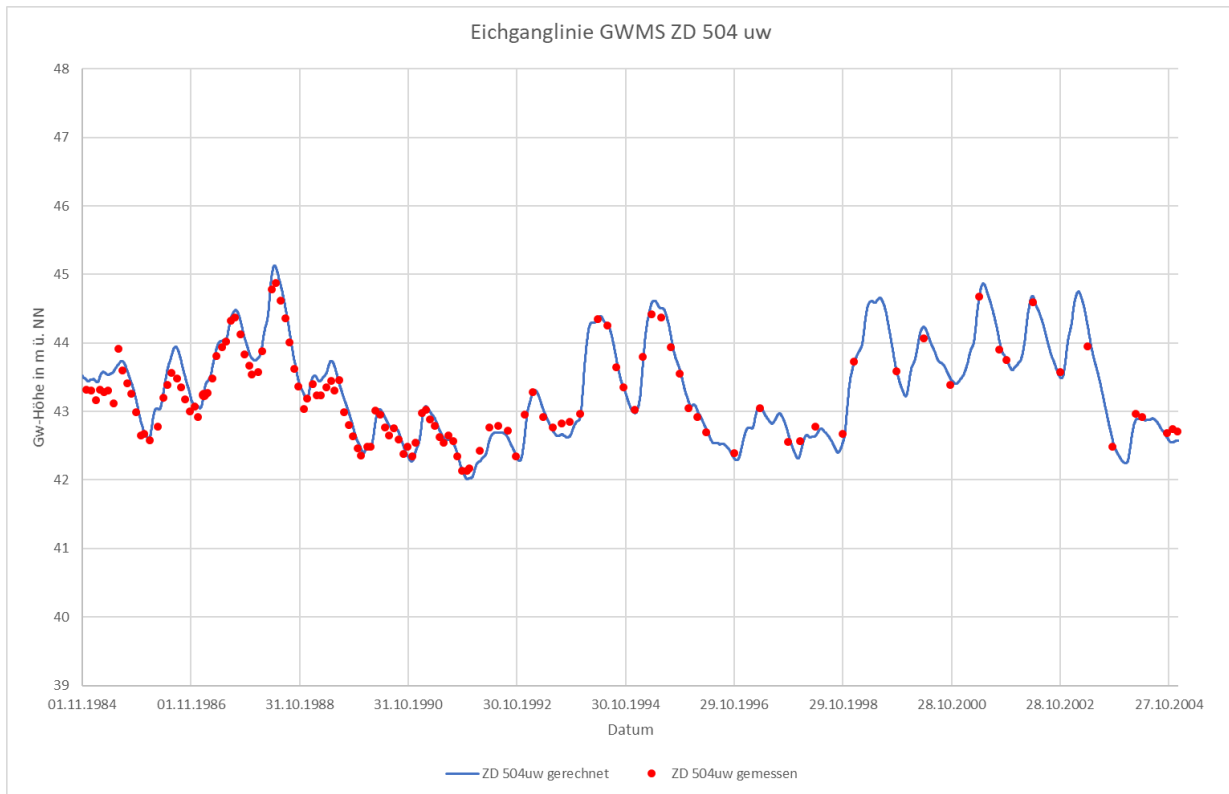


Abb. 5.10: Eichganglinie ZD 504 uw STUA Nr. 073738426

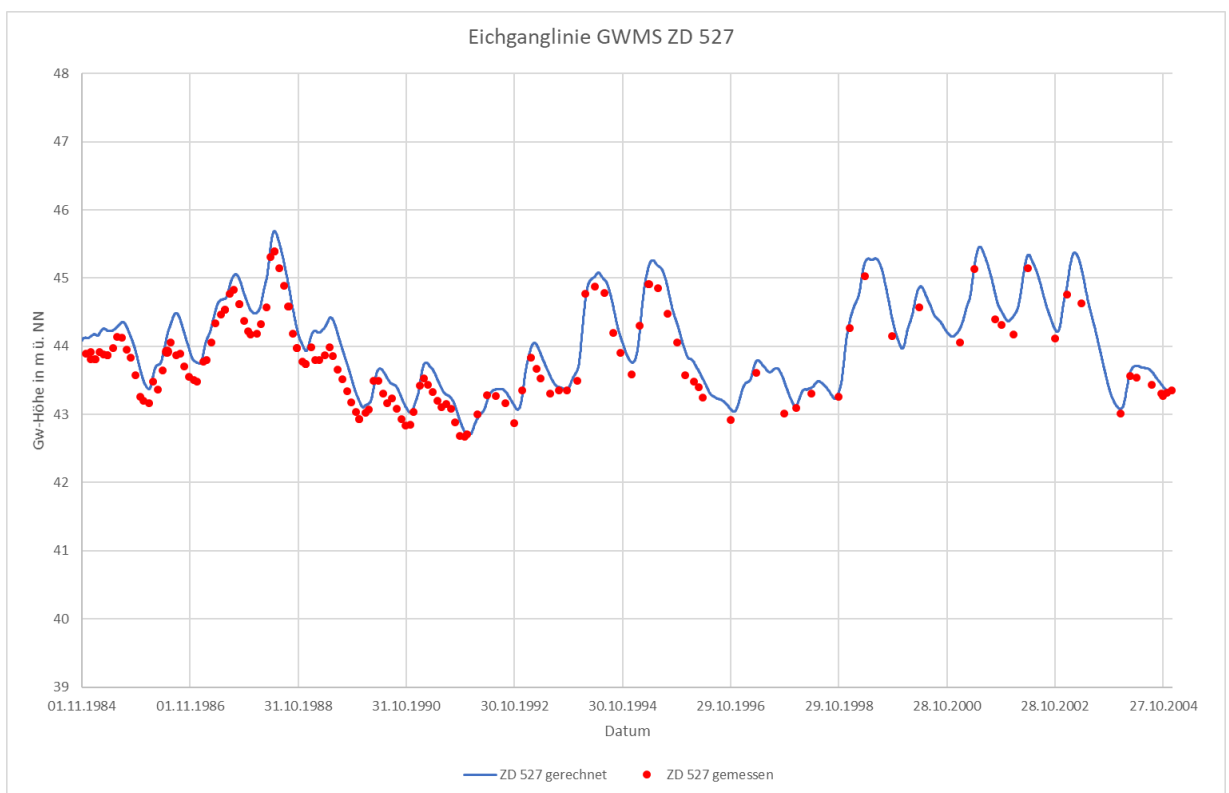


Abb. 5.11: Eichganglinie ZD 527 STUA Nr. 073740718

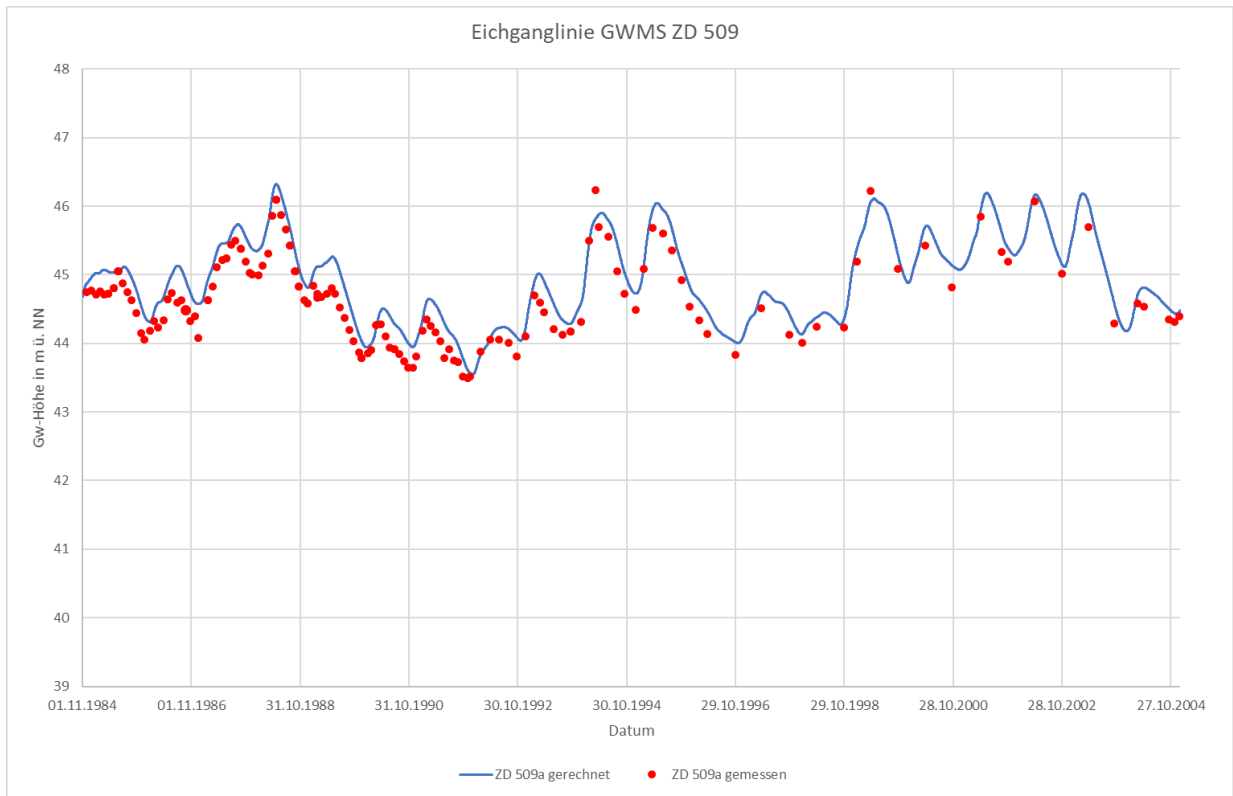


Abb. 5.12: Eichganglinie ZD 509 a STUA Nr. 073738918

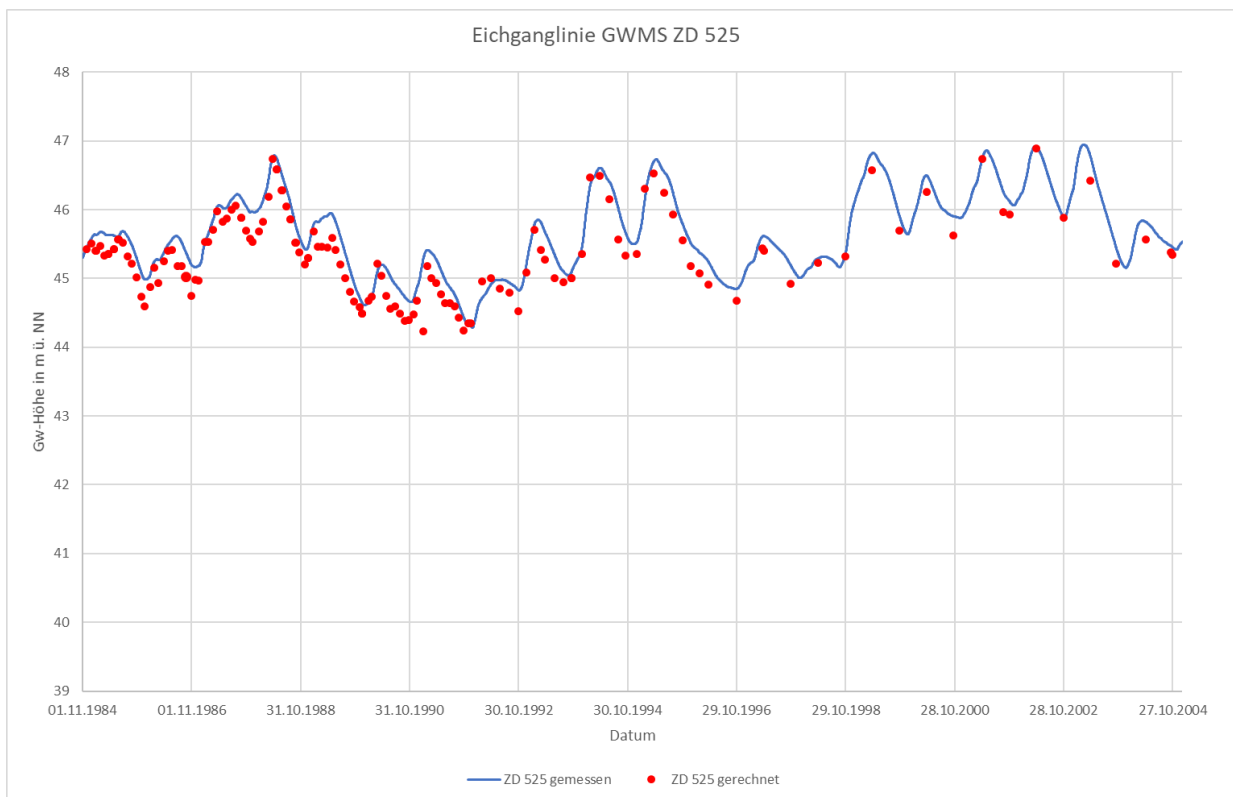


Abb. 5.13: Eichganglinie ZD 525 STUA Nr. 073740512

5.5 Modellsimulation

Zunächst wird in einer ersten Fallstudie die Auswirkung der Außerbetriebnahme des Wasserwerks Oberlar untersucht. Als Randbedingungen gelten die aktuell vergebenen Wasserrechte im Modellgebiet. Mit einer gerechneten Wasserbilanz soll die Veränderung der Belastung von Sieg und Agger durch Uferfiltratgewinnung abgeschätzt werden.

Für das neu beantragte Wasserrecht wird mit mehreren Modellsimulationen das zukünftige Einzugsgebiet und das genutzte Dargebot in einer Wasserbilanz berechnet. Des Weiteren sind die relevanten Absenkungen größer als 10 cm, durch einen Differenzenplan aus Nullvariante und beantragten Wasserrecht zu bestimmen. Erweitert werden diese Berechnungen durch eine Normalvariante. Diese wird unter Berücksichtigung der Wasserspiegel bei einer Entnahmemengen in Zündorf von etwa 10 Mio. m³/a bestimmt, um durch Differenzenbildung die zusätzliche Absenkung, zu der bereits im Normalfall bestehenden Absenkung bestimmen zu können. Mittels einer instationären Berechnung, soll eine Niederwasservariante für die Differenzen aus Wasserrechtsvariante und Nullvariante erfolgen.

