

Maßnahmenkonzept für konkurrierende Grundwassernutzungen im Einzugsgebiet des Hammbachs in Dorsten

Abschlussbericht

Erstellt von:

Dr. Johannes Meßer

Dr. Florian Werner

Annika Barein

Sandra Kons

Lippe Wassertechnik GmbH

In Kooperation mit:


Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH (RWW)

Lippeverband (LV)

Projektnummer: 34437/01-33/2

Projektbeginn/Laufzeit: 1. Mai 2018 / 18 Monate

Essen, den 30. September 2019

06/02		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	34437/01	Referat	33/2	Fördersumme	122.156 €
Antragstitel		Maßnahmenkonzept für konkurrierende Grundwassernutzungen im Einzugsgebiet des Hambachs in Dorsten			
Stichworte					
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
18 Monate	01.05.2018	01.11.2019			
Zwischenbericht	März 2019				
Bevollziehungsempfänger	Lippe Wassertechnik GmbH Brunnenstraße 37			Tel	0201 3610400
				Fax	0201 3610100
				Projektleitung	Dr. Johannes Meßer
	45128 Essen			Bearbeiter	Dr. Florian Werner
Kooperationspartner	Lippeverband (LV) Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH (RWW)				
Zielsetzung und Anlass des Vorhabens					
<p>Im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens dynamik wurde unter Beteiligung der wasserwirtschaftlich relevanten Akteure im Einzugsgebiet Mittlere Lippe festgestellt, dass bereits heute die dortige Grundwassersituation angespannt ist. Es gibt vielfältige Nutzungsansprüche an das Grundwasser, die sich derart überschneiden, dass oberirdische Gewässer wie am Hambach zeitweise austrocknen. Von den beteiligten Akteuren wurde festgehalten, dass die Sicherung des mengenmäßig guten Zustands nur mit einem zielgerichteten Wassermanagement möglich ist. Das zu erarbeitende Wassermanagementkonzept verfolgt vor allem die Zielsetzung einer Kompensation der prognostizierten Überbeanspruchung durch geeignete Bereitstellung von Wasser, damit Trinkwasserversorgung, Landwirtschaft und die Feuchtlebensräume bzw. Gewässer auch zukünftig ausreichend Wasser zur Verfügung haben.</p>					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
<p>Nach der Grundlagenermittlung (AP1) wurden Grundwassermodell (AP2, Kalibrierung, instationäre Erweiterung) und Hydrologisches Gebietsmodell (AP3) parallel aktualisiert bzw. erweitert und am Ende miteinander abgeglichen. Währenddessen erfolgte unabhängig davon die modellhafte Umsetzung (AP5) durch Einstau von Entwässerungsgräben im Deutener Moor über 6 Monate. Nach Simulation der Szenarien mit den Modellen wurden die Ergebnisse ausgewertet (AP4, Wasserbilanz, modellgestützte Überprüfung möglicher Maßnahmen) und ein Maßnahmenkonzept erstellt (AP6, Machbarkeitsstudie, Entscheidungshilfesystem), in das auch die Ergebnisse der modellhaften Umsetzung eingeflossen sind. Im Rahmen des Projektes wurden drei Arbeitskreissitzungen mit allen Akteuren (Landwirtschaft, Wasserwirtschaft, Naturschutz, Behörden, Bergbau) durchgeführt. Gegenstand der Arbeitskreise waren die Darstellung wasserwirtschaftlicher Grundlagen, die Ergebnisse der Modellierung und die gemeinsame Erarbeitung möglicher Maßnahmen zur Prüfung. Im letzten Arbeitskreis wurde dann das Maßnahmenkonzept vorgestellt.</p>					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen des Projektes wurden die wasserwirtschaftlichen Grundlagen aktualisiert, das Grundwassermodell instationär erweitert und Simulationen für verschiedene Szenarien durchgeführt und mögliche Maßnahmen zur Erhöhung des Dargebotes geprüft.

Der landwirtschaftliche Wasserbedarf (bisherige Wasserrechte 2,34 Mio. m³/a) von geschätzten 27 Mio. m³/a in Trockenjahren ist wasserhaushaltlich, auch bei Nutzung der gepumpten Wässer im Süden, nicht gewinnbar. Oberste Priorität muss daher eine effizientere Bewässerung und Anpassung der angebauten Kulturen haben.

Die Wasserrechte schöpfen derzeit das verfügbare Grundwasserdargebot aus. Es gibt keine Spielräume für größere weitere Entnahmen. Der Abfluss im Hambachsystem ist durch die Entnahmesituation insgesamt bereits heute beeinträchtigt. Daraus ergibt sich die erarbeitete Entscheidungshilfe für die zuständigen Behörden mit einer Ampelkarte.

Es sollten oberhalb des Pegels Hambach keine Entnahmen aus den Fließgewässern, bzw. in ihrem direkten Umfeld erlaubt bzw. verlängert werden. Dort wird ein Spielraum von bilanzneutralen Grundwasserentnahmen gesehen. Unterhalb ist die Situation in Bezug auf die Wasserrechte unkritisch.

Im Projekt wurden verschiedene Möglichkeiten der Dargebotserhöhung („Wasser im Raum halten“) geprüft. Eine Regenwasserversickerung in Rhade ist grundsätzlich zu befürworten, die Wirkung erscheint in Anbetracht des Wasserbedarfs gering. Ein Umbau der Wälder in Laub- bzw. Mischwald im Einzugsgebiet des Rhader Baches bzw. Rhader Mühlenbaches und im Forst Gewerkschaft Augustus kann das Grundwasserdargebot erheblich erhöhen. Der Rückhalt von winterlichem Direktabfluss durch Aufhebung von Dränagen und Gräben ist eine weitere Möglichkeit das Grundwasserdargebot zu erhöhen. Die Maßnahmen würden zu einer Einschränkung der landwirtschaftlichen Nutzung führen, so dass sie nur in Naturschutzgebieten mit entsprechender Förderung realistisch umsetzbar sind. Abgeleitet aus den Simulationen und dem Ergebnis des Einstauversuchs im Deutener Moor wurden zielführende Maßnahmen erarbeitet (z.B. Aufhebung landwirtschaftlicher Dränagen, die Verringerung des Bestockungsgrades, die Beibehaltung bzw. Erneuerung des Aufstaus der Entwässerungsgräben, der Verschluss von Seitengräben und eine Versickerung von Wasser im Frühjahr/Sommer).

Die Maßnahmen zur Dargebotserhöhung reichen bei weitem nicht aus, um den prognostizierten Wasserbedarf, auch bei Minimierung der Berechnungsmengen, zu decken. Insofern verbleibt nur der Import von Wasser von den Pumpwerken im Süden zur Versickerung im Norden, wenn Nutzungsrestriktionen ausgeschlossen werden sollen.

An den Pumpwerken Hambach und Marienviertel ständen dazu mindestens 9 Mio. m³/a an Wasser zur Verfügung. Die Infrastruktur zur Hebung des Wassers in den Blauen See ist bereits vorhanden, um diesen als Zwischenspeicher zu nutzen. Das Wasser wird regelmäßig überwacht und ist für eine Versickerung geeignet. Das Wasser müsste von dort ca. 10 km nach Norden transportiert und nördlich von Rhade versickert werden, zum Ausgleich der Wasserbilanz im gesamten Bereich. Damit könnten weitere Wasserrechte vergeben werden. Eine Stützung des Wasserhaushaltes im Deutener Moor und in den Rhader Wiesen wäre dennoch sinnvoll.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Zum Abschluss des Projektes im Oktober 2019 fand ein Workshop unter Beteiligung von Fachleuten anderer Regionen statt, auf dem die Projektergebnisse diskutiert und Erfahrungen ausgetauscht wurden. Der Abschlussbericht ist an alle Akteure im Raum zur weiteren Diskussion verschickt worden. Zu verschiedenen Facetten besteht der Bedarf einer Weiterführung.

Fazit

Im Projekt konnten die Überlegungen aus dem vom BMBF geförderten Projekt dynaklim geprüft und weiterentwickelt werden. Das Projekt hat alle Akteure für die wasserwirtschaftliche Situation sensibilisiert, so dass von mehreren Seiten eine weitere Konkretisierung von Maßnahmen zum Wasserimport gewünscht wird. Nur unter Einbeziehung aller Akteure sind die wasserwirtschaftlichen Herausforderungen lösbar.

Inhalt

Projektkennblatt	2
Kurzfassung des Berichtes	11
1 Veranlassung	14
2 Zielsetzung	16
3 Darstellung der Arbeitsschritte und angewandten Methoden	19
4 Ergebnisse	23
4.1 Grundlagenermittlung.....	23
4.1.1 Seepage-Versuche	23
4.1.2 Abflüsse von Hammbach und Wienbach.....	25
4.1.3 Entnahmemengen der Pumpwerke	27
4.1.4 Aktualisierung der Wasserrechte.....	29
4.1.5 Flächendifferenzierte Grundwasserneubildung	30
4.1.6 Landwirtschaftlicher Wasserbedarf	34
4.2 Hydrologisches Gebietsmodell	36
4.3 Grundwassermodellierung	41
4.3.1 Vorgehensweise	41
4.3.2 Ergebnis der instationären Kalibrierung und Ist-Zustand	41
4.3.3 Simulationen bei unterschiedlichen klimatischen und wasserwirtschaftlichen Situationen	48
4.3.4 Simulationen von möglichen Maßnahmen.....	56
4.4 Modellhafte Umsetzung.....	61
4.4.1 Auswahl des Gebietes und Zielsetzung.....	61
4.4.2 Versuchsplanung und Versuchseinrichtung.....	61
4.4.3 Versuchsdurchführung	66
4.4.4 Klimatische Wasserbilanz	69
4.4.5 Grundwasserstandsentwicklung.....	70
4.4.6 Hydrochemische Verhältnisse	73
4.4.7 Maßnahmenvorschlag zur Verbesserung des Wasserhaushaltes	75
4.5 Gebietswasserbilanz	78
4.5.1 Teileinzugsgebiete unterirdisch	78
4.5.2 Entnahmen im unterirdischen Einzugsgebiet.....	81
4.5.3 Wasserbilanz	82
4.6 Maßnahmenprüfung.....	84

4.6.1	Reduktion des Verbrauchs	86
4.6.2	Wasser im Raum halten	88
4.6.3	Verwendung des gepumpten Wassers aus dem Unterlauf	95
4.7	Integriertes Lösungskonzept	99
4.8	Empfehlungen	102
5	Diskussion.....	104
6	Öffentlichkeitsarbeit	104
7	Fazit	105
8	Literatur	106

Die Präsentationen der Arbeitskreissitzungen und des abschließenden Workshops stehen auf der Internetseite von EWLW zum Download bereit:

<https://www.evlw.de/foerderprojekt-der-deutschen-bundesstiftung-umwelt/>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersichtskarte	15
Abbildung 2:	Schematische Darstellung der Vorgehensweise	19
Abbildung 3:	Standorte der Seepage-Versuche	23
Abbildung 4:	Seepage-Messgerät zur Ermittlung des Leakage-Koeffizienten im Gewässer (unten) und Messung der Druckhöhe im Grundwasser unter der Gewässersohle (oben)	24
Abbildung 5:	Ergebnisse der Leakagemessungen mit den Seepage-Messgeräten	25
Abbildung 6:	Tagesmittel des Abflusses und grundwasserbürtiger Abfluss für den Hambach	26
Abbildung 7:	Entnahme Pumpwerk Marienviertel (Ableitung in den Blauen See)	27
Abbildung 8:	Entnahme Pumpwerk Riedweg (Ableitung in den Wienbach)	28
Abbildung 9:	Entnahme Blauer See RWW (Brauchwasserverwendung)	28
Abbildung 10:	Entnahme Pumpwerk Dorsten Hambach (Ableitung in die Lippe)	29
Abbildung 11:	Monatliche Niederschläge 2014 bis 2017 Station Harsewinkel	31
Abbildung 12:	Grundwasserneubildung der Jahre 2015 bis 2017 in mm/a (von links nach rechts)	32
Abbildung 13:	Beispielhafte Darstellung der Verdunstung (links) und des Direktabflusses (rechts) in mm/a für das WWJ 2015	33
Abbildung 14:	Monatliche Grundwasserneubildung im Untersuchungszeitraum bei Ackernutzung auf Sandböden, oben: bei hohen Flurabständen, unten: geringe Flurabstände	34
Abbildung 15:	Landwirtschaftliche Nutzflächen im Modellgebiet und Anteil in % an der Landnutzung nördlich der Lippe (Schraffur: Schutzgebiet, schwarze Linie: Begrenzung des Bottroper Mergels in Rhade und Dorsten), (Datenquelle: ATKIS-Flächennutzung)	35
Abbildung 16:	Übersichtskarte oberirdisches Einzugsgebiet des Hambachs	38
Abbildung 17:	Befestigte Flächen im Stadtgebiet von Dorsten, Stand 2016	39
Abbildung 18:	Vergleich gemessene-berechnete Abflüsse und Monatsvolumina, Pegel Hambach, September 2015 bis Januar 2016	40

Abbildung 19:	Vergleich der gemessenen (blaue Punkte) mit den berechneten (schwarze Linie) Ganglinien an den Grundwassermessstellen im nördlichen Modellgebiet.	42
Abbildung 20:	Vergleich der berechnenden und gemessenen Ganglinie an der Messstelle „Moor“ im Deutener Moor. Der Niederschlag der jeweiligen Monate ist als Säulen dargestellt.	43
Abbildung 21:	Vergleich des grundwasserbürtigen Abflusses aus den Messdaten am Pegel Hammbach (orange) mit dem Berechnungsergebnis des Grundwassermodells (grau).	44
Abbildung 22:	Horizontale Grundwasserströmung im Grundwassermodell.	45
Abbildung 23:	Längsschnitt entlang des Hammbachs auf der Rhader Mergelscholle zur Darstellung der vertikalen Strömungskomponente.	46
Abbildung 24:	Gegenüberstellung eines trockenen Zustandes (Oktober 2015, links) zu einem nassen Zustand (Mai 2016, rechts).	47
Abbildung 25:	Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der Leakage-Rate, Vorflutpotential und freie Grundwasseroberfläche an einem Punkt am Schafsbach und am Hammbach	47
Abbildung 26:	Abfluss und prozentuale Veränderung im Sommerhalbjahr der Szenarien S0 und S1	50
Abbildung 27:	Vorflutsituation und Flurabstände < 1,5m am Ende eines Trockenjahres der Szenarien S0 und S1	50
Abbildung 28:	Auswirkung der Ausschöpfung des Wasserbedarfs im Deutener Moor (S1).	51
Abbildung 29:	Abfluss der Szenarien S0 und S2 im Vergleich	52
Abbildung 30:	Vorflutsituation und Flurabstände < 1,5m im Trockenjahr (S0 und S2).	52
Abbildung 31:	Auswirkung der Halbierung der Wasserrechte im Deutener Moor (S2)	53
Abbildung 32:	Abfluss und prozentuale Veränderung im dritten Jahr der Szenarien S0 und S3	54
Abbildung 33:	Vorflutsituation und Flurabstände < 1,5m des Szenarios S3	55

Abbildung 34:	Auswirkungen der klimatischen Änderungen auf das Deutener Moor (S3 und S5)	55
Abbildung 35	Auswirkung der Aufhebung der landwirtschaftlichen Dränagen auf das Deutener Moor (S4).	57
Abbildung 36	Auswirkung der Aufhebung der landwirtschaftlichen Dränagen in den Rhader Wiesen (S0 und S4), jeweils im Oktober 3. Jahr.	57
Abbildung 37	Auswirkung der Maßnahmen auf die Rhader Wiesen (S0, S4, S6).	58
Abbildung 38	Auswirkung der Maßnahmen auf das Deutener Moor (S0, S4 und S6)	59
Abbildung 39:	Auswirkung der Versickerung auf das Deutener Moor (S7)	60
Abbildung 40:	Auswirkungen auf die Flurabstände durch die Einleitung von Wasser am Schafsbach (S0 und S7).	60
Abbildung 41:	Errichtung der Dämme im Brosthausener Wiesenmoor (x: Gräben nicht wirksam, rote Balken: vorhandene, z. T. funktionsfähige Einstaueinrichtungen, blau: Gräben, margentafarbene Balken: neu errichtete Dämme, margentafarbene Punkte: zusätzliche Messeinrichtungen mit Datenlogger)	63
Abbildung 42:	Schummerungskarte Deutener Moor mit Hervorhebung der Dränagestrukturen	64
Abbildung 43:	Grabenlängsschnitte mit geplanten Einstauniveaus (Grundlage DGM 1)	65
Abbildung 44:	Wasserstandsganglinie (Werte in m)	66
Abbildung 45:	Einstausituation an den Dämmen am 18. März 2019	67
Abbildung 46:	Überflutungssituation im Brosthausener Wiesenmoor im Februar / März 2019	68
Abbildung 47:	Klimatische Bodenwasserbilanz (Niederschlag minus Verdunstung) für den Zeitraum des Einstauversuches für feuchten Laubwald	69
Abbildung 48:	Grundwasserstandsganglinien im Deutener Moor (Daten RWW)	70
Abbildung 49:	Grundwasser- bzw. Wasserstandsganglinien (oben) im Umfeld des Grabens 1.21 (Pfeil: Beginn Einstau am Damm Süd) und	

	klimatische Wasserbilanz für nassen Laubwald auf Tagesbasis (unten)	71
Abbildung 50:	Grundwasser- bzw. Wasserstandsganglinien (oben) im Umfeld des Grabens 1.23 (Pfeil: Beginn Einstau am Damm Süd) und klimatische Wasserbilanz für nassen Laubwald auf Tagesbasis (unten)	72
Abbildung 51:	Klimatische Wasserbilanz bei geringen Flurabständen für Laubwald und Nassbrache	76
Abbildung 52:	Fließwege im Winter und Maßnahmen	77
Abbildung 53:	Ober- und unterirdisches Einzugsgebiet des Hambachs (schwarze Linie: oberirdisches Einzugsgebiet, hellblau: unterirdisches Einzugsgebiet Blauer See, blau: unterirdisches Einzugsgebiet Hambach im 1. Stockwerk	79
Abbildung 54:	Unterirdisches Teileinzugsgebiete des Hambaches im 1. Grundwasserstockwerk (links) und 2. Grundwasserstockwerk (rechts)	80
Abbildung 55:	Entnahmerechte im unterirdischen Einzugsgebiet des Hambachs (Kreise: Annahme der Verwendung) aktualisieren? Sandra	81
Abbildung 56:	Teilströme im Hambach-Einzugsgebiet	82
Abbildung 57:	Wasserbilanz im Einzugsgebiet der Trinkwasserentnahmen Üfter Mark und Holsterhausen (gemäß Prof. Losen 2018)	84
Abbildung 58:	Mögliche Maßnahmen nach Abstimmung im Arbeitskreis	85
Abbildung 59:	Bewässerungsverfahren (Quelle: Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt, Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (2005))	86
Abbildung 60:	Bewässerung im Raum Dorsten	86
Abbildung 61:	Ortslage Rhade und Einzugsgebietsabgrenzung (weiss überlagerte Fläche: Teile von Rhade, die in den Hauptgrundwasserleiter versickern und nicht zum Rhader Bach)	89
Abbildung 62:	Seitengraben des Hambachs mit angeschlossenen landwirtschaftlichen Dränagen auf den angrenzenden Flächen	91

Abbildung 63: Dränagen (orange Flächen) im Bereich der Rhader Wiesen und am Rhader Mühlenbach (Datenquelle: RWW, Konzept zur natürlichen Entwicklung von Hamm- und Wienbach KNEF)	92
Abbildung 64: Waldgebiete im Modellgebiet	93
Abbildung 65: Grundwasserneubildung für verschiedene Waldzusammensetzungen im Einzugsgebiet Rhader Bach/Rhader Mühlenbach (links) und Forst Gewerkschaft Augustus (rechts)	94
Abbildung 66: Grundwasserneubildung für Laub- und Nadelwald am Lysimeter St. Arnold in Rheine	94
Abbildung 67: Konzept zur Verwendung des Wassers	97
Abbildung 68: Blauer See	98
Abbildung 69: Ampelkarte als Entscheidungshilfe für die Behörden (Legende: siehe Text)	101

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mittelwasserabfluss (MQ) und grundwasserbürtiger Abfluss von Hammbach und Wienbach	26
Tabelle 2: Klimatische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet	31
Tabelle 3: Wasserbedarf der Landwirtschaft	36
Tabelle 4: Übersicht über die durchgeführten Simulationen.	49
Tabelle 5: Übersicht über die durchgeführten Simulationen.	56
Tabelle 6: Unterirdische Teileinzugsgebiete des Hammbachs	78
Tabelle 7: Bewässerungstechnik im Vergleich (Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen (2017): Bewässerung in Sachsen, Schriftenreihe Heft 17/2014)	87
Tabelle 8: Zur Verfügung stehendes Wasser an den Pumpwerken	96

Kurzfassung des Berichtes

Im Raum Dorsten-Haltern befindet sich mit den Halterner Sanden eines der größten nutzbaren Grundwasservorkommen Nordrhein-Westfalens. Durch konkurrierende Nutzungen dieses Vorkommens ist der Grundwasserleiter stark beansprucht, der mengenmäßige Zustand gilt gemäß Bewirtschaftungsplan des Landes als „noch gut“¹¹. Die Beanspruchung des Grundwasserleiters ist zu minimieren. Diese Aufgabe soll mit dem vorliegenden Projekt am Beispiel des Einzugsgebiets des Hammbachs in Dorsten aufgegriffen werden. Die Strategien zur konfliktfreien Nutzung des Grundwassers wurden mit allen Beteiligten erarbeitet. Basierend auf den Voruntersuchungen des dynaklim-Projekts (dynaklim-Publikation Nr. 43, 2013¹) – ist das Ziel die Erstellung eines angepassten Maßnahmenkonzeptes um mit Wasser aus Überschussbereichen, das bisher ungenutzt in Oberflächengewässer geleitet wird, die defizitären Grundwassereinzugsgebiete zu stützen. Trinkwasserversorgung, Landwirtschaft und die Feuchtlebensräume / Gewässer sollen auch zukünftig ausreichend Wasser zur Verfügung haben. Das Projekt beinhaltet die Entwicklung und Anwendung eines Entscheidungshilfesystems, die Entwicklung und Erprobung modellhafter integrierter Lösungsansätze unter Berücksichtigung der Wiedernutzung des Wassers, das heute von einem Pumpwerk in die Lippe gefördert wird.

Nach einer Aktualisierung der Grundlagen wurden Modelle zur Simulation von Grund- und Oberflächenwasser ertüchtigt und erweitert. Es erfolgte eine modellgestützte Überprüfung der Wirksamkeit konzipierter Maßnahmen. Im Rahmen des Projektes wurden mögliche Maßnahmen zur Erhöhung des Dargebotes mit den Akteuren erarbeitet und auf ihre Wirksamkeit geprüft.

Der landwirtschaftliche Wasserbedarf (bisherige Wasserrechte 2,34 Mio. m³/a) von 27 Mio. m³/a in Trockenjahren ist wasserhaushaltlich, auch bei Nutzung der gepumpten Wässer im Süden, nicht zu decken. Oberste Priorität muss daher eine effizientere Bewässerung und Anpassung der angebauten Kulturen haben.

Die Wasserrechte schöpfen derzeit das verfügbare Grundwasserdargebot aus. Es gibt keine Spielräume für größere weitere Entnahmen. Der Abfluss im Hammbachsystem ist durch die Entnahmesituation insgesamt bereits heute beeinträchtigt. Daraus ergibt sich die erarbeitete Entscheidungshilfe für die zuständigen Behörden mit einer Ampelkarte.

Es sollten oberhalb des Pegels Hammbach keine Entnahmen aus den Fließgewässern, bzw. in ihrem direkten Umfeld erlaubt bzw. verlängert werden. Unterhalb wird ein Spielraum von bilanzneutralen Grundwasserentnahmen gesehen. Unterhalb ist die Situation in Bezug auf die Wasserrechte unkritisch.

Im Projekt wurden verschiedene Möglichkeiten der Dargebotserhöhung („Wasser im Raum halten“) geprüft. Eine Regenwasserversickerung in Rhade ist grundsätzlich zu befürworten, die Wirkung erscheint in Anbetracht des Wasserbedarfs gering. Ein Umbau der Wälder in Laub- bzw. Mischwald im Einzugsgebiet des Rhader Baches bzw. Rhader Mühlenbaches und im Forst Gewerkschaft Augustus kann das Grundwasserdargebot langfristig erheblich erhöhen. Der Rückhalt von winterlichem Direktabfluss durch Aufhebung von Dränagen und Gräben ist eine weitere Möglichkeit das Grundwasserdargebot zu erhöhen. Die Maßnahmen würden zu einer Einschränkung der landwirtschaftlichen Nutzung führen, so dass sie nur in Naturschutzgebieten mit entsprechender Förderung realistisch umsetzbar sind. Abgeleitet aus den Simulationen und dem Ergebnis des Einstauversuchs im Deutener Moor (Brosthausener Wiesenmoor) können, neben der Aufhebung landwirtschaftlicher Dränagen die Verringerung des Bestockungsgrades, die Beibehaltung bzw. Erneuerung des Aufstaus der Entwässerungsgräben, der dauerhafte / vollständige Verschluss von Gräben (in Teilen auch eine Verfüllung), der Verschluss von Seitengräben und eine Versickerung von Wasser im Frühjahr/Sommer (Rigole bzw. Oberflächenwassereinleitung) als zielführende Maßnahmen benannt werden.

Die Maßnahmen zur Dargebotserhöhung reichen bei weitem nicht aus, um den Wasserbedarf, auch bei Minimierung der Berechnungsmengen, zu decken. Insofern verbleibt als einzige Möglichkeit der Import von Wasser von den Pumpwerken im Süden zur Versickerung im Norden.

An den Pumpwerken Hammbach und Marienviertel stehen mindestens 9 Mio. m³/a an Wasser zur Verfügung. Das Wasser wird regelmäßig überwacht und ist für eine Versickerung nicht ungeeignet. Die Genehmigungsfähigkeit muss im Weiteren geprüft werden. Die Infrastruktur zur Hebung des Wassers in den Blauen See ist bereits vorhanden, um diesen ggfs. als Zwischenspeicher zu nutzen. Das Wasser müsste von dort ca. 10 km nach Norden transportiert und nördlich der Ortschaft Rhade versickert werden, um die Wasserbilanz im gesamten Einzugsgebiet zu stützen. Auf dieser Grundlage könnten weitere Wasserrechte vergeben werden. Die lokale Stützung des Wasserhaushaltes im Deutener Moor und in den Rhader Wiesen wären zusätzliche sinnvolle und wirksame Maßnahmen.

Zur Konkretisierung und Umsetzung des integrierten Lösungskonzeptes sind verschiedene, z.T. parallele Schritte erforderlich. Für die Nutzung des Wassers aus den Pumpwerken im Süden ist eine Machbarkeitsstudie mit belastbarer Kostenannahme erforderlich. Diese beinhaltet die endgültige Klärung der zur Verfügung stehenden Wassermengen, die technischen Maßnahmen zur Zwischenspeicherung, den Transport nach Norden und die Versickerung zur Grundwasseranreicherung sowie die endgültige Prüfung der Wasserqualität zur Speisung der Naturschutzgebiete. Eine Kosten-Nutzen-Rechnung unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte war nicht Gegenstand des Projektes. Bei einer weiteren Konkretisierung des integrierten Lösungskonzeptes ist dieser Aspekt zu vertiefen. Auf der einen Seite ist eine gesicherte landwirtschaftliche Nutzung ohne Import von zusätzlichem Wasser, insbesondere bei dem erwarteten Klimawandel, und der Erhalt der Naturschutzgebiete in ihrer heutigen Form nicht mehr möglich. Andererseits sind mit der Zurverfügungstellung des Wassers enorme finanzielle und energetische Aufwendungen verbunden.

Für die Maßnahmen am Brosthausener Wiesenmoor ist eine konkrete Umsetzung zu planen und umzusetzen (u.a. dauerhafte Staueinrichtungen und Verschluss von Seitengräben). Ein weiterer Baustein ist die Konkretisierung der Vorschläge zur Minimierung des Wasserbedarfs zur Beregnung.

Zur Beurteilung von vorhandenen und beantragten Wasserrechten in den einzelnen Teilbilanzgebieten bei Anwendung der Entscheidungshilfe ist eine Beratung der Behörden in Wasserhaushaltsfragen sinnvoll. Insbesondere ein regelmäßiger Abgleich der Ampelkarte mit der aktuellen Ausnutzung der Wasserrechte bzw. mit der Wasserbilanz könnten den Behörden die Entscheidungen erleichtern. Das vorhandene Grundwassermodell wurde im Rahmen des Projektes für instationäre Betrachtungen erweitert und bietet nun die Möglichkeit, diesbezüglichen Fragestellungen nachzugehen. Um Veränderungen im Wasserhaushalt nachzuvollziehen, besteht außerdem die Möglichkeit, mit anspruchsvolleren statistischen Verfahren die langjährigen Ganglinien auszuwerten.

Außerdem wird empfohlen, die Einsparung von Trinkwasserentnahmen auf Verbraucherebene zu fördern (zumal ein größerer Teil eher als Brauchwasser genutzt wird).

1 Veranlassung

Im Raum Dorsten-Haltern befindet sich mit den Halterner Sanden eines der größten nutzbaren Grundwasservorkommen Nordrhein-Westfalens. Durch konkurrierende Nutzungen dieses Vorkommens ist der Grundwasserleiter stark beansprucht, der mengenmäßige Zustand gilt gemäß Bewirtschaftungsplan des Landes als „noch gut“¹¹. Die Beanspruchung des Grundwasserleiters ist zu minimieren.

Diese Aufgabe soll mit dem vorliegenden Projekt am Beispiel des Einzugsgebiets des Hambachs in Dorsten (Abbildung 1) aufgegriffen werden. Die grundsätzliche Zielsetzung des hier vorgeschlagenen Projekts liegt letztlich darin, über ein angepasstes Maßnahmenkonzept mit Wasser aus Überschussbereichen, das bisher ungenutzt in Oberflächengewässer geleitet wird, die defizitären Grundwassereinzugsgebiete zu stützen. Die Strategien zur konfliktfreien Nutzung des Grundwassers sollen dabei mit allen Beteiligten erarbeitet werden.

Das Projekt beinhaltet die Entwicklung und Anwendung eines Entscheidungshilfesystems und die Entwicklung und Erprobung modellhafter integrierter Lösungsansätze unter Berücksichtigung der Wiedernutzung von Wasser eines Pumpwerkes.

Entsprechend den Förderleitlinien (2016) der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) werden mit dem Projekt zum Schwerpunkt 11 „Integrierte Konzepte und Maßnahmen zu Schutz und Bewirtschaftung von Grundwasser und Oberflächengewässern“ konkret die förderfähigen Aspekte

- Entwicklung und Anwendung beispielhafter Entscheidungshilfesysteme und Qualitäts- wie Quantitätsmodelle von der Betriebs- bis zur Einzugsgebietsebene,
 - Entwicklung und Erprobung modellhafter integrierter Lösungsansätze und Systeme sowie technische Maßnahmen inklusive Weiterentwicklung in der Anlagentechnik der Abwasserbehandlung zur Verbesserung der Wasserqualität und zur Sicherung von Ökosystemdienstleistungen,
 - Entwicklung und Erprobung modellhafter Maßnahmen zur Information,
 - Qualifizierung und Beteiligung betroffener Akteure
- aufgegriffen.

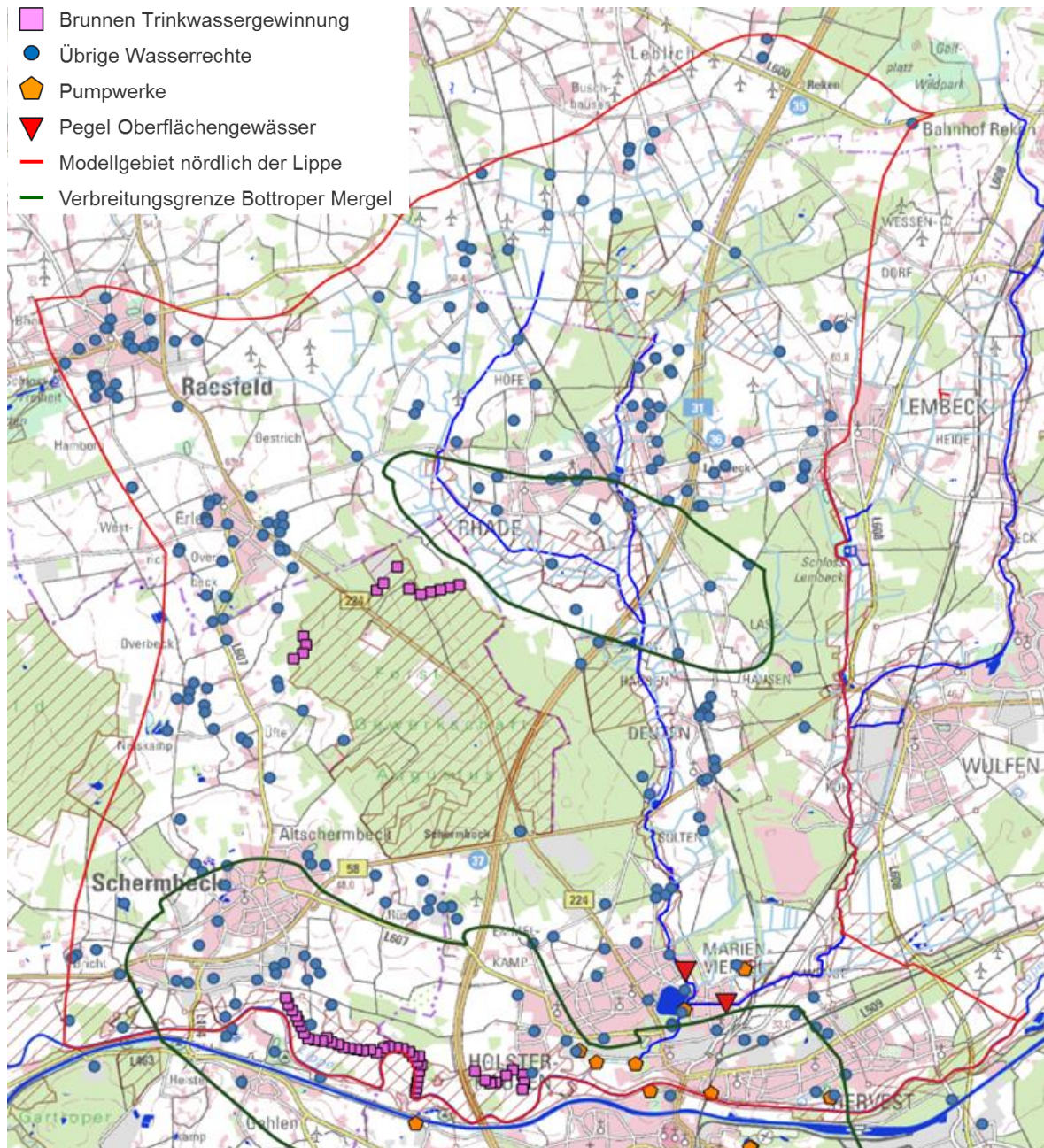


Abbildung 1: Übersichtskarte

2 Zielsetzung

Basierend auf den Voruntersuchungen des dynaklim-Projekts¹ (Dynamische Anpassung regionaler Planungs- und Entwicklungsprozesse an die Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region (Nördliches Ruhrgebiet)) ist das Ziel die Erstellung eines angepassten Maßnahmenkonzeptes um mit Wasser aus Überschussbereichen, das bisher ungenutzt in größere Fließgewässer geleitet wird, die defizitären Grundwassereinzugsgebiete zu stützen. Trinkwasserversorgung, Landwirtschaft und die Feuchtlebensräume / Gewässer sollen auch zukünftig ausreichend Wasser zur Verfügung haben.

Mögliche Maßnahmen können u. a. eine Optimierung des Entnahmemanagements, die Einleitung von Wasser in kleine Fließgewässer, die Versickerung im Einzugsgebiet oder die Bereitstellung von Wasser zur Beregnung landwirtschaftlicher Nutzflächen sein. Die Versickerung kann dabei auch dezentral erfolgen, wobei Oberflächen- und Zwischenabfluss aus Hauptwasserläufen in Gräben und Landschaftsmulden eingeleitet wird. Dabei ist der ökologisch notwendige Mindestabfluss auf Monatsbasis in den Entnahmegewässern zu wahren. Die im Rahmen des dynaklim-Projekts erarbeiteten Prognosen bezüglich zukünftiger Verteilung und Änderungen hydrometeorologischer Größen wie der Niederschlagsverteilung sind hierbei zu beachten. Insofern baut das vorliegende Projekt auf die Forschungsergebnisse des dynaklim-Vorhabens auf und stellt die technische Weiterführung des Vorhabens dar. Die Werkzeuge dazu wurden im dynaklim-Vorhaben entwickelt und werden nach einer Optimierung am konkreten Beispiel modellhaft angewendet.

Im Einzugsgebiet des Hammbachs spielt der grundwasserbürtige Abfluss eine sehr große Rolle, während der Direktabfluss vor allem aus bebauten Gebieten einen Einfluss auf die Hochwasserabflüsse hat. Daher ist auch die Regenwasserabkopplung in Siedlungsgebieten eine mögliche Quelle der Versickerung. Insofern ist es wichtig, sowohl Werkzeuge für die Prognose des Gesamtabflusses als auch des grundwasserbürtigen Anteils zu haben, um den Erfolg wasserwirtschaftlicher Maßnahmen prüfen zu können.

Dabei kann auf bestehende wasserwirtschaftliche Modelle aufgebaut werden, die mithilfe einschlägiger Modellierungssoftware weiter zu entwickeln sind. Für den Hammbach liegt beim Lippeverband ein deterministisches, hydrologisches Gebietsmodell (konzeptionelles Wasserhaushaltsmodell NASIM) vor, was im Hinblick auf den grundwasserbürtigen Anteil ertüchtigt werden musste. Das konkrete unterirdische Einzugsgebiet und der grundwasserbürtige Zustrom bzw. Versickerungsabschnitte, die maßgeblichen Einfluss auf das Ab-

flussverhalten haben, wurden im hydrologischen Gebietsmodell bislang nicht berücksichtigt, da die bisherigen Fragestellungen auf den Hochwasserabfluss fokussiert waren. Für den grundwasserbürtigen Abfluss liegt beim Lippeverband und RWW ein stationär kalibriertes Grundwassermodell vor (Modell mit dem Programm Spring). Das Modell ist im dynamik-Projekt für die Simulation der Auswirkungen des Klimawandels angepasst und verwendet worden. Den Ergebnissen zufolge ist in den nächsten Jahrzehnten mit einem massiven Beregnungsbedarf der Landwirtschaft zu rechnen, der die Wasserhaushaltssituation deutlich verschärfen wird. Für das vorliegende Projekt erfolgt eine kombinierte Anwendung des Grundwassermodells mit dem hydrologischen Gebietsmodell. Im Ergebnis wird eine Gebietswasserbilanz mit Angabe der einzelnen Wasserhaushaltsgrößen (Niederschlag, Verdunstung, Direktabfluss und Grundwasserneubildung) und unter Berücksichtigung der Entnahme- und Abflusssituation in den Teileinzugsgebieten erstellt.

Zur Überprüfung der Umsetzbarkeit des kombinierten Modells in der realen Situation ist an einer Stelle eine modellhafte Umsetzung vorgesehen, um die Reaktion in der betrachteten Region zu beobachten.

Aufbauend auf den Simulationsergebnissen werden integrierte Lösungsansätze für die wasserwirtschaftlichen Probleme im Einzugsgebiet des Hammbachs entwickelt. Es wird ein Maßnahmenkonzept erstellt, was die Bereitstellung von Wasser aus den im Süden gelegenen, für die Polderung genutzten Pumpwerken, aber auch Möglichkeiten zur Reduktion des Wasserverbrauchs und Rückhaltung von Wasser im Raum berücksichtigt. Auch die Speisung von Gewässern aus den Kanälen des Wasserverbands Westdeutscher Kanäle (WWK) wird einbezogen.

Ein sehr wichtiger Bestandteil des Projektes ist die Information und Einbindung der wasserwirtschaftlich relevanten Akteure im Einzugsgebiet. Das Konzept ist in Zusammenarbeit zwischen Behörden (Bezirksregierung, Kreisverwaltung, Stadtverwaltungen), RWW (Trinkwassergewinnung), Vertretern der Landwirtschaft und des Naturschutzes (Untere Naturschutzbehörde, Biologische Station des Kreises Recklinghausen) sowie des Lippeverbands zu erstellen. Die Zusammenarbeit aus dynamik ist wieder aufzugreifen und nach Möglichkeit im Konsens aller Beteiligten eine Lösung zu finden, damit sowohl für die Trinkwassergewinnung als auch für die Landwirtschaft und den Naturschutz ausreichend Wasser zur Verfügung steht. Die Zusammenarbeit erfolgt über regelmäßige Arbeitskreissitzungen. Da hier die Verteilung des verfügbaren Wassers von besonderer Bedeutung ist, sind die zuständigen Behörden des Kreises und der Bezirksregierung ebenfalls in die Ge-

sprache einzubeziehen. Hier spielen auch Kriterien zur Erlaubnisfähigkeit zusätzlicher Entnahmerechte eine Rolle. Die Gesprächsrunden werden vom Lippeverband als neutraler Institution moderiert.

3 Darstellung der Arbeitsschritte und angewandten Methoden

Die Bestandteile und Vorgehensweise des Projektes sind in Abbildung 2 dargestellt. Kern der Bearbeitung ist im ersten Teil des Projektes die Weiterentwicklung von Grundwassermodell und Hydrologischem Gebietsmodell (blaue Kästen in Abbildung 2).

Das vorhandene Grundwassermodell von RWW, das im Wasserrechtsverfahren für die wasserrechtliche Bewilligung der Grundwasserentnahmen Holsterhausen und Üfter Mark verwendet wurde, ist im Rahmen des Projektes um zusätzliche Erkenntnisse über die Leakagekoeffizienten der Gewässer zu verbessern und instationär zu kalibrieren, um den Jahresgang der Grundwasserstände und Abflüsse darstellen zu können. Außerdem erfolgt eine netzwerkartige Verknüpfung der Abflüsse im Gewässernetz. Zur verbesserten Abbildung der Wechselwirkungen zwischen Grundwasser und Oberflächengewässern werden Seepageversuche zur Ermittlung des Leakage-Koeffizienten durchgeführt.