Die gewählten stationären Randbedingungen ergeben bei der Berechnung hydraulische Endzustände, welche in der Realität häufig nicht erreicht werden. Permanente Änderungen von Vorfluterwasserständen und Fördermengen, sowie unterschiedliche Grundwasserneubildungsraten führen allgemein zu instationären Strömungsbedingungen, so dass die Simulationsergebnisse theoretische Endzustände darstellen. Im Fall der instationären Berechnung gilt, dass der ausgewählte Niedrigwasserzustand nicht dem Endzustand einer stationären Berechnung entspricht.

5.5.1 Modellstudie zur Außerbetriebnahme des Wasserwerks Oberlar bei stationären Mittelwasserbedingungen und Entnahmemengen nach aktuellem Wasserrecht

In einer ersten Fallstudie wird die Veränderung der Größe des Einzugsgebiets und der dadurch veränderten Wasserbilanz des Wasserwerks Zündorf durch den Wegfall der Förderung am Wasserwerk Oberlar ermittelt. Als Randbedingungen für die Grundwasserentnahmen werden alle derzeit vorhandenen Gewinnungsanlagen mit den wasserrechtlich genehmigten Fördermengen betrieben. Für das Wasserwerk Zündorf gilt hier das derzeit genehmigte Wasserrecht von 17 Mio. m³/a. Das Wasserwerk Oberlar wird in der Wasserrechtsvariante mit einer Entnahmemenge von 8 Mio. m³/a betrieben und in der Nullvariante modelltechnisch ausgeschaltet.