Das hydrologische Gebietsmodell des Lippeverbands wird um zusätzliche Erkenntnisse zu den Staunässeböden (aus einer ergänzenden stichprobenartigen Bodenkartierung und vor allem um Angaben aus dem Grundwasserzustrom (aus dem Grundwassermodell) erweitert und neu kalibriert. Bei der kombinierten Anwendung werden die, aus dem Hydrologischen Gebietsmodell ermittelten Direktabflüsse, im Grundwassermodell berücksichtigt.

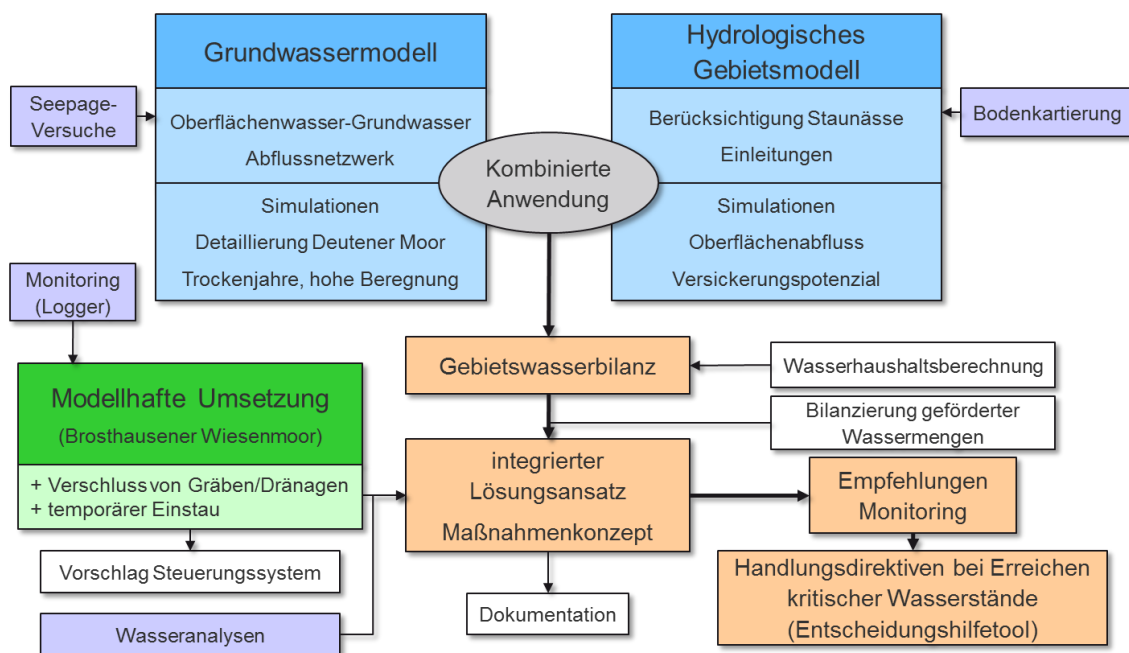


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Vorgehensweise

Mit dem Grundwassermodell werden Szenarien für mittlere Verhältnisse, für Trockenjahre sowie mit und ohne Beregnung bzw. gesteigerter Beregnung in trockenen Sommern berechnet. Die Zusammenschau beider Modelle erlaubt eine umfassende Bilanzierung aller Abflüsse und der geförderten bzw. gepumpten Wässer. Dabei werden alle Grundwasser- und Oberflächengewässerentnahmen und wasserwirtschaftlichen Maßnahmen im Gebiet (z. B. Bewirtschaftung Blauer See, Entnahme Pumpwerk Hammbach, Brunnen Marienviertel) aktualisiert bzw. berücksichtigt. Der Wasserbedarf insbesondere der Landwirtschaft ist zu ermitteln. Im zweiten Teil des Projektes (orange Kästen in Abbildung 2) kann damit eine Gebietswasserbilanz erstellt und ein integrierter Lösungsansatz erarbeitet werden. Das zu erstellende Maßnahmenkonzept umfasst auch Empfehlungen für ein Gesamtmonitoring und die Überwachung der Grundwasserstände als Entscheidungshilfe für wasserwirtschaftliche Maßnahmen im Einzugsgebiet des Hammbachs und der zugehörigen Grundwassereinzugsgebiete. Es umfasst neben der Überwachung auch Handlungsrichtlinien bei Erreichen kritischer Flurabstände bzw. Wasserstände an den Oberflächengewässern. Eine solche Entscheidungshilfe ist nicht nur für den Trinkwasserversorger von Bedeutung, sondern auch für die Behörden bei der Vergabe weiterer Wasserrechte.

Zur Überprüfung der Umsetzbarkeit in der realen Situation ist an einer Stelle Wasser einzuleiten, zu versickern oder andere wasserbauliche Maßnahmen testweise umzusetzen und die Reaktion in der betrachteten Region zu beobachten. Für eine modellhafte Umsetzung (grüner Kasten in Abbildung 2) kommen die Naturschutzgebiete Rhader Wiesen, Schwarzes Venn oder Deutener Moor in Frage. Auf diese Art und Weise ist es möglich, die Modellergebnisse zu überprüfen. Die Maßnahmen werden im Rahmen des Projektes erarbeitet. Möglich wäre der testweise Verschluss von Entwässerungsgräben oder Dränagen, der temporäre Einstau eines Gewässers, die Wassereinleitung in ein Gewässer oder eine Versickerung im näheren Umfeld eines Feuchtgebietes bzw. Gewässers. Mit der modellhaften Umsetzung verbunden ist die Einrichtung eines Monitoringsystems mit kontinuierlich aufzeichnenden Datenloggern. Hierzu sind ggfs. weitere Messstellen einzurichten. Im Ergebnis der modellhaften Umsetzung werden Vorschläge für ein Steuerungssystem für das untersuchte Naturschutzgebiet als Entscheidungshilfe für wasserwirtschaftliche Maßnahmen erarbeitet.

Die sich aus dieser Vorgehensweise ergebenden Arbeitspakete (AP) mit ihren Teilleistungen sind im Folgenden aufgeführt:

AP 1: Grundlagenermittlung

- Recherche und Auswertung von aktuellen Abflussdaten und Entnahmen
- Durchführung von Geländemessungen mit Seepage-Messgeräten
- Berechnung der monatlichen Grundwasserneubildung
- Beispielhafte bodenkundliche Kartierung von repräsentativen Pseudogleystandorten

AP 2: Grundwassermodellierung

- Erweiterung des Grundwassermodells im Hinblick auf Gewässerquerschnitte (W/Q-Beziehung) und ermittelte Leakage-Koeffizienten
- Instationäre Kalibrierung auf Monatsbasis
- Simulation verschiedener Entnahme- und Bewirtschaftungsszenarien

AP 3: Hydrologisches Gebietsmodell

- Überprüfung und Abgleich des Hydrologischen Gebietsmodells mit der Grundwassermodellierung
- Erweiterung des Modells um den Basisabflussspeicher einschließlich Entnahmestellen
- Kalibrierung des Modells für Mittelwasser und mittleres Niedrigwasser
- Ermittlung des Abflusses für verschiedene Szenarien

AP 4: Auswertung

- Überarbeitung der Wasserbilanz
- Erarbeitung von möglichen Varianten zur Regulierung des mengenmäßigen Zustands im Grundwasserkörper unter Berücksichtigung des Klimawandels und wasserwirtschaftlicher Prognosen
- Modellgestützte Überprüfung der Wirksamkeit konzipierter Maßnahmen

AP 5 Modellhafte Umsetzung

- Auswahl eines Gebietes (NSG) zur modellhaften Umsetzung
- Erstellung einer Gebietswasserbilanz
- Erarbeitung und Durchführung von Maßnahmen (z. B. testweiser Verschluss von Entwässerungseinrichtungen oder Wassereinleitung/Versickerung)

- Einrichtung eines Monitoringsystems mit Datenloggern während der Umsetzung
- Erarbeitung von Vorschlägen für ein Steuersystem

AP 6: Maßnahmenkonzept

- Erstellung eines Maßnahmenkonzeptes im Sinne einer Machbarkeitsstudie
- Entscheidungshilfesystem für die Wasserverteilung

AP 7: Abschlussbericht

- Erstellung des Abschlussberichts einschließlich Dokumentation der Grundlagenermittlung, Grundwassermodellierung und hydrologischen Modellierung
- Hinweise für die Übertragung der modellhaften Lösungsansätze auf andere Anwendungsfälle

Im Rahmen des Projektes wurden drei Arbeitskreissitzungen mit allen beteiligten Akteuren (Untere und Obere Wasserbehörde, Untere und Obere Naturschutzbehörde, RWW, Landwirtschaftskammer, Naturschutzorganisationen, Biologische Station Kreis Recklinghausen, RAG und Lippeverband) durchgeführt. Die Organisation, Moderation und Nachbereitung der Sitzungen erfolgt durch den Lippeverband bzw. die Lippe Wassertechnik GmbH. Alle Beteiligten konnten sich auch mit eigenen Vorschlägen in die Konfliktlösung einbringen. Die Vorschläge wurden diskutiert und mit den verfügbaren Modellen simuliert und bewertet.

4 Ergebnisse

4.1 Grundlagenermittlung

4.1.1 Seepage-Versuche

Da die Wechselwirkungen der stehenden- und fließenden Gewässer mit dem Grundwasser am Hambach eine außerordentliche Rolle spielen, wurden die Sohleigenschaften der Gewässer bzw. die Versickerungsverhältnisse als weitere Grundlage der Modellierung untersucht. Hierzu bieten sich Seepage-Untersuchungen gemäß DWA⁶ vor Ort am Hambach, Wienbach und Rhader Bach an, bei denen Hauben in die Gewässersohle gedrückt werden, mit denen der Grundwasserzustrom in das Gewässer gemessen werden kann. Die Seepage-Versuche wurden im Sommer bzw. Spätsommer 2018 durchgeführt (Abbildung 4). Da zu diesem Zeitraum nur der Hauptlauf des Hambachs bzw. Rhader Mühlenbach eine ausreichende Wassertiefe aufwies, konnten nur hier entsprechende Versuche durchgeführt werden.

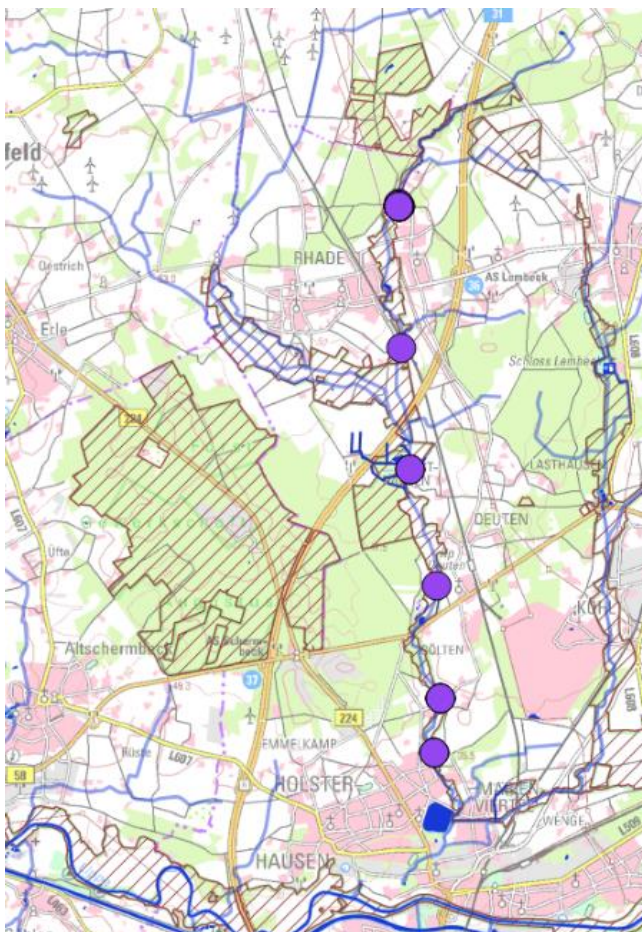


Abbildung 3: Standorte der Seepage-Versuche

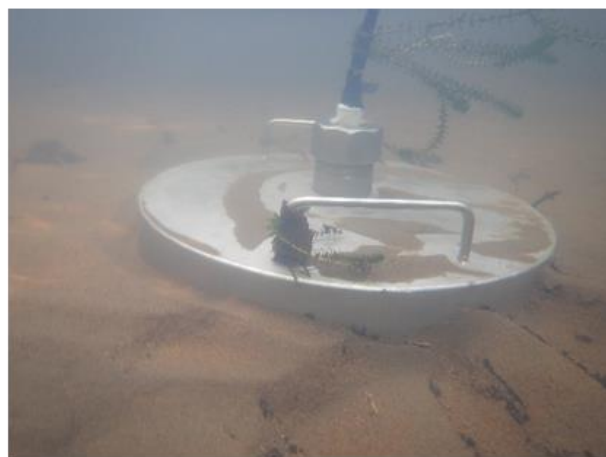


Abbildung 4: Seepage-Messgerät zur Ermittlung des Leakage-Koeffizienten im Gewässer (unten) und Messung der Druckhöhe im Grundwasser unter der Gewässer-
sohle (oben)

An insgesamt 6 Standorten konnte mit 10 Hauben erfolgreich ein Leakage-Koeffizient ermittelt werden (Abbildung 3). Die Spanne des Leakage-Koeffizienten reicht von $1,5 \cdot 10^{-7}$ bis $2,4 \cdot 10^{-4}$ [1/s] und ist damit für sandige Gewässer wie den Hammbach vergleichsweise weit (Abbildung 5). Der Mittelwert beträgt $4,3 \cdot 10^{-5}$ [1/s]. Offensichtlich ist die sandige Sohle in

verschiedenen Bereichen kolmatiert. Es handelt sich um eine sogenannte innere Kolmatiation, die an der Sedimentoberfläche nicht sichtbar ist.

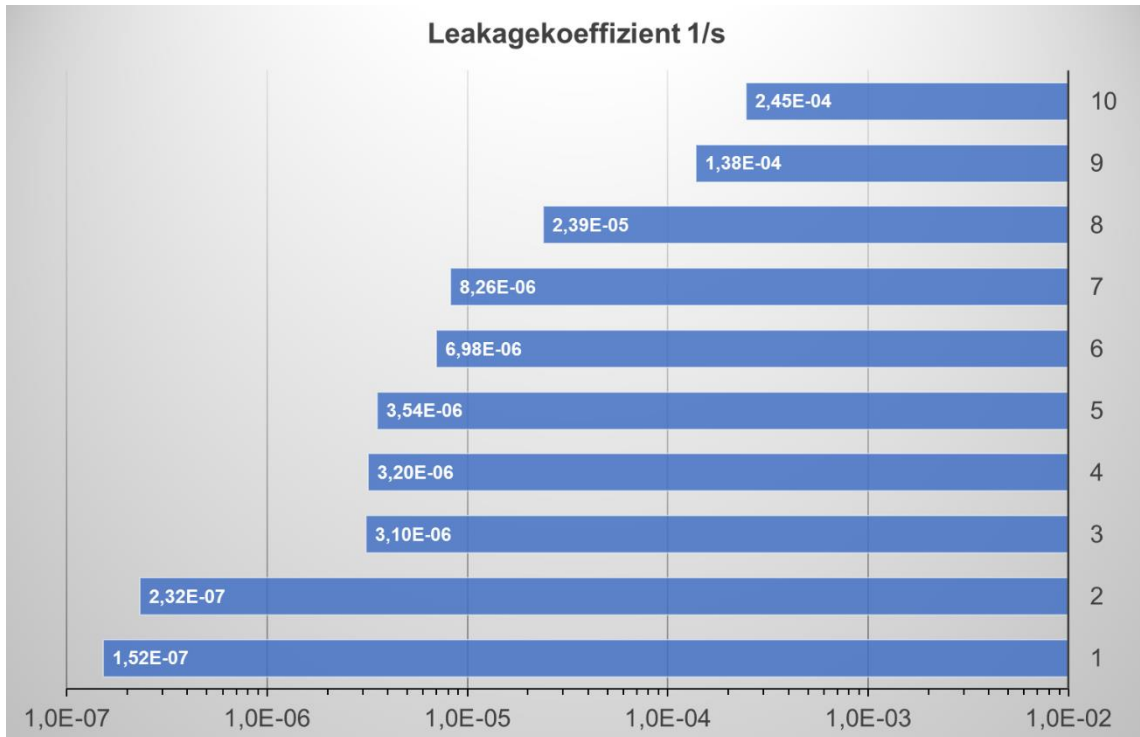


Abbildung 5: Ergebnisse der Leakagemessungen mit den Seepage-Messgeräten

4.1.2 Abflüsse von Hambach und Wienbach

An Hambach und Wienbach bestehen Abflussmessstellen des Lippeverbands (Abbildung 1). Die Daten wurden recherchiert und aufbereitet. Aus den Abflussdaten wurde der grundwasserbürtige Anteil in Anlehnung an das Verfahren von Natermann ermittelt (Beispiel Hambach Abbildung 6). Danach entspricht die untere Umhüllende der Abflussganglinie dem Basisabfluss des Gewässers. Der Pegel befindet sich in Fließrichtung vor der Schwelle, wo Wasser aus dem Hambach in den Blauen See abgezweigt wird, d.h. keine Beeinflussung vorhanden ist. In gleicher Weise wurden auch die Abflussdaten des Wienbachs ausgewertet. Die Kennzahlen beider Gewässer über die Jahre 2011 bis 2017 sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Der Mittelwasserabfluss (MQ) der ausgewerteten 7 Jahre beträgt beim Hambach 440 l/s und beim Wienbach 519 l/s. Dabei beträgt der grundwasserbürtige Anteil beim Hambach 67 % und beim Wienbach über 90 %.

Tabelle 1: Mittelwasserabfluss (MQ) und grundwasserbürtiger Abfluss von Hammbach und Wienbach

Jahr	Hammbach			Wienbach		
	MQ	grundwasserbürtig	Anteil	MQ	grundwasserbürtig	Anteil
	m ³ /s	m ³ /s	%	m ³ /s	m ³ /s	%
2011	0,435	0,227	52,0	0,577	0,512	88,7
2012	0,419	0,255	60,9	0,530	0,487	91,7
2013	0,328	0,240	73,1	0,495	0,467	94,4
2014	0,463	0,394	85,0	0,486	0,468	96,3
2015	0,446	0,331	74,3	0,504	0,471	93,5
2016	0,519	0,359	69,2	0,562	0,510	90,8
2017	0,473	0,278	58,8	0,482	0,464	96,2
Mittel	0,440	0,298	67,6	0,519	0,483	93,1
Mittel 15-17	0,479	0,323	67,4	0,516	0,482	93,5

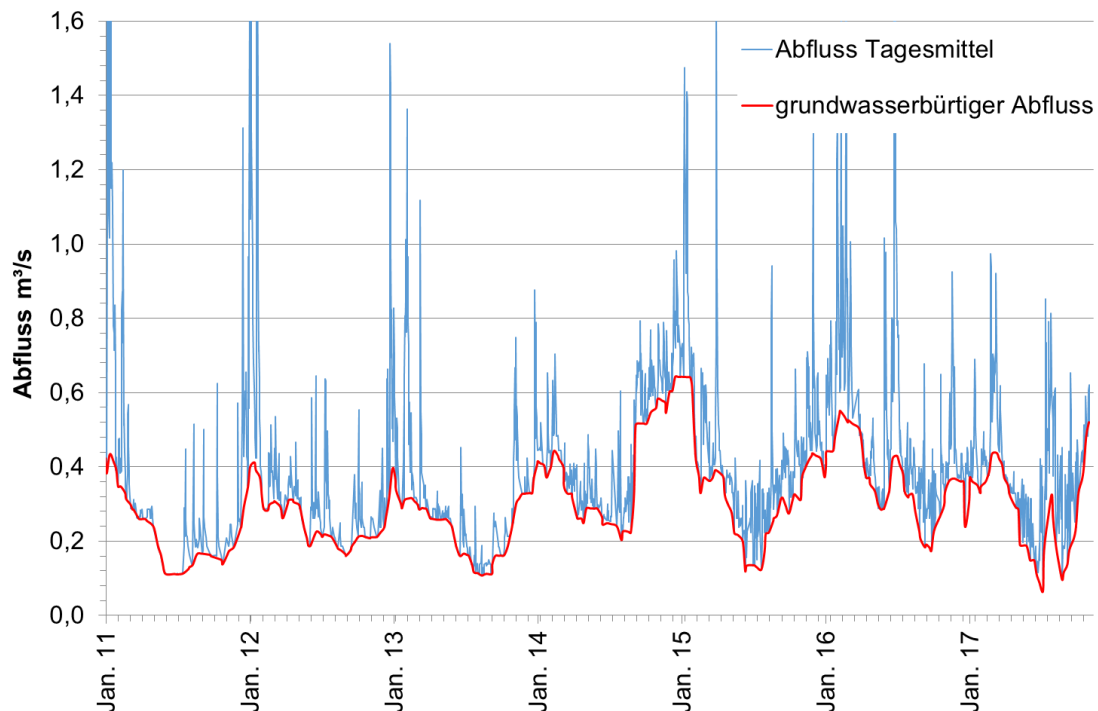


Abbildung 6: Tagesmittel des Abflusses und grundwasserbürtiger Abfluss für den Hammbach

4.1.3 Entnahmemengen der Pumpwerke

Im Einzugsgebiet des Hambachs bzw. im näheren Umfeld bestehen Pumpwerke im Marienviertel und am Riedweg, die bergsenkungsbedingt erforderlich wurden und heute vom Lippeverband betrieben werden. Auch der Hambach selbst wird vor der Mündung in die Lippe bergsenkungsbedingt gepumpt. Das Wasser gelangt über eine Auslaufstrecke gemeinsam mit dem Ablauf der Kläranlage Dorsten-Holsterhausen in die Lippe. Außerdem wird die Rücklaufstrecke im Alten Hambach mit 5 l/s gespeist. Auch diese Maßnahmen werden vom Lippeverband durchgeführt. Das Wasser der Rücklaufstrecke versickert auf der Fließstrecke Richtung Norden. Neben den drei genannten Pumpwerken wird Wasser aus dem Blauen See zur Brauchwassergewinnung entnommen. Da diese Entnahme in Zusammenhang mit dem Abfluss des Hambachs steht (Entnahme aus dem Hambach z.T. in freier Vorflut und z.T. gepumpt), wird sie hier unter Entnahmen der Pumpwerke geführt. Die Standorte der Pumpwerke sind der Abbildung 1 zu entnehmen.