Bei Betrieb des Wasserwerks Oberlar liegt das Einzugsgebiet von Zündorf größtenteils innerhalb der ausgewiesenen Wasserschutzzone (Anlage 34). Rheinseits liegt ein Uferfiltratanschluss über den Langeler Bogen vor. Teile der nördlichen Schutzzone von

Zündorf werden wasserwirtschaftlich nicht genutzt. Die Trennung der Einzugsgebiete von Zündorf und Oberlar stimmen mit der Schutzzonengrenze gut überein. Das Wasserwerk Zündorf hat, östlich und westlich des Einzugsgebiets vom Wasserwerk Eschmar, einen Uferfiltratanschluss zur Sieg. Dabei reicht das Einzugsgebiet von Zündorf in die westliche Schutzzone von Eschmar hinein. Ohne Förderung in Oberlar erweitert sich das Einzugsgebiet von Zündorf, um die ehemals von der Fassung Oberlar bewirtschafteten Bereiche (Anlage 35). Dadurch vergrößert sich die Einzugsgebietsfläche bis zur Agger. Der beanspruchte Randzustrom aus der Wahner Heide erweitert sich nach Norden bis zum Linder Sprung. Der Anschluss an die Sieg verteilt sich auf einen größeren Flussabschnitt und rückt aus dem östlichen Bereich der Schutzzone Eschmar heraus. Das Einzugsgebiet des Wasserwerks Eschmar füllt die ausgewiesene Wasserschutzzone nun weitgehend aus.