Die monatlichen Entnahmemengen aller Pumpwerke sind den Abbildung 7 bis Abbildung 10 zu entnehmen.

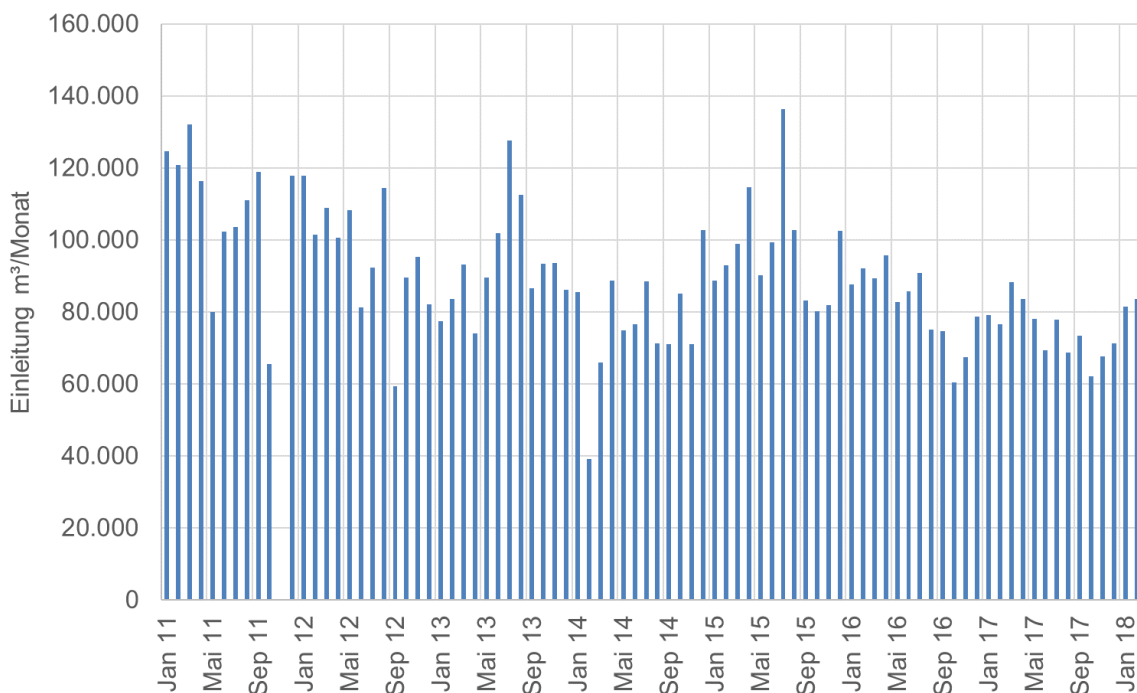


Abbildung 7: Entnahme Pumpwerk Marienviertel (Ableitung in den Blauen See)

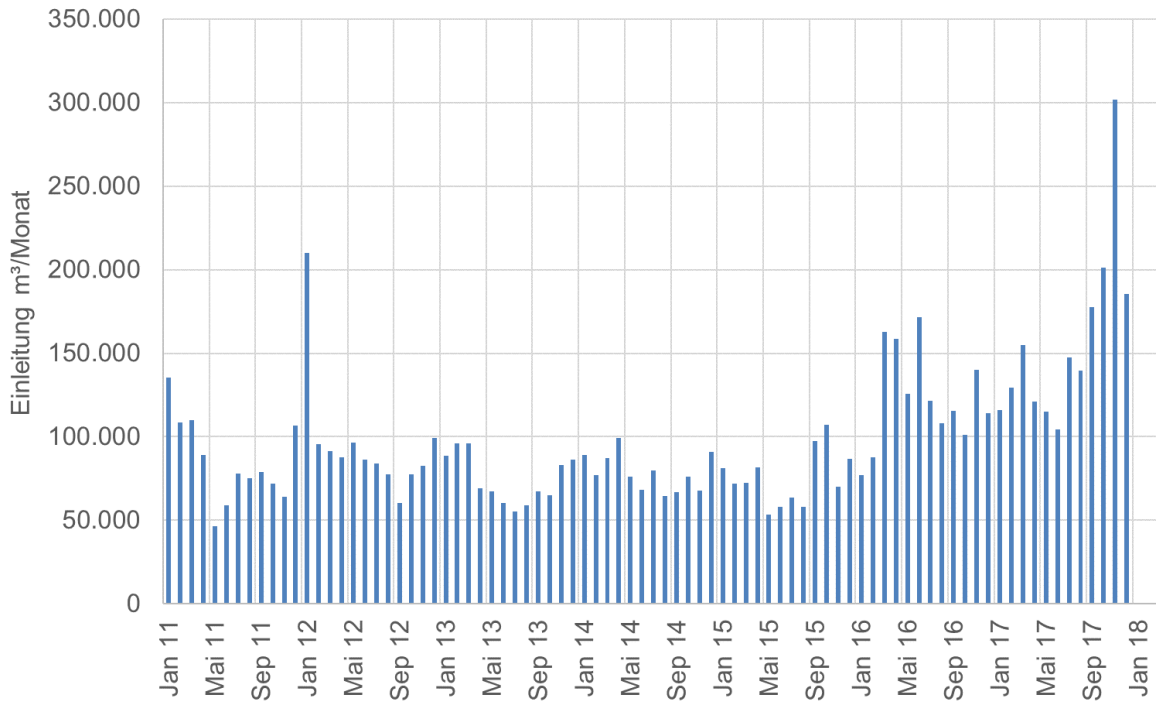


Abbildung 8: Entnahme Pumpwerk Riedweg (Ableitung in den Wienbach)

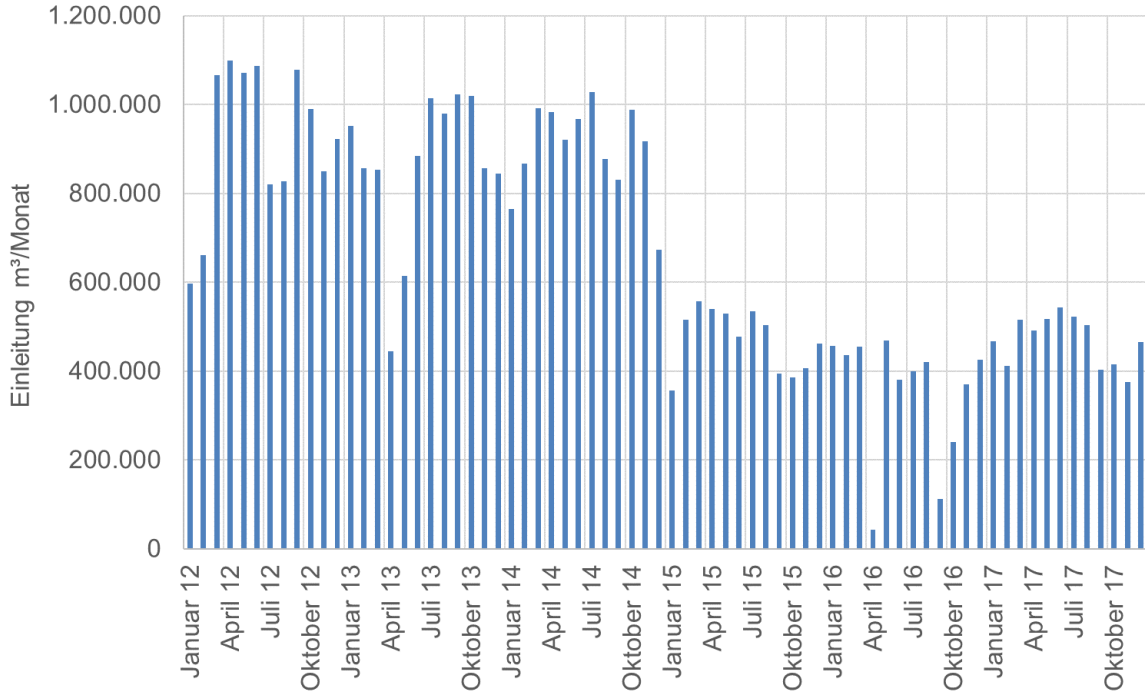


Abbildung 9: Entnahme Blauer See RWW (Brauchwasserverwendung)

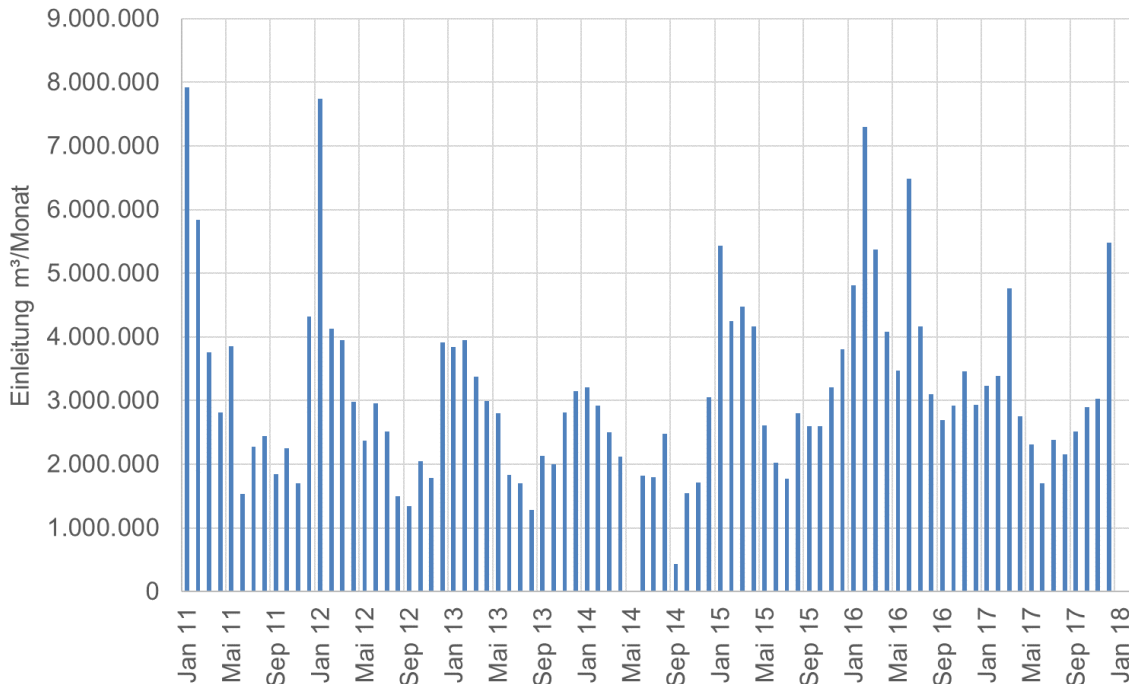


Abbildung 10: Entnahme Pumpwerk Dorsten Hambach (Ableitung in die Lippe)

4.1.4 Aktualisierung der Wasserrechte

Bei der Unteren Wasserbehörde und der Bezirksregierung wurden die aktuellen Wasserrechte recherchiert und in das Grundwassermodell übernommen. Im gesamten Grundwassermodellgebiet nördlich der Lippe belaufen sich die derzeitigen Wasserrechte auf 28.983.328 m³/a. Die Aufteilung der Wasserrechte nach Verwendungszweck ist in Tabelle 2 dargestellt. Einige Wasserrechte sind ausgelaufen, werden aber vermutlich weiter betrieben. Wasserrechte, bei denen bekannt ist, dass sie ausgelaufen sind und nicht weiter betrieben werden, wurden nicht berücksichtigt. Neben den vergebenen Wasserrechten gibt es erlaubnisfreie Wasserrechte für die Landwirtschaft, die in Kapitel 4.1.6 erläutert werden.

Tabelle 2: Aufteilung der Wasserrechte nach Verwendungszweck im Modellgebiet nördlich der Lippe

Gesamtsumme Wasserrechte	28.983.328 m³/a
Öffentliche Wasserversorgung	
- RWW	25.000.000 m³/a
- 2 weitere Rechte	9.800 m³/a
Grundwasserregulierung im Marienviertel	1.150.000 m³/a
Landwirtschaft	
- Beregnung	1.278.201 m³/a
- Betriebswasser	155.018 m³/a
Private Wasserversorgung	366.719 m³/a
Betriebliches Brauchwasser	246.550 m³/a
Speisung in Teiche	730.240 m³/a
Wärmepumpen	32.000 m³/a

4.1.5 Flächendifferenzierte Grundwasserneubildung

Klimatische Verhältnisse und Untersuchungszeitraum

Maßgebend für die Niederschlagsverhältnisse im Untersuchungsgebiet sind die Stationen Lembeck im Norden und Harsewinkel in Dorsten. Die langjährigen Mittelwerte und Summen sind der Tabelle 3 zu entnehmen. Der langjährig mittlere Niederschlag 1980-2016 beträgt 850 mm/a, wobei die Niederschlagssumme in Lembeck höher ist als in Harsewinkel. Für die instationäre Kalibrierung und Simulation wurde der Zeitraum der Wasserwirtschaftsjahre (WWJ) 2015 bis 2017 festgelegt. Das WWJ 2015 entspricht mittleren bis trockenen Verhältnissen (-4 % zum langjährigen Mittel), das WWJ 2016 nassen Verhältnissen (+4 %) und das WWJ 2017 deutlich trockenen Verhältnissen (-17 %). Das WWJ 2017 zeichnet sich dabei durch eine geringe winterliche Grundwasserneubildung und Frühjahrs-trockenheit bei vergleichsweise gleichmäßigen Niederschlagsverhältnissen im Sommer aus (Abbildung 11).

Für die Berechnung der Verdunstung sind außerdem die Temperatur, die Luftfeuchte und die Sonnenscheindauer relevant (Berechnung der potenziellen Verdunstung nach Turc). Die Jahresmitteltemperatur an der Station Bottrop-Welheim als nächstgelegene zugängliche Station liegt im o.g. Untersuchungszeitraum zwischen 11,1 °C und 12,2 °C, die relative Luftfeuchte zwischen 76 % und 78 %. Für die Sonnenscheindauer wurde auf die Station

Bochum zurückgegriffen mit 1503 h bis 1681 h. Das Trockenjahr weist wegen der Sommerniederschläge die geringste Zahl an Sonnenstunden auf.

Tabelle 3: Klimatische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

Station	Niederschlag mm			Temperatur °C	Luftfeuchte %	Sonnenscheindauer h
	Lembeck	Harsewinkel	Mittel	Bottrop-Welheim	Bochum	
Mittel/Summe WWJ 2015	844	789	817	11,1	77,9	1681
Mittel/Summe WWJ 2016	905	868	886	12,2	76,2	1636
Mittel/Summe WWJ 2017	753	659	706	11,5	77,1	1503
3Jahres-Mittel/Summe	834	772	803	11,6	77,1	1607
Mittel 1980-2016	866	833	850			

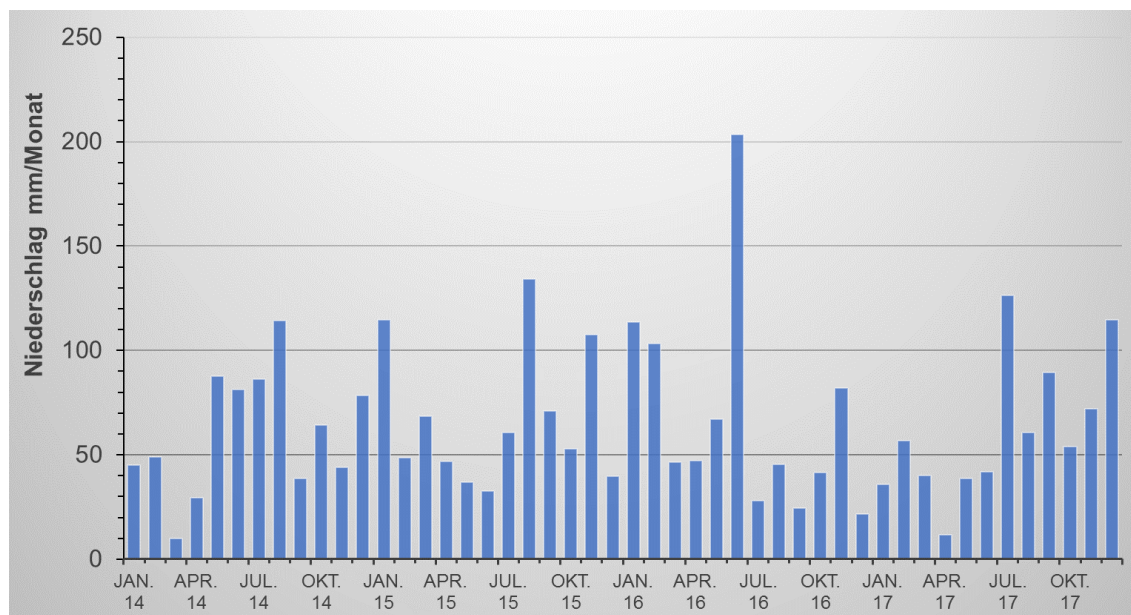


Abbildung 11: Monatliche Niederschläge 2014 bis 2017 Station Harsewinkel

Jährliche Grundwasserneubildung

Zur Berechnung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung als wesentliche Eingangsgröße für das Grundwassermodell wurde auf das Verfahren GWneu (Meßer 2013³) zurück gegriffen, mit dem auch im dynaklim-Projekt die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt im Modellgebiet Üfter Mark und im Emschergebiet berechnet wurden (Meßer et al. 2013⁴, Barein et al. 2013⁵). Das Verfahren bietet auch die Möglichkeit einer Aufteilung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung (und der übrigen

Wasserhaushaltsgrößen) auf die Monate zur instationären Kalibrierung. Abbildung 12 zeigt die Jahressummen der Jahre 2015 bis 2017, darin enthalten sind auch die Jahressummen von Grundwasserneubildung und Direktabfluss für die Einzeljahre des Untersuchungszeitraums. Danach beträgt der Anteil der Grundwasserneubildung bzw. des grundwasserbürtigen Abflusses am Gesamtabfluss 72 % und der Direktabflussanteil 28 %. Gemessen wurden am Pegel Hambach 67 % grundwasserbürtiger Abfluss und 33 % Direktabfluss (Abbildung 6). Da ein Teil des Abflusses auf der Fließstrecke des Gewässers wieder versickert, ist ein direkter Vergleich erschwert. Die Berechnungen bestätigen jedoch, dass etwa 2/3 des Abflusses grundwasserbürtig sind und 1/3 aus dem Direktabfluss stammen.

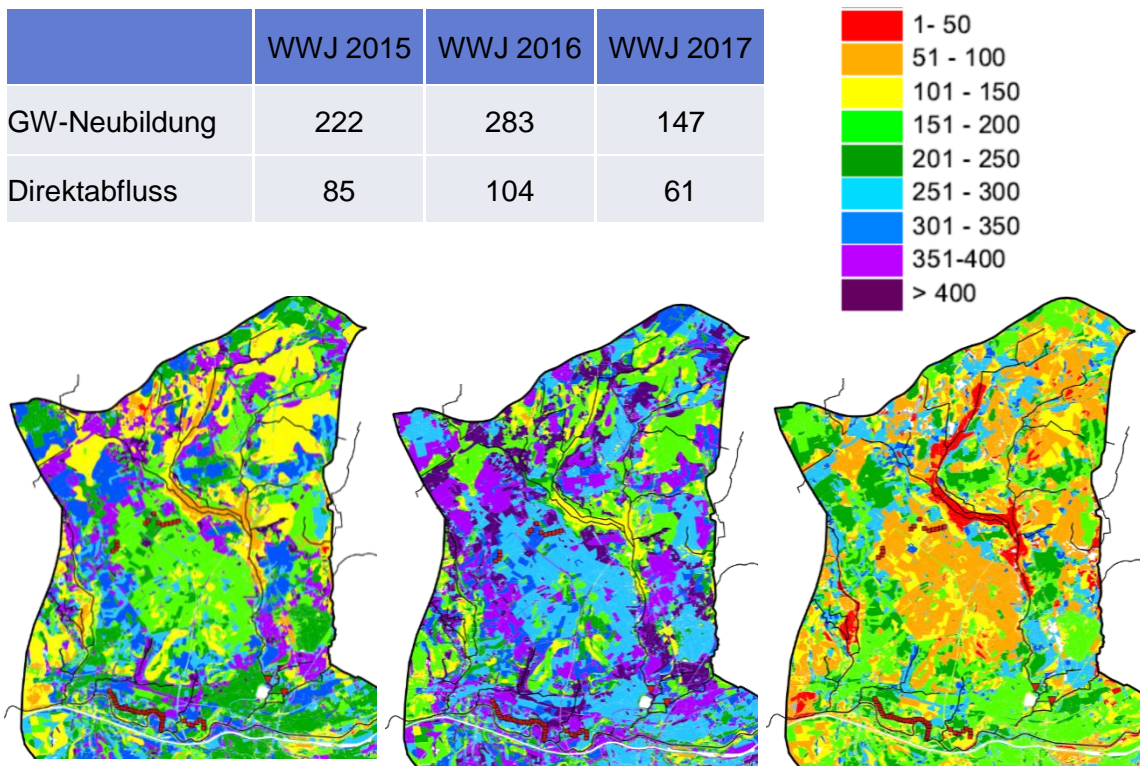


Abbildung 12: Grundwasserneubildung der Jahre 2015 bis 2017 in mm/a (von links nach rechts)

Die möglichen Maßnahmen zur Verbesserung der wasserwirtschaftlichen Situation umfassen u.a. auch den Aspekt „Wasser im Raum zu halten“, d.h. Direktabfluss zurückzuhalten oder zur Grundwasseranreicherung zu versickern. Der genannte Anteil von 1/3 am Gesamtabfluss zeigt bereits, dass das Potenzial hierzu eingeschränkt ist. Darüber hinaus ist die räumliche Verteilung sehr ungleichmäßig. Beispielhaft sind die Verdunstung und der Direktabfluss für das WWJ 2015 in Abbildung 13 dargestellt.