Tab. 5.4: Wasseranteile in Oberlar bei einer Fördermenge von 8 Mio. m³

Wassertyp	Förderung im Wwk Oberlar	
	m ³ /a	%
Randzustrom	932940	12
Sieg/Aggerfiltrat	6483790	81
Grundwasserneubildung	583270	7
Entnahmengem. Wwk Oberlar	8000000	100

Tab. 5.5: Wasseranteile Zündorf unter Berücksichtigung des Förderstandortes Oberlar

Wassertyp	Mit 8 Mio. m ³ Förderung im Wwk Oberlar		Ohne Förderung im Wwk Oberlar	
	m ³ /a	%	m ³ /a	%
Rheinuferfiltrat	2250225	13	2496965	15
Randzustrom	553888	3	1298561	8
Sieg/Aggerfiltrat	8432230	50	6763450	40
Grundwasserneubildung	5763658	34	6441025	38
Entnahmengem. Wwk Zündorf	17000000	100	17000000	100

Anhand der Bilanz der einzelnen Wasseranteile für beide Simulationsfälle, wird die Auswirkung der Außerbetriebnahme vom Wasserwerk Oberlar auf das genutzte Dargebot deutlich (s. Tab. 5.4 und 5.5). Aufgrund der Nähe zu Sieg und Agger, förderte das Wasserwerk Oberlar einen hohen Anteil an Infiltrat. Etwa 80 % des geförderten Wassers stammten aus der Sieg- und Aggersohle. Demnach wurden etwa 6,5 Mio. m³/a Filtrat in Oberlar gewonnen. Das Wasserwerk Zündorf förderte unter diesen Randbedingungen etwa 8,4 Mio. m³ Sieg- und Aggerinfiltrat, welches damit einen Anteil von fast 50 % an der gesamten Fördermenge hatte. Insgesamt wurden von beiden Wasserwerken demnach 14,9 Mio. m³ Infiltrat gefördert.

Durch die Außerbetriebnahme von Oberlar verändert sich die Wasserbilanz jedoch deutlich. Aufgrund des nun größeren Einzugsgebiets von Zündorf ist der Randzustrom mehr als doppelt

so hoch und auch der Anteil des aus Grundwasserneubildung stammenden Wassers vergrößert sich. Während auch der Rheinuferfiltratanteil leicht zunimmt, verringert sich im Gegensatz dazu der Anteil an Sieg- und Aggerinfiltrat deutlich um 10 %. Obwohl das Einzugsgebiet von Zündorf jetzt einen längeren Abschnitt der Flüsse Sieg und Agger bewirtschaftet als vorher, geht die Infiltratmenge auf 6,8 Mio. m³ zurück.

Somit wurde durch die Außerbetriebnahme von Oberlar die Uferbelastung von Sieg und Agger deutlich verringert.

5.5.2 Modellstudie aller Betreiber nach bestehendem Wasserrecht bei stationären Mittelwasserbedingungen und veränderlichen Entnahmemengen in Zündorf