Für jede der sich aus der Verschneidung der Eingangsgrößen ergebende Parameterkombination (Niederschlag, potenzieller Verdunstung, Boden, Flurabstand,

Flächennutzung und Hangneigung) wird die monatliche Grundwasserneubildung gemäß der Wasserhaushaltsgleichung ermittelt und an das Grundwassermodell übergeben. Bei geringen Flurabständen sind dabei auch Zehrungen aus dem Grundwasserleiter insbesondere im Sommerhalbjahr bei hoher Verdunstung und geringen Niederschlägen möglich. Abbildung 14 zeigt zwei Beispiele bei Ackernutzung auf Sandböden mit geringen und hohen Flurabständen. Bei hohen Flurabständen treten im Winterhalbjahr hohe Grundwasserneubildungsraten auf, während sie bei geringen Flurabständen wegen des hohen Direktabflussanteils deutlich geringer und zudem im Sommerhalbjahr durch die Zehrung negativ sind.

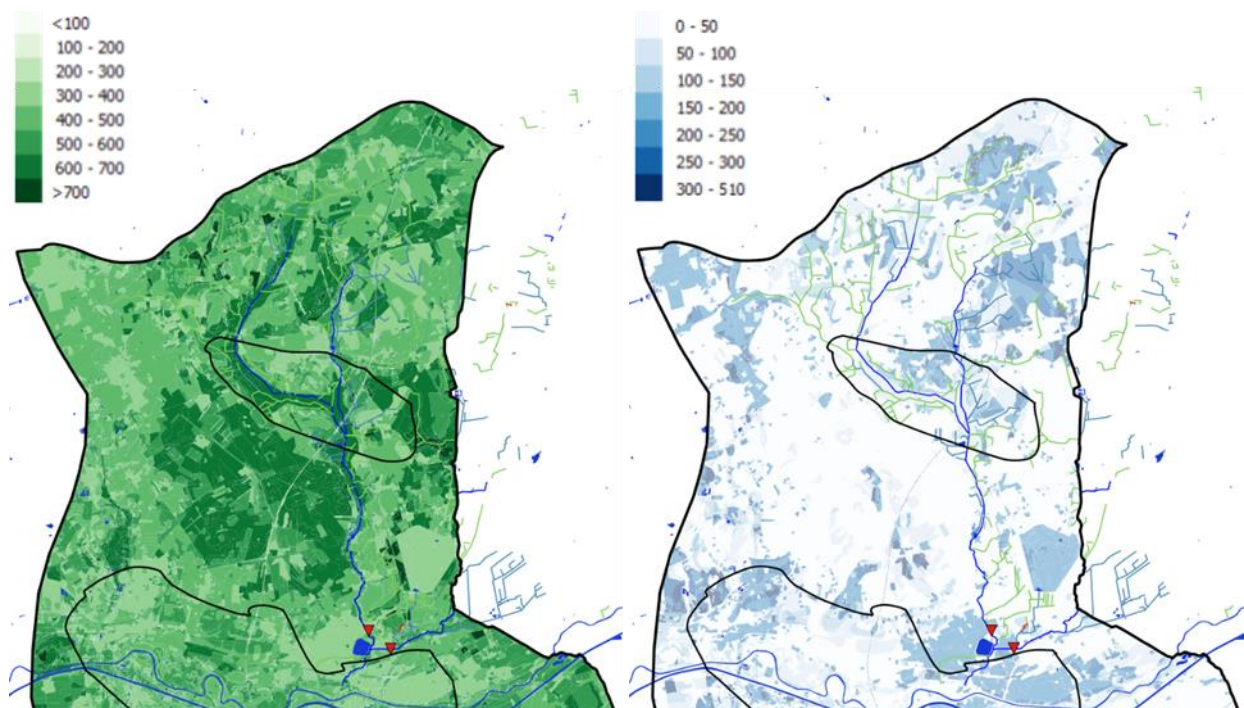


Abbildung 13: Beispielhafte Darstellung der Verdunstung (links) und des Direktabflusses (rechts) in mm/a für das WWJ 2015

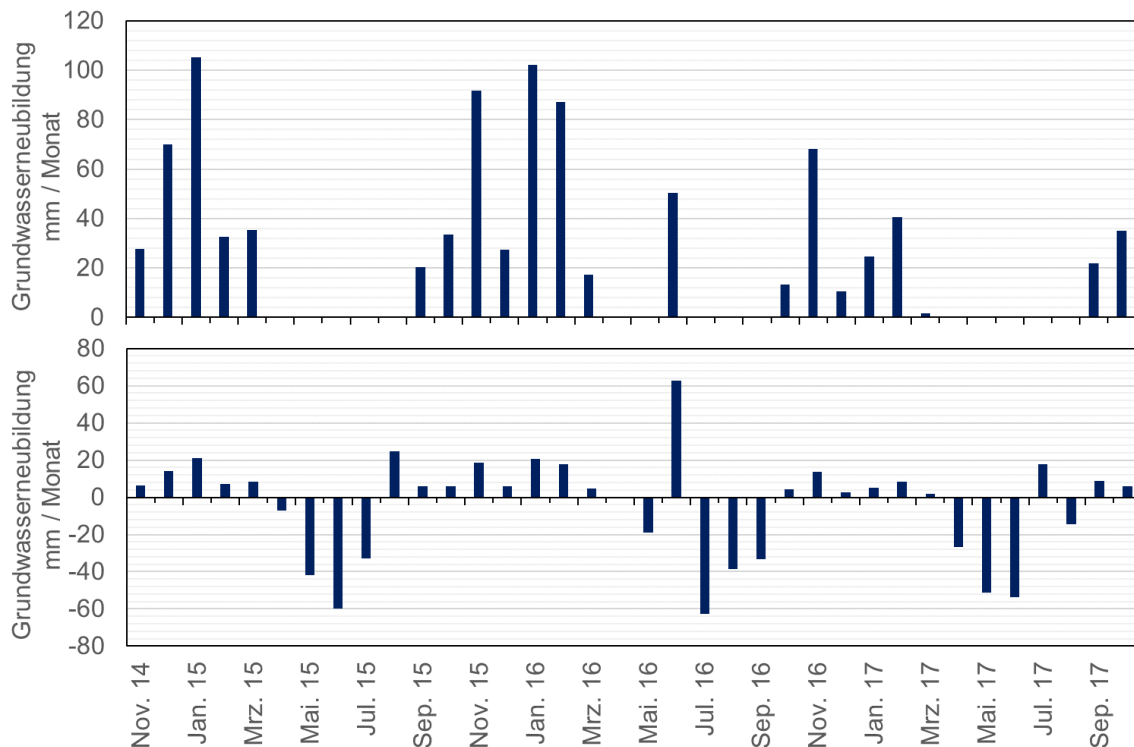


Abbildung 14: Monatliche Grundwasserneubildung im Untersuchungszeitraum bei Ackernutzung auf Sandböden, oben: bei hohen Flurabständen, unten: geringe Flurabstände (<1,0 m)

4.1.6 Landwirtschaftlicher Wasserbedarf

Der landwirtschaftliche Wasserbedarf setzt sich zusammen aus der Bewässerung der Nutzflächen und dem Tränkewasser bzw. dem zur Stallreinigung in der Viehhaltung genutzten Wasser. Letzteres ist bei kleineren und mittleren Betrieben erlaubnisfrei und bedarf daher keiner Genehmigung. Insofern lagen bislang hierzu auch keine Daten zur Größenordnung vor. Um diesen Wasserbedarf im Projekt berücksichtigen zu können, wurden von der Landwirtschaftskammer entsprechende Grundlagen zur Verfügung gestellt. Der Bedarf für die Tierhaltung beträgt 20 m³/a je Großvieheinheit (GV). Dieser Bedarf verteilt sich gleichmäßig über das Jahr. Im Projektgebiet ist mit einem durchschnittlichen Viehbesatz von 2,5 GV/ha zu rechnen. Bei einer landwirtschaftlichen Nutzfläche nördlich der Lippe von 8.900 ha (Abbildung 15) ergibt sich ein Bedarf für die Tierhaltung von 445.000 m³/a (Tabelle 4). Entsprechende Wasserrechte liegen für 170.000 m³/a vor, d. h. 2/3 der Entnahmen für die Viehhaltung sind erlaubnisfrei.

Die Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis, sofern das Wasser aus dem Grundwasser oder oberirdischen Gewässern stammt.

Beim Bedarf ist zwischen Normal- und Trockenjahren zu unterscheiden. Auch in Nassjahren ist von einer Bewässerung wie in Normaljahren auszugehen, da die Nässephasen i. d. R. nicht über mehrere Sommermonate stattfinden. Nach Angaben der Landwirtschaftskammer nach Rücksprache mit den örtlichen Institutionen der Landwirte wird in Normaljahren auf 20 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche bewässert und in Trockenjahren ist ein Bedarf auf allen landwirtschaftlichen Nutzflächen vorhanden.

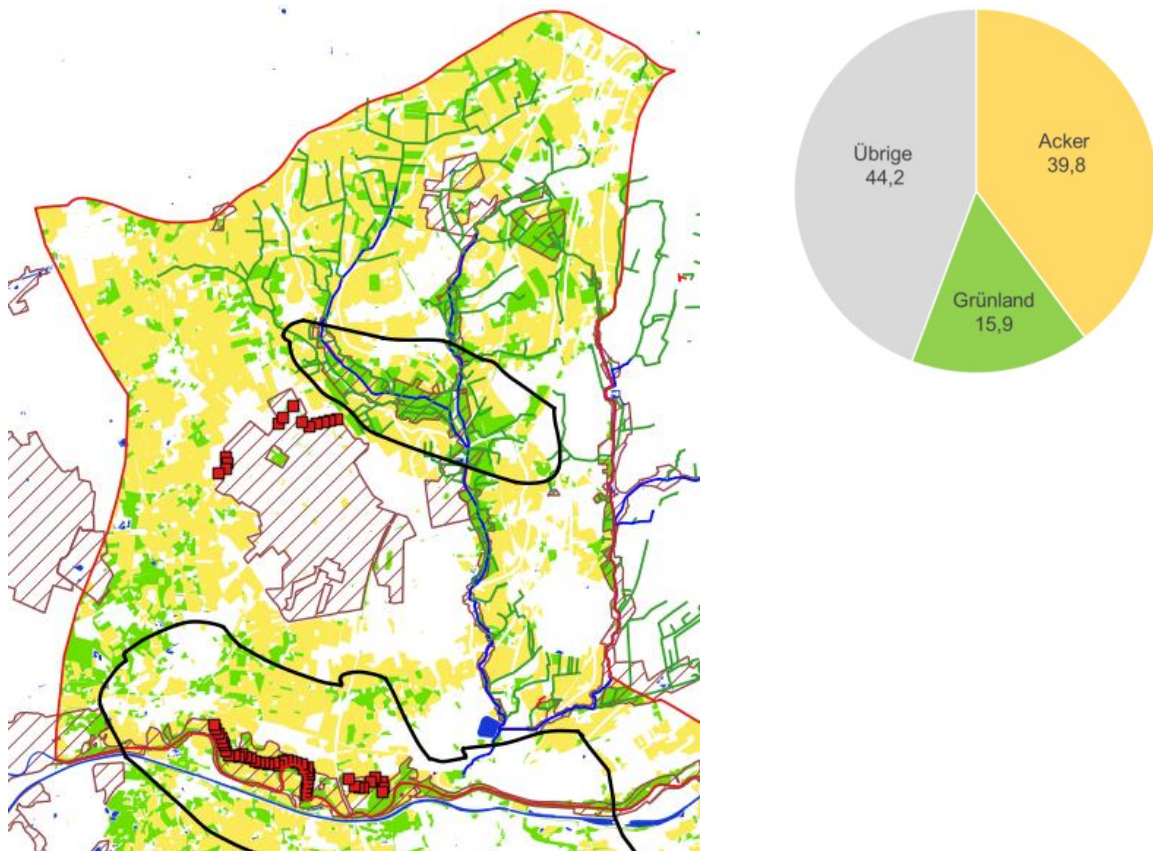


Abbildung 15: Landwirtschaftliche Nutzflächen im Modellgebiet und Anteil in % an der Landnutzung nördlich der Lippe (Schraffur: Schutzgebiet, schwarze Linie: Begrenzung des Bottroper Mergels in Rhade und Dorsten), (Datenquelle: ATKIS-Flächennutzung)

In Normaljahren werden vor allem Sonderkulturen wie Gemüse bewässert, die im Projektgebiet den o.g. Anteil an der gesamten Nutzfläche ausmachen. Der Bewässerungsbedarf beträgt in den Sommermonaten insgesamt 100 mm. Die Erfahrungen im trockenen Sommer 2018 haben gezeigt, dass der Bewässerungsbedarf je Monat 50 mm beträgt und über bis zu 6 Monate andauern kann. In einem solchen Fall kann der Bewässerungsbedarf 300 mm betragen. Bei der Größe der oben angegebenen landwirtschaftlichen Nutzfläche ergibt

sich daraus ein Wasserbedarf in Normaljahren von 1,8 Mio. m³/a und in extremen Trockenjahren, wie sie in den kommenden Jahrzehnten durch den Klimawandel häufiger zu erwarten sind, von bis zu 26,7 Mio. m³/a (Tabelle 4). Im Normaljahr übersteigt der ermittelte Wasserbedarf damit um ca. 40 % die vorhandenen Wasserrechte von 1,25 Mio. m³/a.

Tabelle 4: Wasserbedarf der Landwirtschaft

	Wasserbedarf m³/a	Wasserrechte m³/a	Bewertung
Beregnung	Normaljahr 1.780.000 Trockenjahr 26.700.000	1.250.000	Bedarf kann in Trockenjahren mit den Wasserrechten bei weitem nicht gedeckt werden und übersteigt die Grundwasserneubildung
Viehhaltung	445.000	170.000	2/3 der Entnahmen sind erlaubnisfrei
Summe	27.150.000	1.420.000	

4.2 Hydrologisches Gebietsmodell

Das Hydrologische Gebietsmodell (HGM) dient der Aufstellung der Wasserbilanz an der gesamten Oberfläche des Einzugsgebiets Hammbach. Mithilfe dieses Modells wurden die oberirdischen Abflüsse in den Teilgebieten und in den Gewässern, sowie die Abflussanteile aus der Versickerung (Zwischenabfluss bzw. Interflow, Basisabfluss) unter Angabe von Niederschlags-, Temperatur- und Verdunstungsmessreihen ermittelt. Dabei wurden u. a. die verschiedenen Landnutzungen, Bodenparameter, Flussgeometrien, Steuerungsbauwerke (Rückhaltebecken, Pumpwerke, etc.) und Einleitungen bzw. Entnahmen von Wasser in bzw. aus den Gewässern berücksichtigt. Je nach Flächennutzung wurde zwischen natürlichen und urbanen Teilgebieten unterschieden.

Für das Einzugsgebiet des Hammbachs liegt ein detailliertes HGM aus dem Jahr 2008 vor. Dieses HGM wurde für den Lippeverband von der Lippe Wassertechnik GmbH mit dem Programm NASIM (Fa. Hydrotec) erstellt und damals auf die Hochwasserabflüsse kalibriert (Abbildung 16). Es enthält auch das Teileinzugsgebiet des Wienbachs, der in den Hammbach bei km 2,45 mündet. Damit umfasst das Modell eine Gebietsfläche von insgesamt ca. 146 km².

Im Zusammenhang mit der jetzigen Aufgabenstellung war eine Neukalibrierung auf die mittleren und niedrigen Abflüsse vorzunehmen. Dafür war das Modell insbesondere um den Grundwasserspeicher und die Wassernutzungen (Entnahmen, Einleitungen) zu erweitern. Um den Einfluss der geologischen Besonderheiten des Gebietes (Stauhorizonten) auf die Abflussverhältnisse zu berücksichtigen wurden die Ergebnisse aus einer aktuellen Bodenkartierung in das Modell eingearbeitet.

Das vorhandene HGM wurde übernommen und zuerst entsprechend den neu entstandenen Flächennutzungen aktualisiert. Dies erfolgte u. a. durch eine Anpassung der Versiegelungsgrade in den Teilgebieten gemäß Daten aus aktuellen befestigten Flächen. Die befestigten Flächen für das Einzugsgebiet des Hammbachs wurden vom Lippeverband aufbereitet und zur Verfügung gestellt. Ein Beispiel befestigter Flächen für den Bereich Holsterhausen ist der Abbildung 17 zu entnehmen. Die Versiegelungsgrade aus der Auswertung der befestigten Flächen wurden anschließend in die Systemelemente des HGMS übertragen.

Für die urbanen Teilgebiete, die an ein Rückhalte- oder Steuerungsbauwerk angeschlossen sind, wurde für die Genauigkeit der Wasserbilanz eine Abflussaufteilung vorgenommen. Die Abflüsse aus versiegelter Fläche wurden dem jeweiligen Bauwerk zugeleitet, während die natürlichen Abflussanteile (aus natürlicher Oberfläche, Interflow und Basisabfluss) an das Systemelement des angrenzenden Gewässers verschickt wurden.

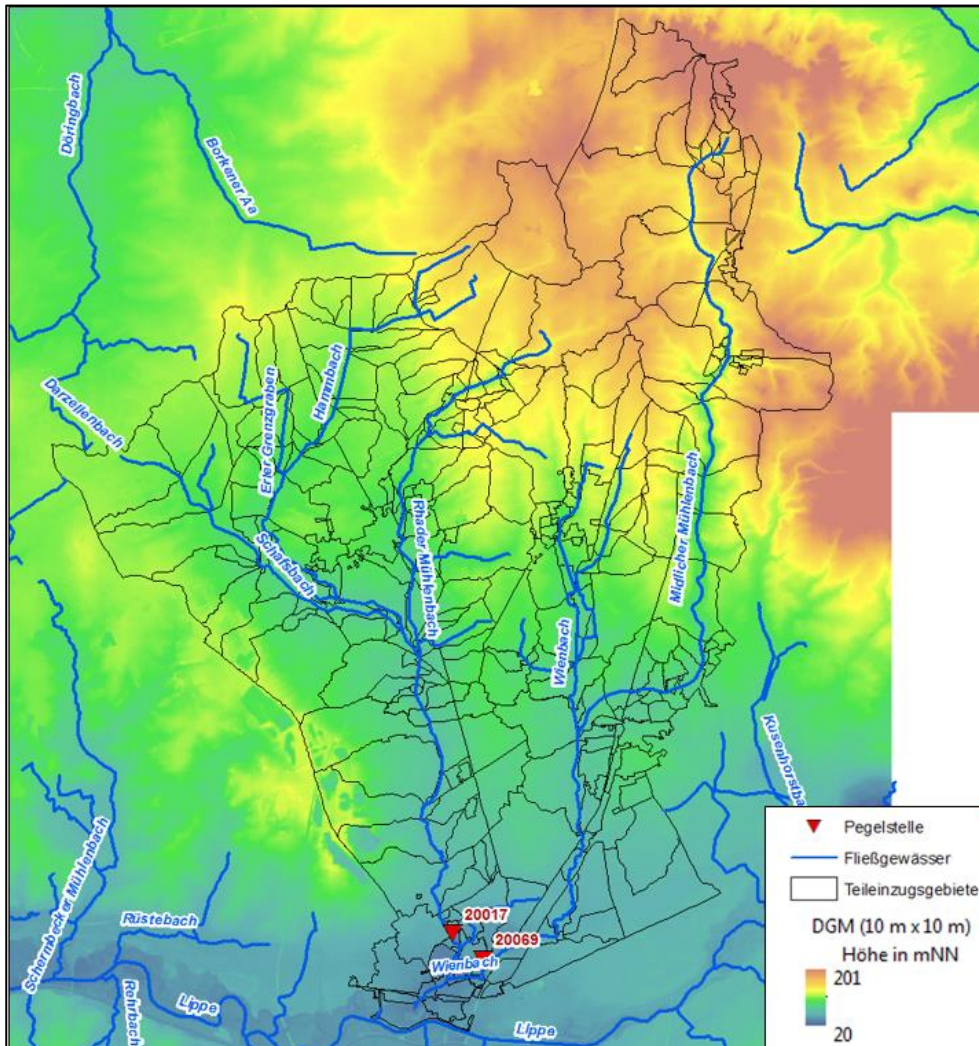


Abbildung 16: Übersichtskarte oberirdisches Einzugsgebiet des Hambachs

Die vorhandenen Fließgewässer- und Kanalnetze wurden als Transportelemente mit Profilgeometrie, Fließlänge und Sohlneigung sowie mit Rauheitsbeiwerten nach Manning-Strickler (K_{St}) abgebildet. Diese Transportelemente wurden aus dem bestehenden HGM übernommen.