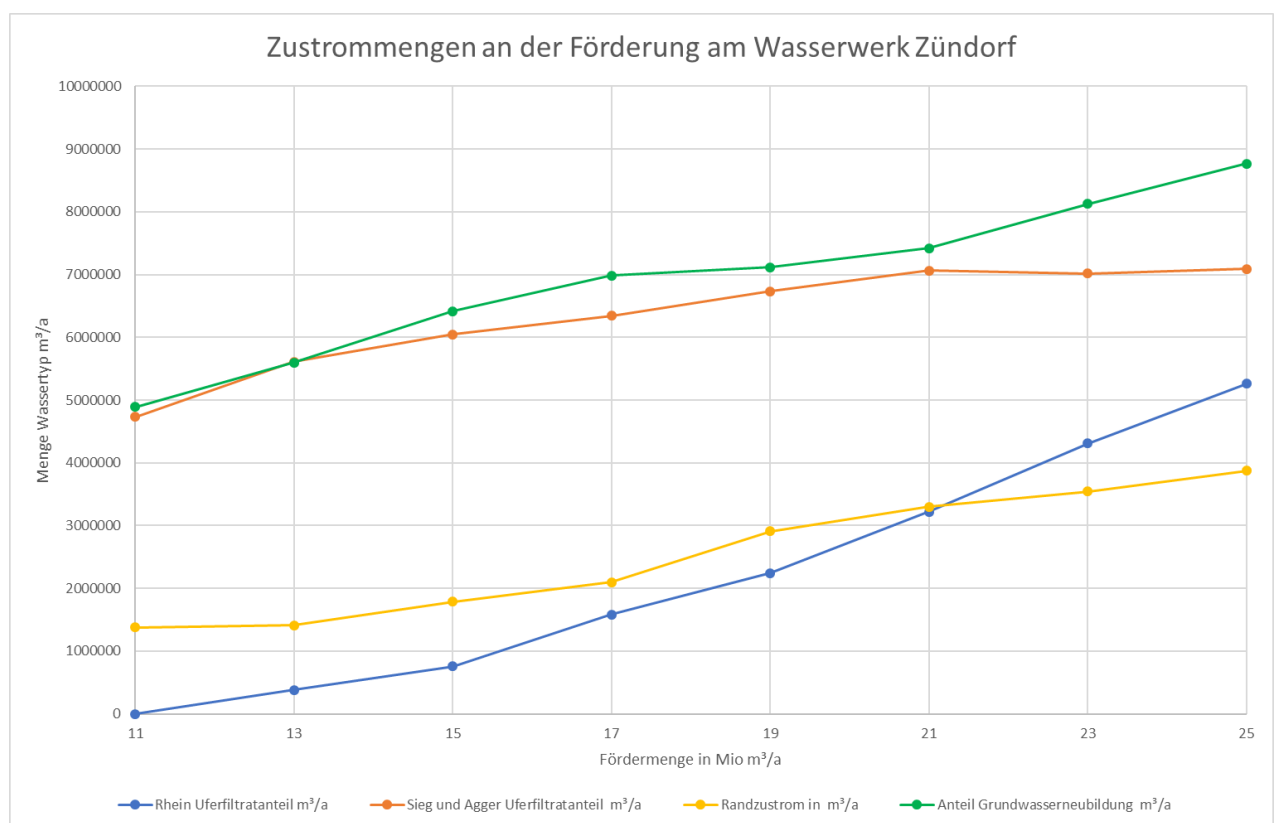


Abb. 5.14: Zustrommengen nach Randbedingungen

Für das beantragte Wasserecht von zukünftig 25 Mio. m³/a erfolgen Modellsimulationen zur Berechnung des neuen Einzugsgebiets und der sich daraus ergebenden Wasserbilanz des genutzten Dargebots. Dazu werden die Förderrandbedingungen der Grundwasserentnehmer nach Wasserrecht angesetzt. Das Optimierungskonzept der Rheinenergie, bezüglich der Außerbetriebnahme von Wasserwerksstandorten, findet hierbei eine Berücksichtigung (Tab. 5.3). Um die Veränderung der Wasseranteile in Zündorf plausibel zu dokumentieren, werden Simulationen mit stufenweiser Erhöhung der Fördermenge durchgeführt. Die sich aus Bahnlinienberechnungen der Brunnen ergebenden Einzugsgebiete sind in den Anlagen 37 -

45 dargestellt. Die jeweiligen Wasseranteile an der Förderung in Zündorf sind aus den Abb. 5.14 und 5.15 zu entnehmen und in Tab. 5.6 bzw. 5.7 gelistet.

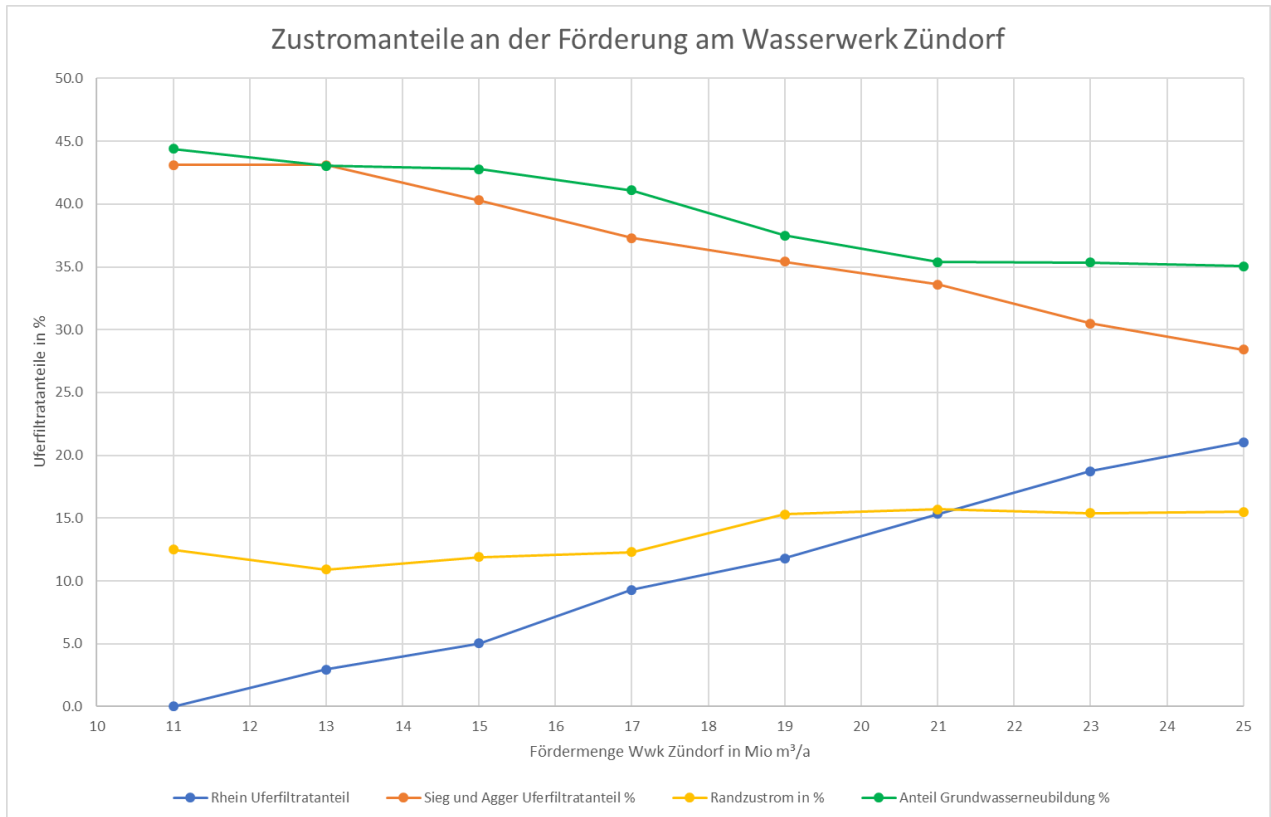


Abb. 5.15: Wasseranteile nach Randbedingungen

Tab. 5.6: Wassermengen in Zündorf Modellsimulation Wasserrecht

Fördermenge m³/a Mio	Rhein Uferfiltratanteil m³/a	Sieg und Agger Uferfiltratanteil m³/a	Randzustrom in m³/a	Anteil Grundwasserneubildung m³/a
11	0	4'735'510	1'376'889	4'887'601
13	382'885	5'607'495	1'412'550	5'597'070
15	754'490	6'045'130	1'784'485	6'415'895
17	1'579'251	6'340'780	2'095'100	6'984'869
19	2'242'954	6'730'600	2'910'145	7'116'301
21	3'218'968	7'063'115	3'295'950	7'421'967
23	4'309'987	7'016'395	3'546'340	8'127'278
25	5'263'942	7'092'315	3'874'475	8'769'268

Tab. 5.7: Wasseranteile in Zündorf Modellsimulation Wasserrecht

Fördermenge m ³ /a Mio	Rhein Uferfiltratanteil %	Sieg und Agger Uferfiltratanteil %	Randzustrom in %	Anteil Grundwasserneubildung %
11	0.0	43.1	12.5	44.4
13	2.9	43.1	10.9	43.1
15	5.0	40.3	11.9	42.8
17	9.3	37.3	12.3	41.1
19	11.8	35.4	15.3	37.5
21	15.3	33.6	15.7	35.4
23	18.7	30.5	15.4	35.4
25	21.1	28.4	15.5	35.0

5.5.2.1 Einzugsgebiete

Bei einer Fördermenge von 11 Mio. m³/a (Anlage 36) liegt kein Uferfiltratanschluss zum Rhein vor. Die gesamten Entnahmemengen ergänzen sich aus Grundwasserneubildung, Sieg- und Aggerinfiltrat sowie dem Randzustrom aus der Wahner Heide. Das Einzugsgebiet umfasst einmal die Fassung I und II sowie ein separates Einzugsgebiet für die Fassung III. Beide Gebiete laufen im Bereich Eschmar zusammen und liegen komplett in der Wasserschutzzone.

Ein Anstieg auf 13 und 15 Mio. m³/a (Anlage 37 - 38) gibt die aktuelle Erhöhung der Förderung in Zündorf für die Jahre 2019 und 2020 wieder. Erstmals reicht bei 13 Mio. m³/a das Einzugsgebiet der Fassung III bis zum Rhein. Es bildet sich nun ein gemeinsames Einzugsgebiet aller Fassungen aus. Wobei das Einzugsgebiet an Fassung I ab einer Förderung von 15 Mio. m³/a die Einzugsgebiete der anderen Fassungen umschließt und einen gemeinsamen unteren Kulminationspunkt an der Grenze der Schutzzone II bildet. Südlich der Fassung III entsteht am Rand der Wasserschutzzone IIIA ein weiterer Kulminationspunkt als Abgrenzung zum Absenktrichter der Fassung Hüls Lülsdorf. In der Wasserbilanz macht sich nun eine beginnende Uferfiltratgewinnung am Rhein in kleinen Anteilen bemerkbar.

Eine Entnahmemenge von 17 Mio. m³/a (Anlage 39) entspricht dem derzeitigen Wasserrecht. Das Einzugsgebiet erweitert sich den Rhein entlang nach Norden. Auch der beanspruchte Modellrand im Osten vergrößert sich. Die südliche Einzugsgebietsgrenze entspricht hier ungefähr der Wasserschutzzonengrenze. Bei den weiteren Simulationsschritten von 19, 21, 23 und 25 Mio. m³/a (Anlage 40 - 43) kommt es zu einer weiteren Vergrößerung des Einzugsgebiets entlang des Rheins und damit zu einer Erhöhung des Uferfiltratanteils durch Rheinfiltrat. Der Randzustrom entlang des Modellrands zur Wahner Heide hin vergrößert sich ebenfalls nach Norden. Die westliche Einzugsgebietsgrenze rückt mit zunehmender Fördermenge in die Schutzzone des Wasserwerks Niederkassel hinein. Entlang der Sieg

erweitert sich das Einzugsgebiet von Zündorf nur geringfügig in Richtung Mündung. Für das Wasserwerk Eschmar bleibt das Einzugsgebiet der Brunnen trotz erhöhter Förderung in Zündorf annähernd unverändert.

Die finale Simulationsvariante nach beantragtem Wasserrecht von 25 Mio. m³/a ist in Anlage 43 dargestellt. Das Einzugsgebiet von Zündorf überschreitet die ausgewiesene Wasserschutzzone. Ab RKM 674,6 verläuft die nördliche Einzugsgebietsgrenze in West- Ost Richtung zur Wahner Heide hin. Die Uferfiltratgewinnung erfolgt entlang der Rheinkilometer 668,4 bis 674,6. Obwohl das Wasserwerk der Stadtwerke Niederkassel mit maximaler Entnahmemenge fördert, füllt das Einzugsgebiet nicht die zugehörige Wasserschutzzone aus. Es verläuft zusammen mit dem Einzugsgebiet der Firma Hüls Lülldorf parallel zum Rhein. Die westliche Einzugsgebietsgrenze von Zündorf reicht in die Schutzzone der Stadtwerke Niederkassel hinein. Für diese Simulationsvariante wurde auch ein Flurabstandsplan erstellt (s. Anlage 43a), welcher die Auswirkung der wasserrechtlich beantragten Fördermenge repräsentiert.

5.5.2.2 Wasserwirtschaftliche Bilanz

Insgesamt erhöht sich bei steigender Entnahmemenge die Menge der jeweiligen Wasseranteile absolut, aber nicht proportional (Abb. 5.14 und 5.15). So beginnt bei einer Jahresentnahme ab 12 -13 Mio. m³/a die Förderung von Rheinuferfiltrat und steigt für den beantragten Wasserrechtsfall auf etwa 5.2 Mio. m³/a an. Dementsprechend wird bei einer Entnahme von 25 Mio. m³/a etwa 21 % Uferfiltrat gefördert.

Durch die Vergrößerung des Einzugsgebiets erhöht sich der Randzustrom von 1,3 Mio. auf 3,8 Mio. m³ deutlich. Allerdings steigert sich der Randzustrom an der Gesamtbilanz nur von 12 auf 15 %.

Die Grundwasserneubildung erhöht sich automatisch mit der Vergrößerung der Einzugsgebietsfläche von 4,8 auf 8,7 Mio. m³/a. Anteilig verringert sich die Menge jedoch von 44 auf 35 %.