Die Rückhaltebecken im Einzugsgebiet des Hambachs wurden im bestehenden HGM als Speicherbauwerke mit Drosselfunktion abgebildet und ebenfalls in das aktualisierte Modell übernommen. Die Vorflutpumpwerke Dorsten-Hambach und Riedweg, sowie das Grundwasserpumpwerk Dorsten-Marienviertel wurden zusätzlich ins HGM, als Speicherelemente mit Drosselfunktion entsprechend den Förderdaten aus dem Lippeverband eingebaut. Teilgebiete, aus denen Wassermengen einem Pumpwerk zufließen, wurden im HGM gemäß der angeschlossenen Fläche angepasst, d. h. die betroffenen Systemelemente wurden für die Erhaltung der Wasserbilanz nach Abflusszielen aufgeteilt.

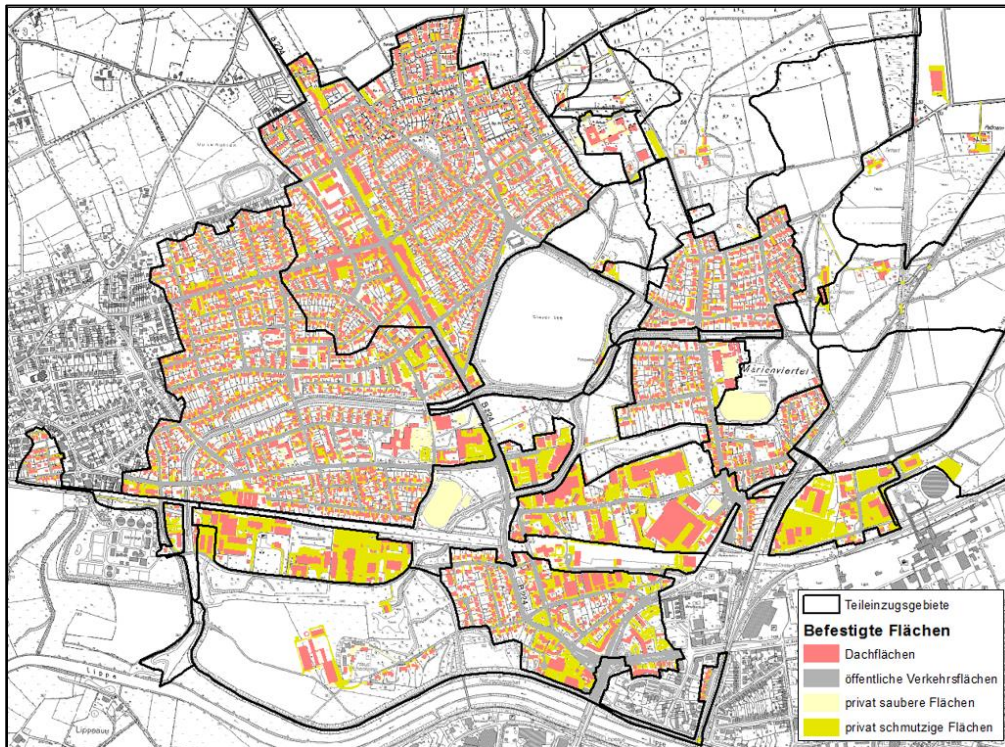


Abbildung 17: Befestigte Flächen im Stadtgebiet von Dorsten, Stand 2016

Um den Austausch zwischen dem oberirdischen Fließgewässer und dem Grundwasser modelltechnisch zu berücksichtigen, wurde pro Teilgebiet ein tiefer Grundwasserspeicher (GW-Tief) definiert. Somit konnte für die Teilgebiete die Versickerung des Gerinnes in den tiefen Grundwasserspeicher bilanziert werden.

Die potenzielle Gerinneversickerung wurde aus den Ergebnissen aus dem Grundwassermodell abgeleitet. Diese lagen für den Hambach und dessen Nebengewässer, u. a. den Rhader Mühlenbach, den Erler Grenzgraben und den Schafsbach vor. Aus instationärer Berechnung wurden entlang der Gewässer Modellknoten Leakage-Raten auf Monatsbasis (m^3/M) generiert. Diese Leakage-Raten wurden in ArcGIS, pro durchströmtes Teilgebiet summiert und in die zugehörigen Systemelemente des HGMS in $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{km})$ eingetragen. Hierfür war eine Umrechnung der Leakage-Raten entsprechend der Gewässerlänge je Teilgebiet notwendig.

Für die Abbildung der für das Einzugsgebiet typischen Bodenhydrologie wurden die Bodenparameter (aus BK50) um die Stauhorizonte gemäß neuer Kartierungsergebnisse erweitert. Bei diesen Stauhorizonten handelt es sich um verdichtete Bodenschichten, die sich aufgrund deren geringen vertikalen Leitfähigkeit (K_f) auf die unterirdischen Abflussverhältnisse erheblich auswirken. Diese wurden in den Bodentypen Gley, Gley-Podsol, Pseudogley, Niedermoor und Kolluvisol angetroffen. Für die o. g. Böden wurden beispielhafte Bohrungen an insgesamt 15 Standorten durchgeführt. Anhand der Kartierungs-

gebnisse (Tiefen, Bodenart, etc.) wurden für jede Bodenschicht die modellrelevanten Parameter ermittelt. Dazu gehören u. a. die Feldkapazität (FK), die vertikale Leitfähigkeit (K_f) und das Gesamtporenvolumen (GPV).

Für die Abflussberechnungen wurde das HGM mit hydrometeorologischen Messreihen aus dem Lippeverband belastet. Als Kalibrierungszeitraum wurde die junge Aufzeichnungsperiode vom 01.01.2013 bis zum 31.12.2017 gewählt.

Im Zuge der Kalibrierung wurden mehrere Rechenläufe mit iterativer Anpassung von Retentions-, Boden- und Gerinne-Parametern (sog. Eichung) an allen Systemelementen im Einzugsgebiet des Hambachs durchgeführt. Eine hinreichende Reproduzierung der Abflussganglinie am Pegel Hambach durch das HGM konnte insbesondere nach Erhöhung der Faktoren für Retention des Basisabflusses und Speicherkapazität des Bodens erreicht werden. Diese Eichungsfaktoren wurden für alle Systemelemente im Einzugsgebiet des Hambachs übernommen. Der über den Zeitraum von Januar 2013 bis Dezember 2017 gemessene Mittelwasserabfluss MQ am Pegel liegt bei ca. 455 l/s, während der MQ-Wert aus dem kalibrierten HGM 453 l/s beträgt. Es wurde pro Teilgebiet ein maximaler Abflusszuwachs von ca. 13 l/s zwischen km 8,0 und km 7,0 berechnet. Die Nachbildung der von Niedrigwasser geprägten Periode von September 2015 bis Januar 2016 im Hinblick auf Abfluss und Volumen wird durch Abbildung 18 verdeutlicht:

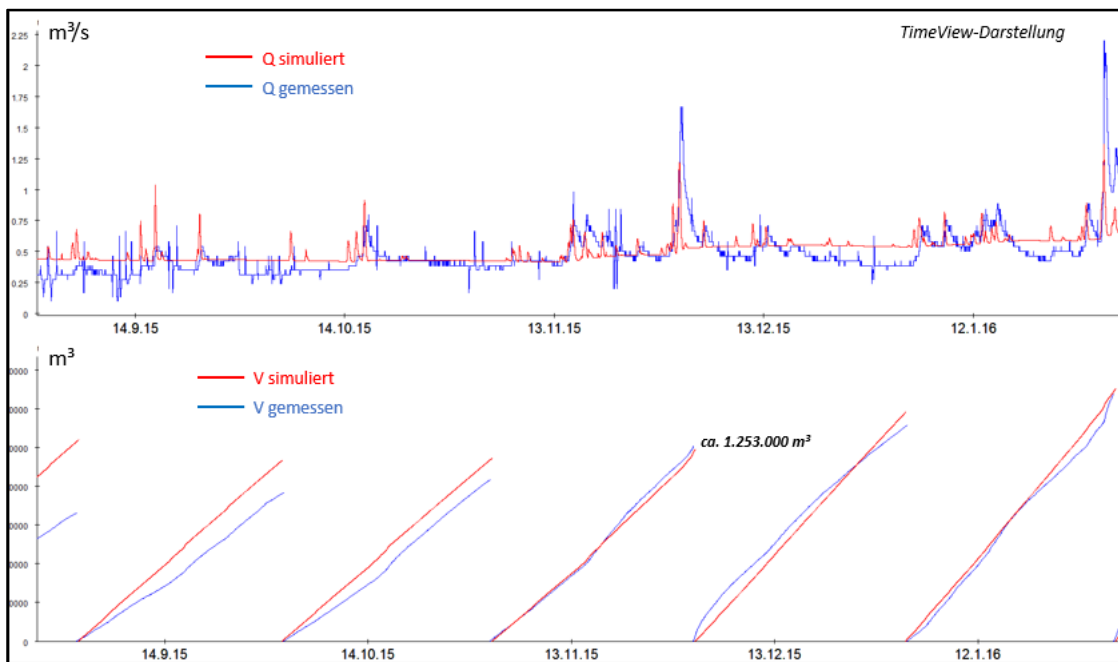


Abbildung 18: Vergleich gemessene-berechnete Abflüsse und Monatsvolumina, Pegel Hambach, September 2015 bis Januar 2016

4.3 Grundwassermodellierung

4.3.1 Vorgehensweise

Das vorliegende Grundwassermodell ist auf einen mittleren, stationären Zustand kalibriert und bereits für verschiedene Fragestellungen verwendet worden: Jährliche Wasserwirtschaftsberichte zum Bergbau, Umgestaltung von Fließgewässern, Klimaszenarien im Projekt dynaklim und Auswirkungen der RWW-Wassergewinnung im Rahmen des Wasserrechtsverfahrens. Die in diesem Projekt formulierten Fragen stellen neue Anforderungen an das Grundwassermodell. Der Jahrgang der Grundwassermessstellen und das saisonale Trockenfallen der Fließgewässer soll abgebildet werden, ebenso ist die kleinräumige Auflösung im Bereich der Feuchtgebiete (z.B. Deutener Moor) gewünscht. Ein weiteres Ziel ist die Ermittlung von belastbaren Austauschraten zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser im zeitlichen Verlauf. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde das Grundwassermodell aktualisiert, instationär kalibriert und um die Funktion der Fließgewässersysteme erweitert. Aktuelle Daten zu den Wasserrechten wurden vom Kreis Recklinghausen und der Bezirksregierung Münster zur Verfügung gestellt. Die Landwirtschaftskammer hat Informationen zum Wasserbedarf zur Beregnung und zur Viehhaltung übergeben. RWW hat monatliche Entnahmeraten der Wasserfassungen Holsterhausen und Üfter Mark übergeben. Es wurden die Ganglinien von 29 Grundwassermessstellen über 3 Jahre (Wasserwirtschaftsjahre 2015 – 2017) ausgewertet und als Abgleich für die instationäre Kalibrierung verwendet. Die Gräben im Deutener Moor wurden mit verbesserten Höhen ins Grundwassermodell aufgenommen.

4.3.2 Ergebnis der instationären Kalibrierung und Ist-Zustand

Das Grundwassermodell wurde instationär für den Zeitraum 2015-2017 kalibriert. Als zeitabhängige Randbedingung (monatliche Rate) wurden Grundwasserneubildung und Förderaten der Wasserfassungen zur Trinkwassergewinnung von RWW und die Brunnen zur Förderung von Grundwasser zur landwirtschaftlichen Beregnung neu implementiert. Die Porosität n_e wurde durch empirische Formeln aus dem k_f -Wert abgeleitet. Neben dem Vergleich der berechneten Potentiale mit den gemessenen Ganglinien an den Grundwassermessstellen, erfolgt auch ein Vergleich des Abflusses am Pegel Hammbach.

Für die instationäre Modellierung wurde für die WWJ 2015-2017 die Grundwasserneubildung für jeden Monat flächendifferenziert bestimmt, in Abhängigkeit von der Flächennutzung, der Bodenbeschaffenheit und dem Flurabstand. Im Grundwassermodell wird die Grundwasserneubildung auf die Grundwasseroberfläche, also die Oberfläche der gesättigten Zone aufgeschlagen, die Sickerwasserströmung und der Rückhalt in der Bodenzone werden nicht berücksichtigt. Um die Wirkung der ungesättigten Zone zu berücksichtigen, wurde die Grundwasserneubildung, in Abhängigkeit vom Flurabstand, verzögert und geglättet.

In Abbildung 19 ist der Vergleich zwischen gemessenen und berechneten Potentialen für das nördliche Modellgebiet dargestellt. Insgesamt ist eine gute Anpassung der Berechnung an die Feldmessungen gelungen. Der Verlauf der Ganglinien konnte nachempfunden werden, die Amplituden sind plausibel.

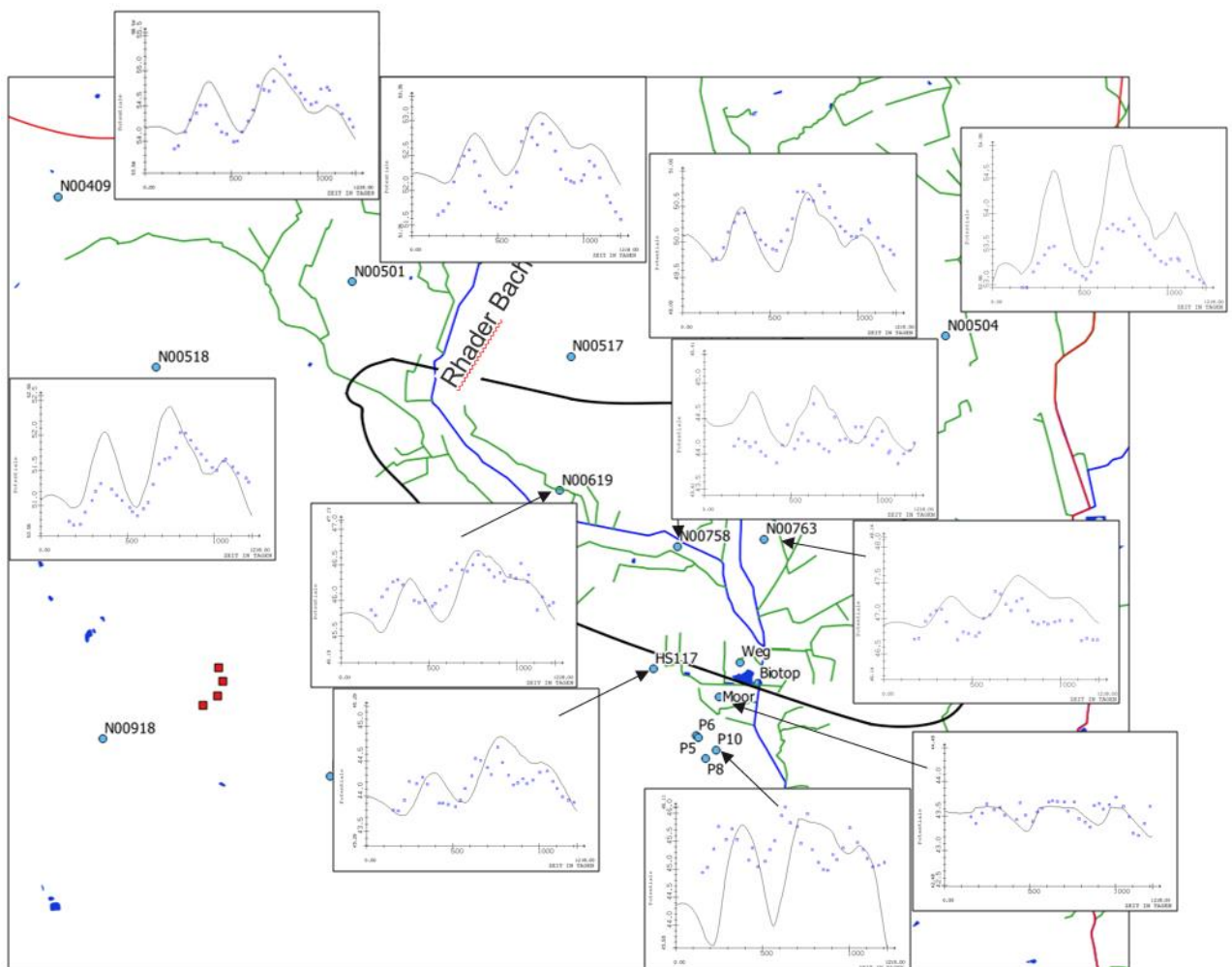


Abbildung 19: Vergleich der gemessenen (blaue Punkte) mit den berechneten (schwarze Linie) Ganglinien an den Grundwassermessstellen im nördlichen Modellgebiet.

Die SWECO GmbH hat 2016 im Auftrag des NABU und mit Fördergeldern die Hydrologie des Deutener Moores untersucht (SWECO GmbH 2016²). Bei diesem Gutachten wurden herausgearbeitet, dass die Zeiträume, in denen das Grundwasser an der Oberfläche austritt, besonders wichtig für das Moor sind (orange Kästchen in Abbildung 20). Diese Zusammenhänge können auch mit dem Grundwassermodell nachgebildet werden. In Abbildung 20 ist die Ganglinie an der Messstelle Moor über die WWJ 2015-2017 dargestellt. Schraffiert sind die Bereiche, in denen im Grundwassermodell Grundwasser an der Oberfläche austritt. Die Ergebnisse für das Jahr 2017 waren noch nicht im Gutachten der SWECO GmbH vorhanden. Im Frühjahr 2015 und 2016 bildet das Grundwassermodell die gemessenen Grundwasserhochstände gut ab. Lediglich im Juli 2015 ist der lokale, gemessene Hochpunkt mit dem Modell nicht nachzubilden. Dieser Hochpunkt ist ungewöhnlich, da im Sommer und Herbst niedrige Grundwasserstände zu erwarten sind. Da der Niederschlag in diesem Monat sehr hoch war, besteht die Vermutung, dass an dieser Messstelle eine Oberflächenvernässung gemessen wurde.

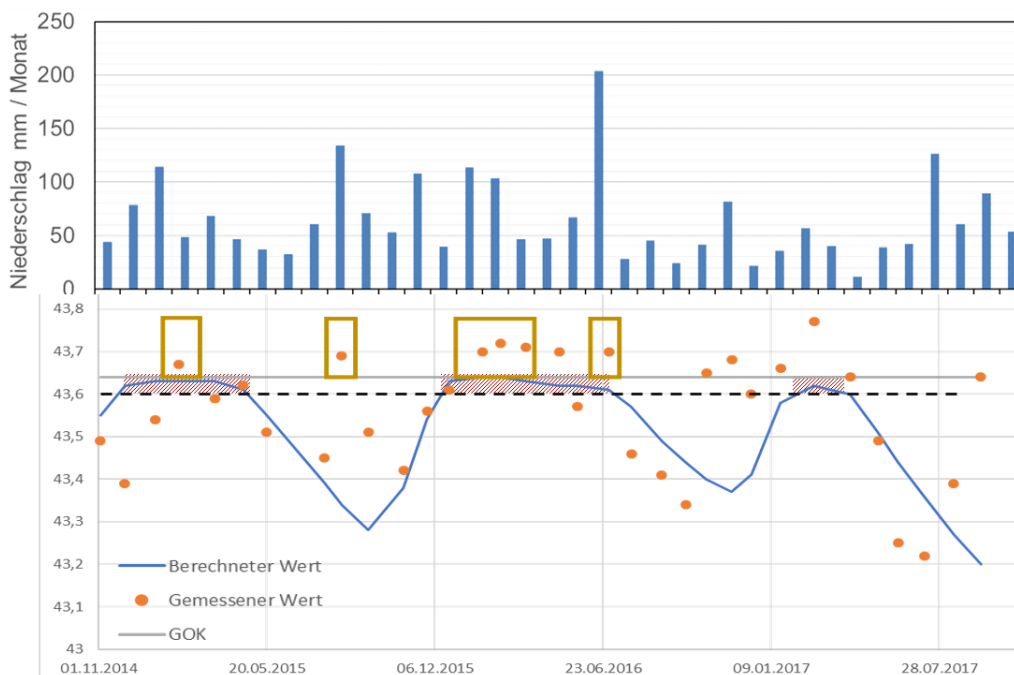


Abbildung 20: Vergleich der berechneten und gemessenen Ganglinie an der Messstelle „Moor“ im Deutener Moor. Der Niederschlag der jeweiligen Monate ist als Säulen dargestellt.