Beim Sieg- und Aggerinfiltrat wird trotz ansteigender Filtratmenge von 4,7 auf 7,1 Mio. m³ ein proportionaler Rückgang am Gesamtanteil von 43 auf 28 % berechnet. Im Vergleich zur Modellvariante nach bestehendem Wasserrecht von 17 Mio. m³/a erhöht sich die Filtratmenge nur leicht von 6,34 auf 7,1 Mio. m³. Damit erhöht sich die Beaufschlagung der Sieg- und Aggersohle nur geringfügig. Die Erhöhung der Fördermenge auf 25 Mio. m³ geht vor allem zu Lasten einer erhöhten Rheinuferfiltration. Zukünftig wird also bei einer Erhöhung des Wasserrechts am Standort Zündorf bei maximaler Entnahmemenge von 25 Mio. m³/a ein Rohwasser gefördert, welches sich zu 21 % aus Rheinuferfiltrat und 28 % Sieg- und Aggerinfiltrat zusammensetzt. 15 % des Wassers wird als Randzustrom aus dem Bereich der

Wahner Heide stammen und 35 % sind vor Ort gebildetes Grundwasser bzw. Aussickerungen kleinerer Gewässer.

5.5.2.3 Rheiuferbelastung

Durch die Gewinnung von Rheiuferfiltrat wird die Rheinsohle bewirtschaftet. Bei maximaler Entnahmemenge wird auf einer Länge von 5.800 m etwa 5,167 Mio. m³ Uferfiltrat im Jahr gewonnen. Daraus ergibt sich eine spezifische Uferbelastung von 28,5 l/s*km, welche allerdings deutlich unter dem empfohlenen Schwellenwert von 250 l/s * km pro Rheinseite liegt. Damit ist eine nachhaltige Bewirtschaftung der Rheinsohle gegeben.

5.5.2.4 Bewertung

Obwohl mit dem Wegfall der Förderung in Oberlar, die dort bewirtschafteten Wassermengen hydrogeologisch in das Einzugsgebiet von Zündorf fallen, werden diese Mengen nicht vollständig benötigt. Die Erhöhung des Wasserrechts um eine Fördermenge von 8 Mio. m³ wird im Wesentlichen durch die Gewinnung von mehr Uferfiltrat generiert. 3,68 Mio. m³ (= 46 %) stammen demnach zusätzlich aus dem Rhein.

Aus Sieg und Agger werden nur 7,1 Mio. m³ Infiltrat gewonnen. Dies ist gegenüber der Förderung bei bisherigem Wasserrecht nur eine geringfügige Erhöhung und ist gegenüber dem Betrieb des Wasserwerkes Oberlar weiterhin eine deutliche Verbesserung hinsichtlich der Uferfiltratbewirtschaftung von Sieg und Agger. Eine Überlastung der Gewässersohlen ist deshalb nicht zu befürchten. Grenzwerte in der Bewirtschaftung dieser Gewässer liegen nicht vor.

Die Erhöhung von Wassermengen aus Randzustrom und Grundwasserneubildung resultieren aus der Vergrößerung des Einzugsgebiets, welche vor allem in Richtung des Rheins erfolgt. Eine Überbewirtschaftung der Rheinsohle ist unter Einhaltung der empfohlenen Richtwerte jedoch nicht anzunehmen.

5.5.3 Auswirkung der Förderung auf die Grundwasserstände Grundwasserdifferenzen Wasserrechtsfall und Nullvariante

Im Weiteren sind die resultierenden Absenkungen durch den Förderbetrieb nach beantragtem Wasserrecht zu ermittelt. Dazu werden die Wasserspiegel bei einer Förderung von 25 Mio. m³/a, mit den berechneten Wasserspiegeln ohne Förderbetrieb (Anlage 45) subtrahiert. Das Ergebnis ist eine Differenzkarte (Anlage 45), welche ausschließlich die Absenkungen aus dem Förderbetrieb in Zündorf nach beantragtem Wasserrecht enthält. Die Nullvariante bildet einen Urzustand vor Errichtung des Wasserwerks Zündorf ab. Mit diesen Ergebnissen sollen die Auswirkungen des Förderbetriebs auf Flora und Fauna im Rahmen einer Umweltverträglichkeitsprüfung ausgewertet werden.

Die berechnete Differenzenkarte zeigt im Bereich der Fassungen die höchsten Absenkungen mit bis zu 1,3 m. Etwa entlang der Grenze der Schutzzone IIIA bei Libur, betragen die Absenkungen noch 0,85 m. Relevante Absenkungen größer 10 cm reichen im Westen bis zum Rhein und im Süden fast nach Eschmar. Im Osten wird der Modellrand zur Wahner Heide hin erreicht und nach Norden wird sogar die Schutzzone der Wasserwerke Leidenhausen und Rösrath durch die Differenzen betroffen sein.

5.5.4 Normalvariante

Das Wasserwerk Zündorf wird mittlerweile seit vier Jahrzehnten betrieben. Die Flora und Fauna im Einzugsgebiet haben sich auf die Grundwasserströmungssituation des Förderbetriebs eingestellt. Welche zusätzlichen Absenkungen sich durch die Erhöhung des Wasserrechts ergeben, soll mit einer weiteren Differenzenberechnung ermittelt werden. Dazu werden die Wasserstände der Wasserrechtvariante bei 25 Mio. m³ Förderung, von denen einer Normalvariante bei 10 Mio. m³ Förderung subtrahiert. Diese Differenzenkarte ist in Anlage 46 dokumentiert. Auch hier werden nur die Bereiche mit einer relevanten Absenkung größer 10 cm dargestellt.