Das Grundwassermodell wurde um die Funktion „Fließgewässersysteme“ erweitert, wodurch die Berechnung des Wasserstandes und des Abflusses in den Fließgewässern möglich ist. Die Zusammenhänge zwischen dem Potenzial im Grundwasser und dem

Wasserstand im Fließgewässer können abgebildet werden und somit eine sinnvolle Austauschrate ermittelt werden.

Aus den gemessenen Daten am Pegel Hambach wurde der grundwasserbürtige Abfluss mit dem berechneten Abfluss aus dem Modell verglichen (Abbildung 21). Der grundwasserbürtige Abfluss im Grundwassermodell setzt sich aus drei Anteilen zusammen: Grundwasser, das über den hydraulischen Druck direkt ins Fließgewässer strömt, Grundwasser, das im Einzugsgebiet der Fließgewässer an der Oberfläche austritt und Grundwasser, das in landwirtschaftlichen Flächendränagen gefasst wird. Die letzten beiden Anteile werden oberirdisch abgeleitet. Die gute Übereinstimmung zwischen der gemessenen und berechneten Abflusskurve zeigt, dass mit dem Fließgewässersystem im Grundwassermodell sinnvolle Abflüsse generiert werden können. Somit können auch bei den Simulationen zu verschiedenen Fragestellungen Aussagen über die Entwicklung des Abflusses getroffen werden.

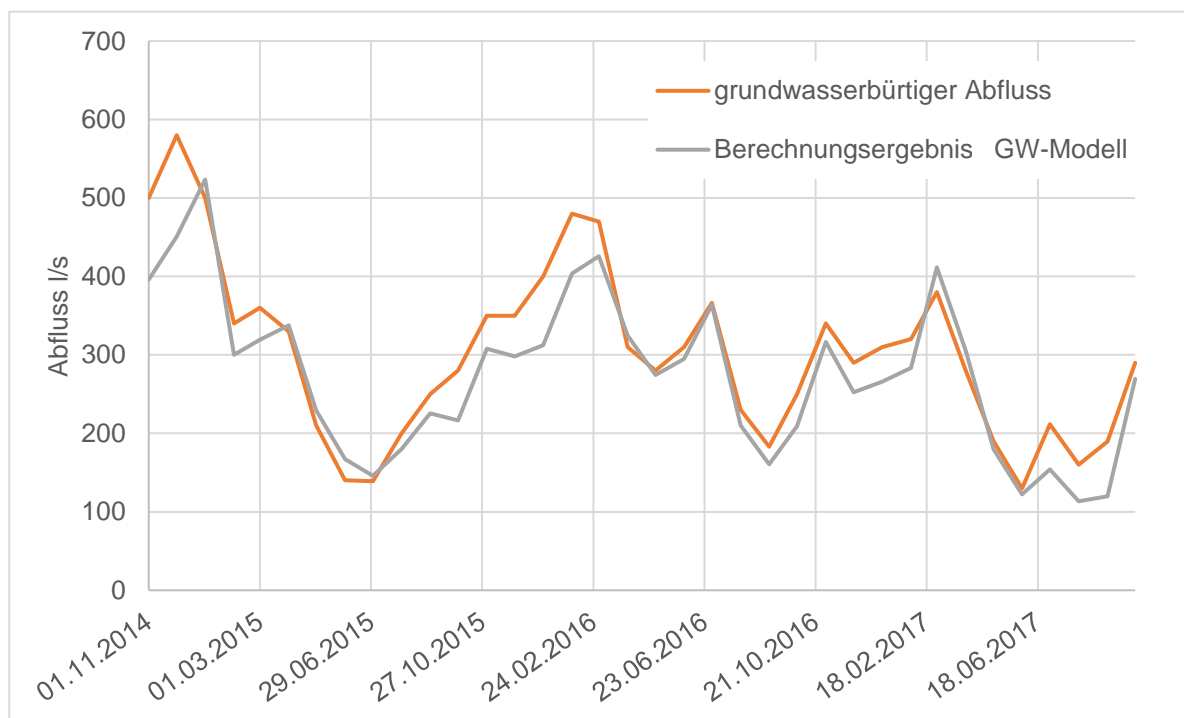


Abbildung 21: Vergleich des grundwasserbürtigen Abflusses aus den Messdaten am Pegel Hambach (orange) mit dem Berechnungsergebnis des Grundwassermodells (grau).

Als Ergebnis der Kalibrierung ist die großräumige Grundwasserströmung über die Zeit darstellbar. Die Tiefpunkte im Strömungssystem sind die Wasserfassungen Üfter Mark und Holsterhausen, sowie der Blaue See (Abbildung 22). Die Rhader Mergelscholle im Norden

und die Dorstener Mergelscholle im Süden trennen den oberen und den Hauptgrundwasserleiter voneinander. Die horizontale Strömungskomponente ist die Hauptkomponente der Grundwasserströmung im Modellgebiet, die vertikale Komponente ist jedoch vor allem im Bereich der Mergelschollen nicht zu vernachlässigen. Das Grundwasser im Hauptgrundwasserleiter unterströmt die Mergelschollen und steht den Wasserfassungen, dem Blauen See und dem Unterlauf des Hammbachs zur Verfügung, teilweise tritt es als Tiefenwasser südlich der Mergelscholle an der Oberfläche aus. Dies ist beispielhaft anhand eines Schnittes entlang des Hammbachs für die Grundwassersituation im Mai 2016 in Abbildung 23 dargestellt. Auf der Rhader Mergelscholle findet der Zustrom zu den Fließgewässern Schafsbach und Rhader Mühlenbach statt.

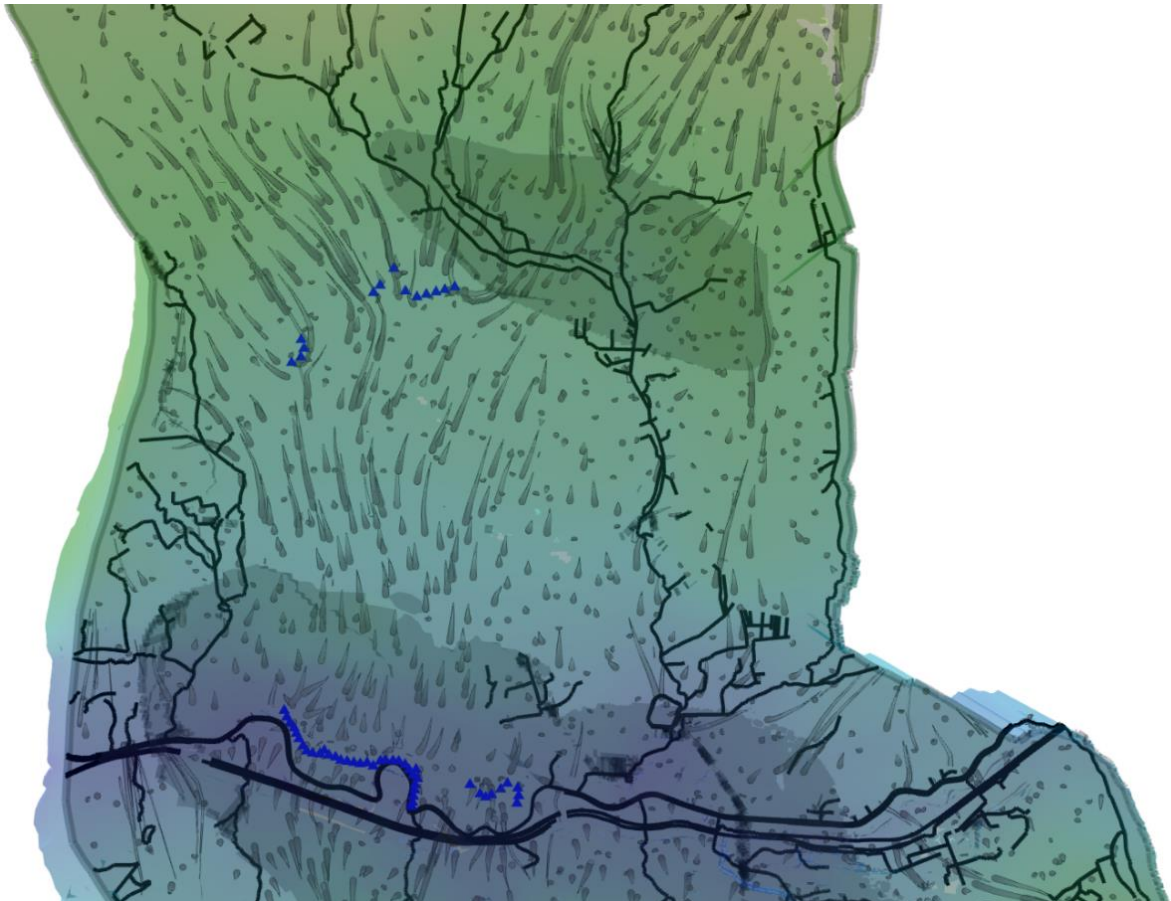


Abbildung 22: Horizontale Grundwasserströmung im Grundwassermodell.

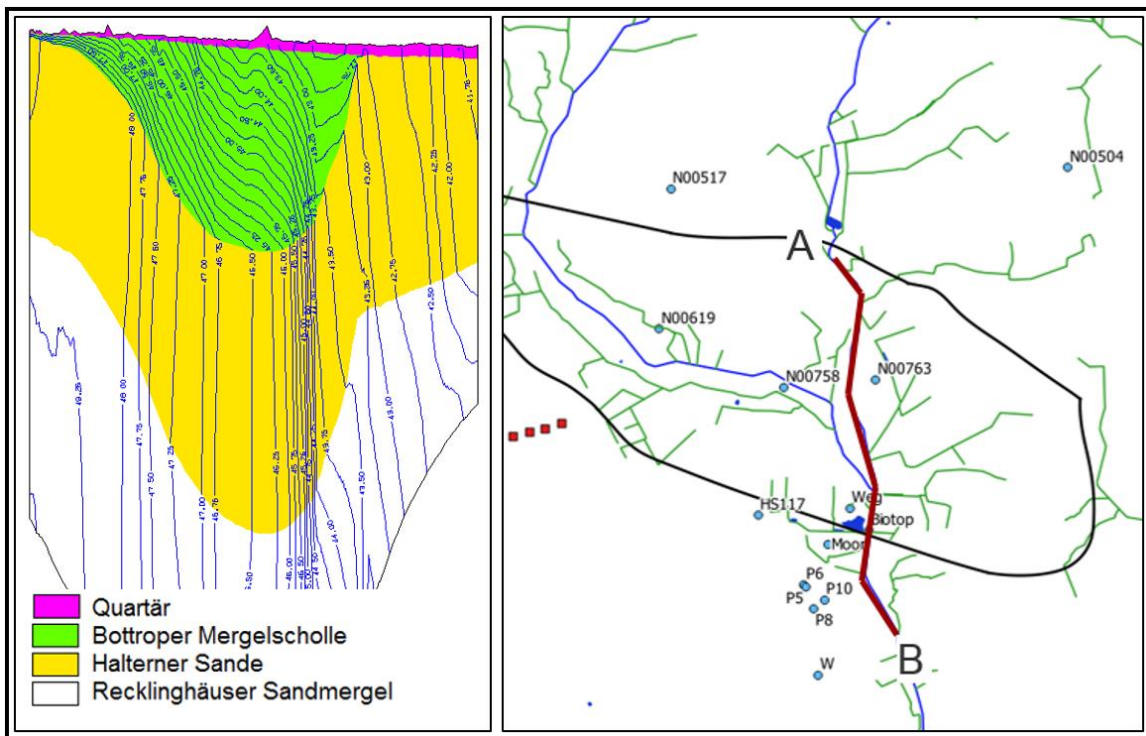


Abbildung 23: Längsschnitt entlang des Hambachs auf der Rhader Mergelscholle zur Darstellung der vertikalen Strömungskomponente.

Mit dem instationär kalibrierten Grundwassermodell können die jahreszeitlichen Schwankungen der Grundwasserpotentiale nachgebildet werden, sodass trockene Zustände im Herbst und nasse Zustände im Frühjahr gegenübergestellt werden können. Es lassen sich Fließgewässerstrecken herausarbeiten, auf denen das Gewässer zwischen ex- und infiltrierenden Zuständen wechselt. Die Quellbereiche der Fließgewässer im nördlichen Modellteil sind vor allem im Herbst neutral, da sich im Gewässer noch kein Wasser befindet, das versickern kann (Abbildung 24).

Die jahreszeitliche Entwicklung lässt sich auch punktuell für verschiedene Attribute abbilden und dadurch Zusammenhänge zwischen diesen darstellen. In Abbildung 25 ist die zeitliche Entwicklung der Leakagerate, das Vorflutpotential und die freie Grundwasseroberfläche an einem Punkt am Schafsbach und am Hambach abgebildet. Liegt der Grundwasserstand über der Gewässersohle, nimmt das Fließgewässer Grundwasser auf (negative Leakagerate, Vorfluter). Fällt der Grundwasserstand unter die Sohle, versickert Wasser aus dem Fließgewässer in den Grundwasserleiter (positive Leakageraten). Am Schafsbach hat der Wechsel zwischen ex- und infiltrierenden Bedingungen einen stärkeren Einfluss auf den Wasserstand im Fließgewässer als auf den Wasserstand im Hambach, kurz vor der Hebung am Pumpwerk Hambach.

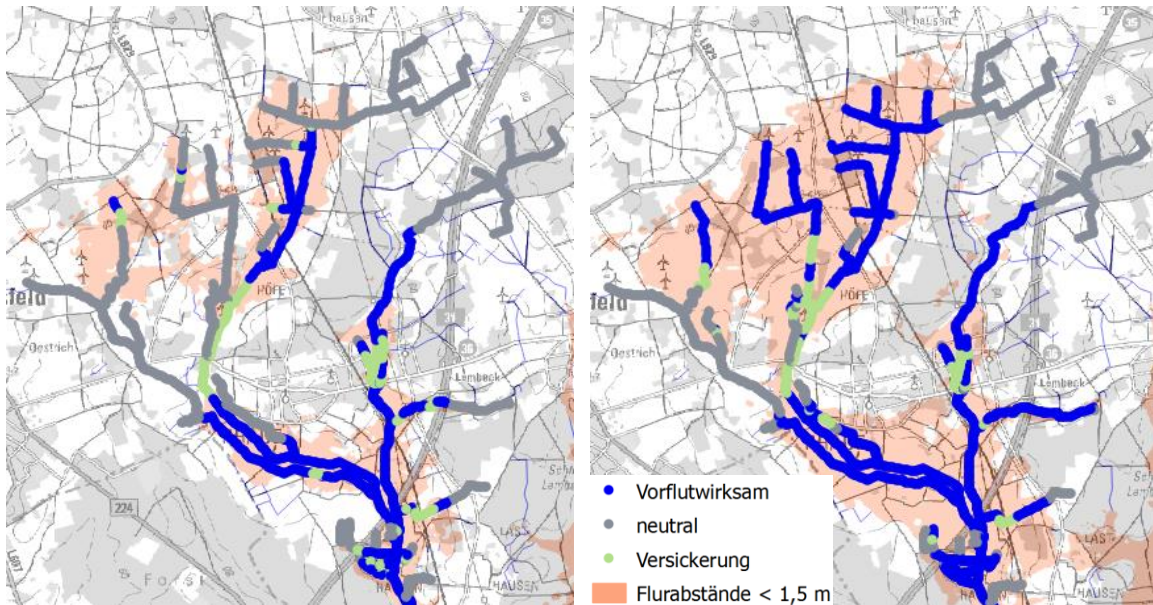


Abbildung 24: Gegenüberstellung eines trockenen Zustandes (Oktober 2015, links) zu einem nassen Zustand (Mai 2016, rechts).

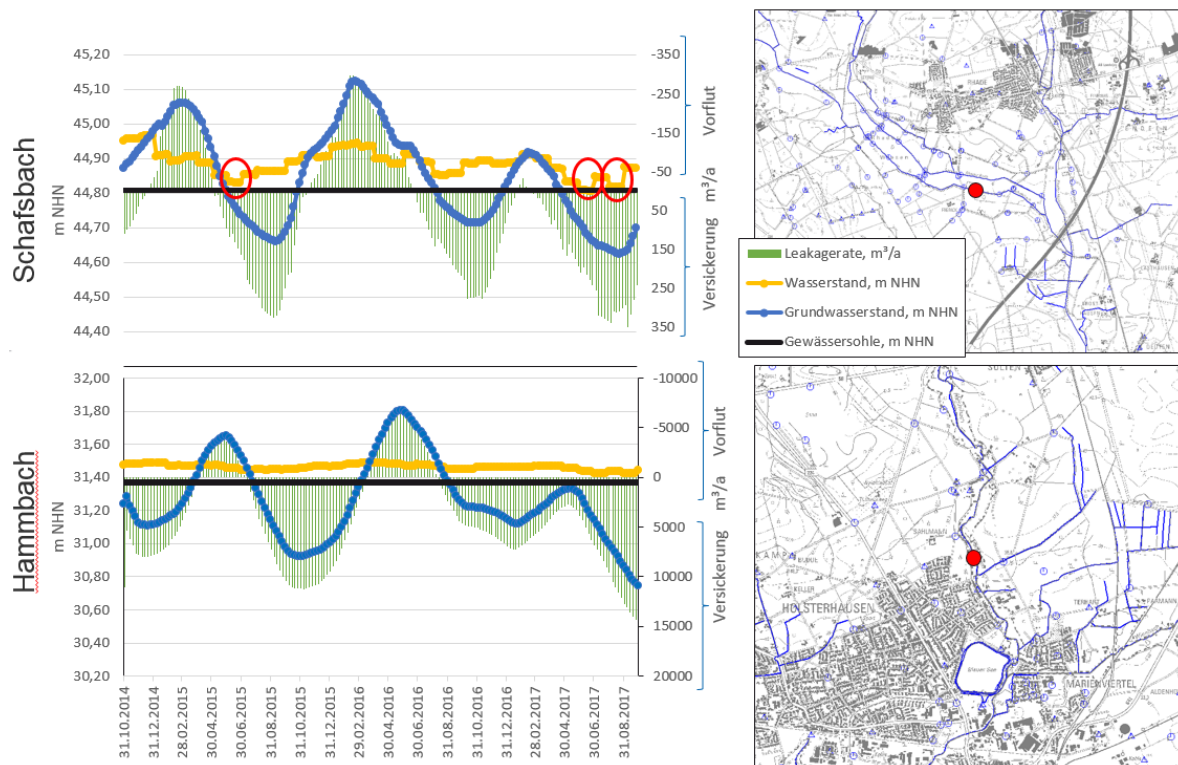


Abbildung 25: Betrachtung der zeitlichen Entwicklung der Leakage-Rate, Vorflutpotential und freie Grundwasseroberfläche an einem Punkt am Schafsbach und am Hambach

4.3.3 Simulationen bei unterschiedlichen klimatischen und wasserwirtschaftlichen Situationen

Der **kalibrierte Modellzustand (S0)** bildet einen Zustand mit Ausschöpfung der vergebenen Wasserrechte ab. Insgesamt sind dies 1,94 Mio. m³/a als Grundwasserentnahmen für private und landwirtschaftliche Zwecke und 1,29 Mio. m³/a als Beregnung für die landwirtschaftlichen Flächen. Die 1,94 Mio. m³/a beinhalten auch 445.000 m³/a für die Viehhaltung (Tränkewasser und Stallreinigung), wovon 2/3 erlaubnisfreie Entnahmen sind. Pro Großvieheinheit (GV) wird von einem Wasserbedarf von 20 m³/a ausgegangen werden. Bei einem Viehbesatz von 2,5 GV/ha im Modellgebiet nördlich der Lippe, entspricht dies einem Wasserbedarf von 50 m³/(ha*a).

Das Modell S0 wird mit einer veränderlichen Grundwasserneubildung über die Wasserwirtschaftsjahre 2015 - 2017 betrieben. Die klimatische Einordnung der Wasserwirtschaftsjahre sieht wie folgt aus:

WWJ 2015	mittlere Niederschläge/ Neubildung	Normaljahr
WWJ 2016	hohe Niederschläge/ Neubildung	Nassjahr
WWJ 2017	geringe Niederschläge/ Neubildung	Trockenjahr

Mit dem Grundwassermodell wurden verschiedene Simulationen, unabhängig von Maßnahmen, durchgeführt, um die Reaktionen des Systems auf Änderungen in den Entnahmen und den klimatischen Bedingungen besser zu verstehen (Tabelle 5).

Die Beobachtungen der letzten Jahre haben einen höheren tatsächlichen Beregnungsbedarf der Landwirtschaft gezeigt. Laut Landwirtschaftskammer werden im Normaljahr 20 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Sonderkulturen wie Gemüse, ohne Kartoffeln) bewässert, das entspricht 100 mm/ha. In Trockenjahren (2018) werden bis zu 100 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit bis zu 50 mm für 6 Monate beregnet. Das entspricht einer Rate von 300 mm/ha. In Normaljahren steigt der landwirtschaftliche Beregnungsbedarf somit auf das 1,4-fache der vergebenen Wasserrechte und in Trockenjahren übersteigt der Bedarf die vergebenen Wasserrechte sogar um das 20-fache.

Tabelle 5: Übersicht über die durchgeführten Simulationen.