Das Absenkungsgebiet ist naturgemäß viel kleiner als im Vergleich zu der Differenzenbildung mit der Nullvariante. Im Bereich der Fassungen betragen die Absenkungen nur noch 0,8 m und entlang der Grenze der Schutzzone IIIA bei Libur noch 0,4 m.

5.5.5 Niedrigwasservariante

Ein Extremfallstudie stellt die Niedrigwasservariante dar. Stationäre Simulationen unter Niedrigwasserbedingungen ergeben unrealistisch niedrige Wasserstände wieder, die in der Natur nicht eintreten werden. Um aber niedrige Grundwasserstände unter Einfluss einer maximalen Förderung nach zu beantragendem Wasserrecht berechnen zu können, wird auf eine instationäre Modellsimulation zurückgegriffen. Wie bereits beschrieben, ist das Grundwassermodell auch als instationäres Modell mit Randbedingungen für den Zeitraum 1.11.1984 bis zum 31.12.2004 aufgebaut. Die Förderung in Zündorf wird mit 25 Mio. m³/a als Randbedingung definiert und die Berechnung mit den Strömungsrandbedingungen ab 1.11.1984 gestartet. Der Betrieb läuft bis zum Niedrigwasserstand vom 01.10.2003 als Stichtag (Abb. 5.16). Anschließend wird eine Modellrechnung für den gleichen Zeitraum ohne Förderung am Wasserwerk Zündorf als Nullvariante berechnet.

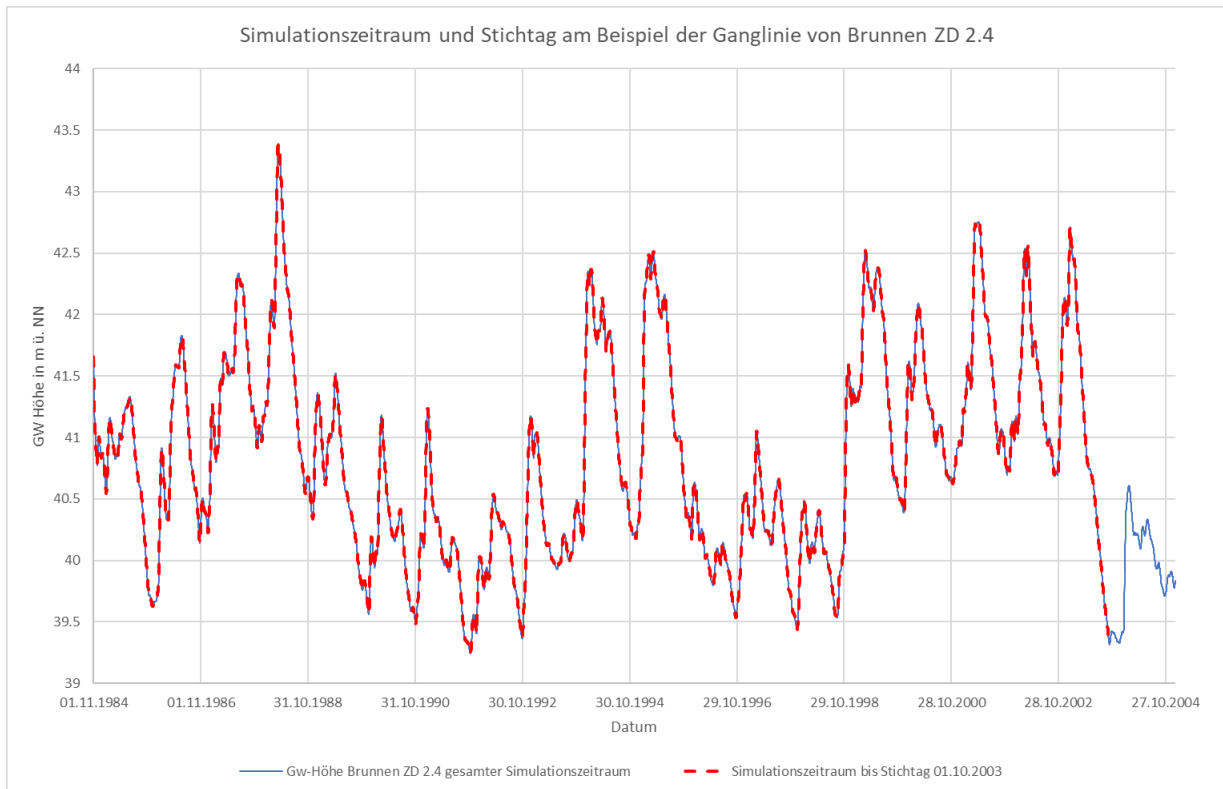


Abb. 5.16: Simulationszeitraum und Stichtag am Beispiel der Ganglinie von Br. ZD 2.4

Für diesen Stichtag wird aus den simulierten Grundwasserspiegeln der instationären Wasserrechtsvariante und der instationären Nullvariante ein Differenzenplan (Anlage 47) erstellt. Dieser enthält die Absenkungsbeträge für die Niedrigwasservariante. Betrachtet werden wieder nur die Absenkungen größer 10 cm.

Das Absenkungsgebiet ist im Vergleich zu der stationären Differenzenbildung mit der Nullvariante kleiner. Dies liegt vor allem daran, dass im instationären Niedrigwasserfall der stationäre Endzustand nicht erreicht wird. Im Bereich der Fassungen betragen die Absenkungen 1,3 m und entlang der Grenze der Schutzzone IIIA bei Libur noch 0,6 m. Schwankende Grundwasserstände während des Simulationszeitraums verändern permanent den Wasserandrang zu den Brunnen, so dass sich im gesamten Einzugsgebiet kein Beharrungszustand der Grundwasserspiegel einstellt und deshalb die Differenzen im Vergleich zu den stationären Berechnungen der Wasserrechtsvariante geringer ausfallen.

6 Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf „Dritte“

Die Umweltverträglichkeitsuntersuchung ist der Anlage 48 zu entnehmen.