	Simulationen		1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr
			<i>Normaljahr</i>	<i>Nassjahr</i>	<i>Trockenjahr</i>
S0	Ausschöpfung der Wasserrechte	Entnahmen 1,94 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a
S1	Ausschöpfung des Wasserbedarfs für Beregnung	Entnahmen 1,94 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,78 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,78 Mio. m ³ /a	Beregnung 26,25 Mio. m ³ /a
S2	Halbierung der Wasserrechte ¹	Entnahmen 1,12 Mio. m ³ /a	Beregnung 0,65 Mio. m ³ /a	Beregnung 0,65 Mio. m ³ /a	Beregnung 0,65 Mio. m ³ /a
			<i>Trockenjahr</i>	<i>Trockenjahr</i>	<i>Trockenjahr</i>
S3	Ausschöpfung der Wasserrechte mit trockenem Klima	Entnahmen 1,94 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a
			<i>Normaljahr</i>	<i>Normaljahr</i>	<i>Normaljahr</i>
S5	Ausschöpfung der Wasserrechte mit normalem Klima	Entnahmen 1,94 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a

¹ Erlaubnisfreie Nutzung und Trinkwassergewinnung werden beibehalten

Die **Simulation S1** bildet den tatsächlichen Wasserbedarf zur Beregnung ab. Die Beregnungsmenge steigt in den WWJ 2015-2016 um 38 % auf 1,78 Mio. m³/a, im Trockenjahr WWJ 2017 um 1950 % auf 26,25 Mio. m³/a. Die Beregnung findet in den Monaten Mai bis August statt, im Trockenjahr wird der Zeitraum um die Monate April und September verlängert. Ein Vergleich der Szenarien S0 und S1 zeigt für das Normal- und Nassjahr keine signifikanten Änderungen im Abfluss und in den Flurabständen. Im Trockenjahr ist eine Halbierung der Abflussmenge an den Modellstandorten der Gewässer Rhader Bach und Rhader Mühlenbach ersichtlich. Der Schafsbach fällt trocken, der Hambach zeigt eine Verringerung des Abflusses um 32 % (Abbildung 26). Eine Grundwasserentnahme zur tatsächlichen Deckung des landwirtschaftlichen Beregnungsbedarf hat am Ende eines Trockenjahres zur Folge, dass der Rhader Bach und der Rhader Mühlenbach über weite Strecken ihre Vorflutfunktion verlieren und sich die gewässernahen Bereichen mit geringen Flurabständen (< 1,5 m) verkleinern (Abbildung 27). Insbesondere im Deutener Moor sind die Vergrößerungen der Flurabstände um 0,2 m an der Grundwassermessstelle Moor deutlich zu erkennen (Abbildung 28). Eine Erhöhung der Entnahmen um den tatsächlichen Wasserbedarf der Beregnung in Trockenjahren zu decken, verschärft die angespannte Situation deutlich.

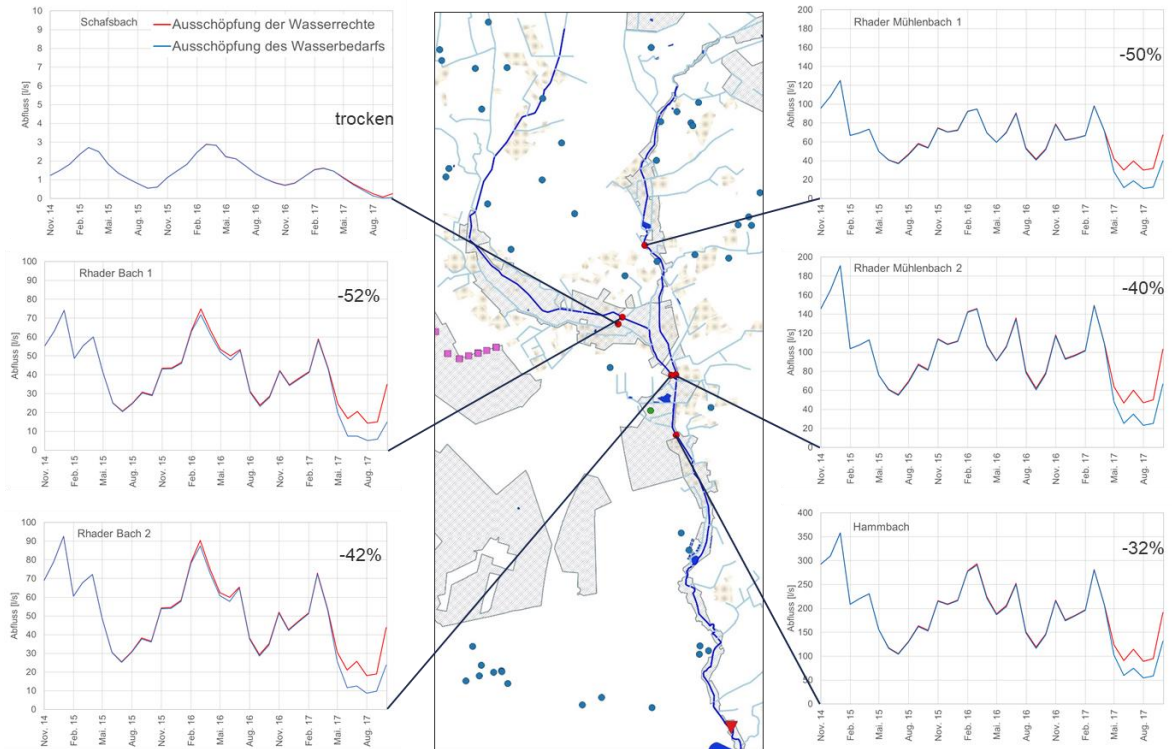


Abbildung 26: Abfluss und prozentuale Veränderung im Sommerhalbjahr der Szenarien S0 und S1

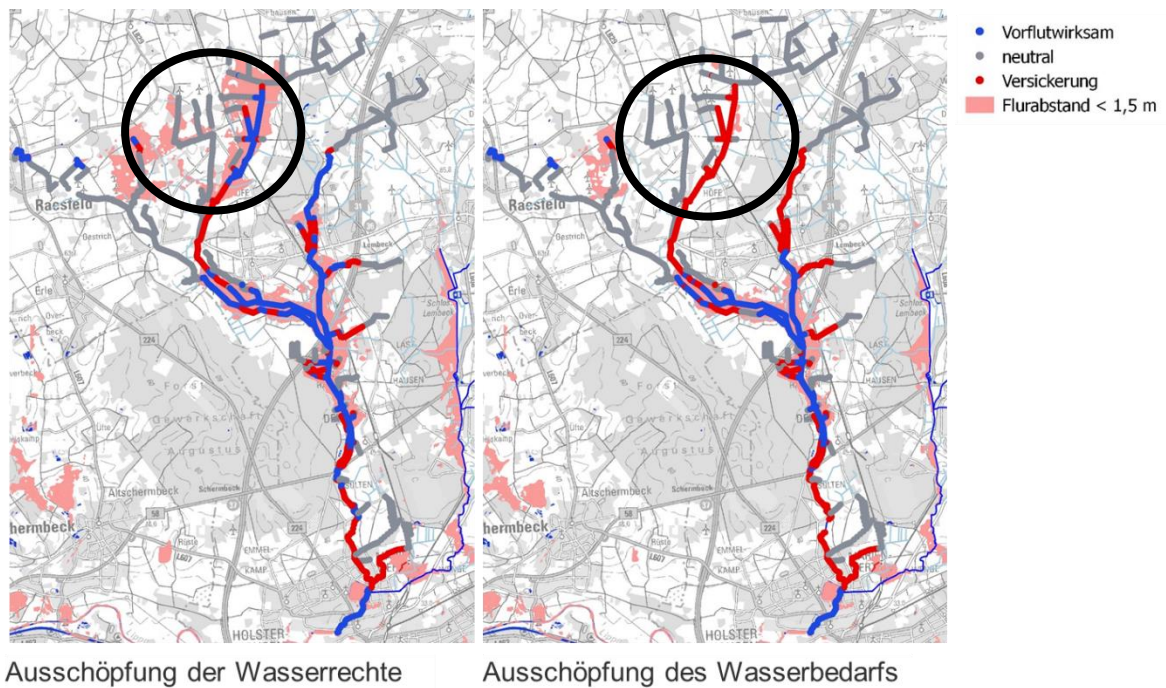
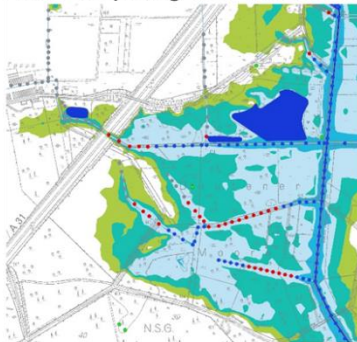
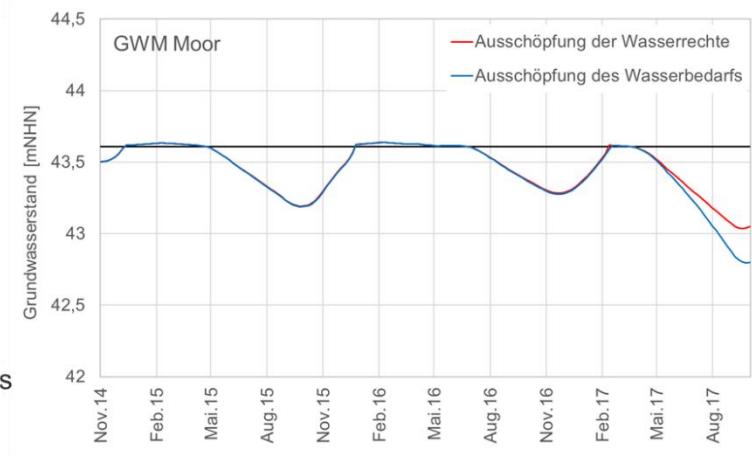


Abbildung 27: Vorflutsituation und Flurabstände < 1,5m am Ende eines Trockenjahres der Szenarien S0 und S1

Ausschöpfung der Wasserrechte



Ausschöpfung des Wasserbedarfs



Flurabstand [m]

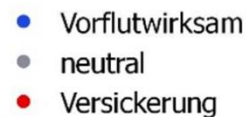


Abbildung 28: Auswirkung der Ausschöpfung des Wasserbedarfs im Deutener Moor (S1).

Das **Szenario S2** beschreibt eine Halbierung der bestehenden Wasserrechte. Unberührt davon bleibt ein erlaubnisfreier Anteil der Grundwasserentnahmen und die Trinkwassergewinnung. Die Grundwasserentnahmen belaufen sich im Szenario S2 auf 1,12 Mio. m³/a für private und landwirtschaftliche Zwecke, sowie auf 0,645 Mio. m³/a für die landwirtschaftliche Beregnung. Die klimatischen Bedingungen bleiben unverändert. Ein Vergleich der Szenarien S0 (Ausschöpfung der Wasserrechte) und S2 (Halbierung der Wasserrechte) zeigt eine Erhöhung des Abflusses im Rhader Bach, Rhader Mühlenbach, Schafsbach und Hammbach um bis zu 10 % (Abbildung 29). Die Auswirkungen auf die Vorflutsituation der Fließgewässer und die Flurabstände sind gering (Abbildung 30). Im Deutener Moor sind keine signifikanten Änderungen erkennbar (Abbildung 31). Eine Halbierung der bestehenden Wasserechte führt nicht zu einer signifikanten Erhöhung des Abflusses in den Fließgewässern und zu einer Verringerung der Flurabstände. Eine Entzerrung der angespannten Gesamtsituation kann hierdurch nicht erreicht werden.

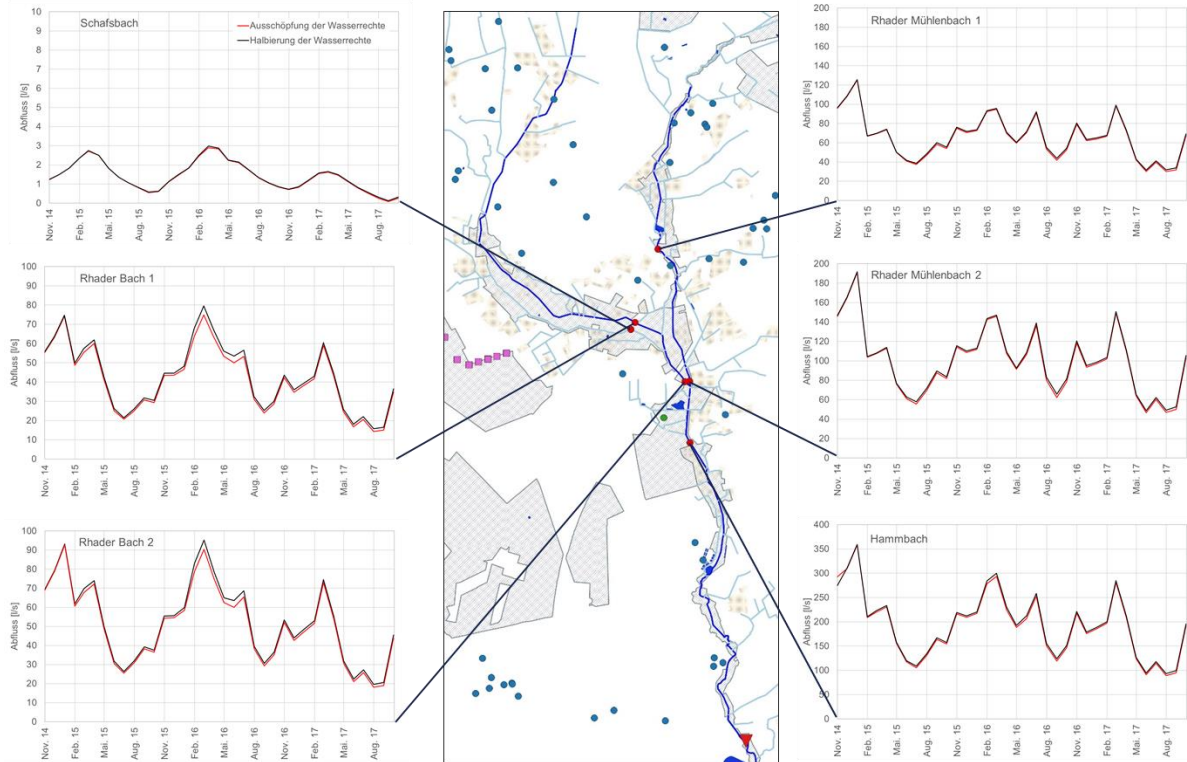
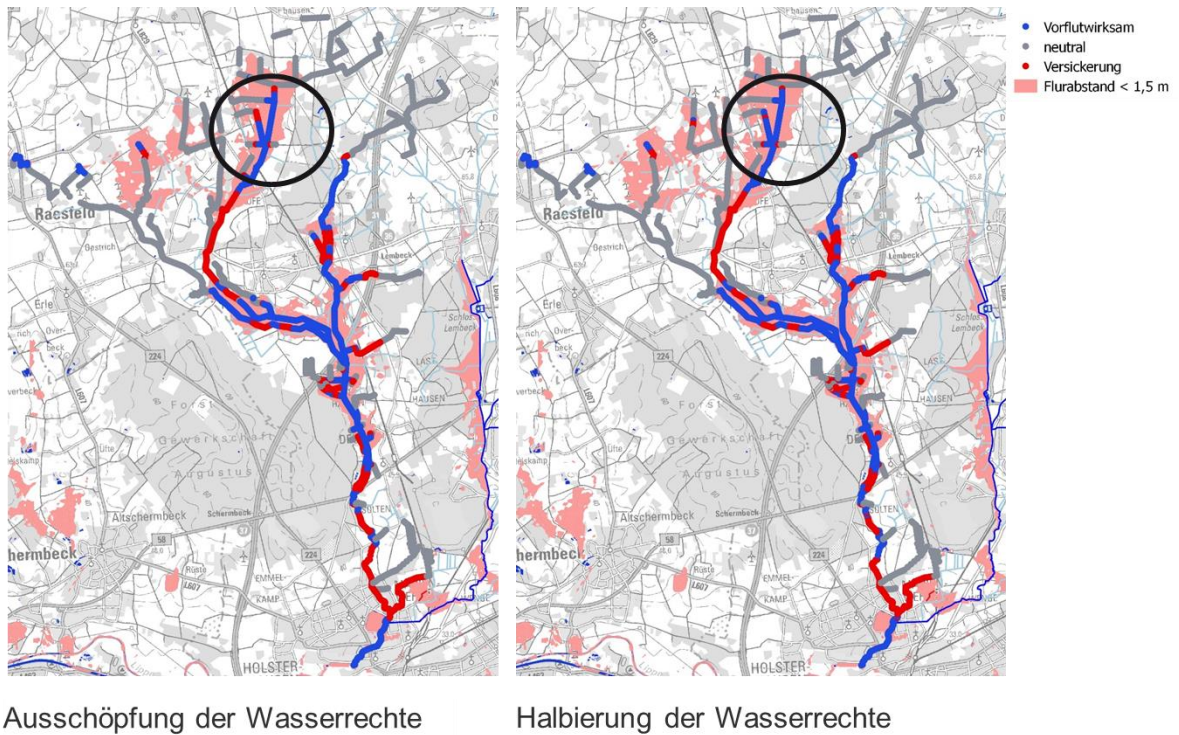


Abbildung 29: Abfluss der Szenarien S0 und S2 im Vergleich

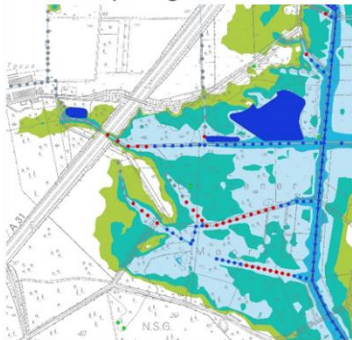


Ausschöpfung der Wasserrechte

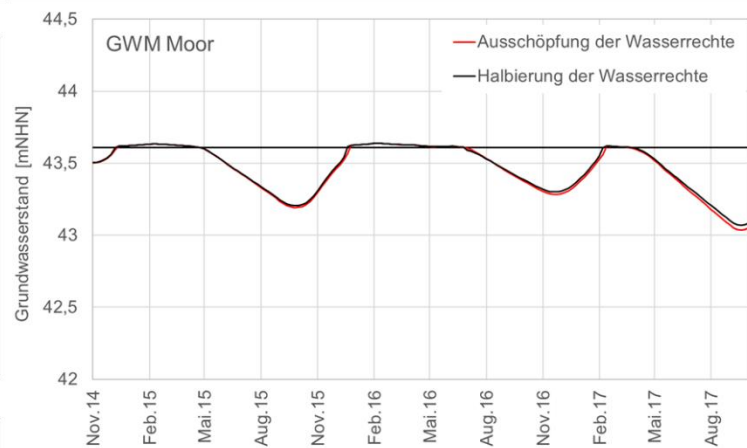
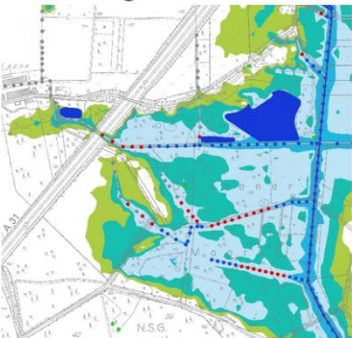
Halbierung der Wasserrechte

Abbildung 30: Vorflutsituation und Flurabstände < 1,5m im Trockenjahr (S0 und S2).

Ausschöpfung der Wasserrechte



Halbierung der Wasserrechte



Flurabstand [m]

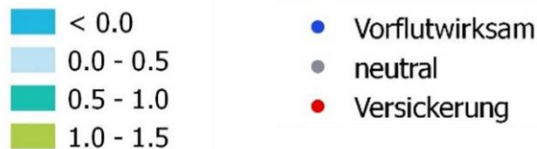


Abbildung 31: Auswirkung der Halbierung der Wasserrechte / Entnahmen im Deutener Moor (S2)

Die bisherigen Simulationen bilden verschiedene Entnahmemengen (Ausschöpfung der Wasserrechte bzw. des Wasserbedarfs und Halbierung der Wasserrechte / der Entnahmen) mit gleichbleibenden klimatischen Bedingungen (Normaljahr, Nassjahr, Trockenjahr) ab. Im Gegensatz dazu bilden die **Szenarien S3 und S5** die klimatischen Änderungen unter Beibehaltung der Wasserentnahmen ab. Die Szenarien S3 und S5 beinhalten die Ausschöpfung der Wasserrechte (entspricht Szenario S0). Sie werden aber mit einer Abfolge aus drei aufeinanderfolgenden Trockenjahren (S3) bzw. drei Normaljahren (S5) instationär betrieben. Ein Vergleich der Szenarien S0 und S3 zeigt eine deutliche Verringerung des Abflusses im dritten Jahr. Die Abflussmenge nimmt um 20 % bis 50 % gegenüber normalen Bedingungen ab (Abbildung 32). Abbildung 33 zeigt die Unterschiede der Vorflutsituation des Szenarios S3 im ersten Trockenjahr und im dritten Trockenjahr. Der Rhader Bach, der Rhader Mühlenbach und der Schafsbach verlieren stellenweise ihre Vorflutfunktion und eine Vergrößerung der Flurabstände in Gewässernähe ist erkennbar. Die Messstelle Moor in Abbildung 34 zeigt deutlich unterschiedliche Ganglinien in Abhängigkeit der klimatischen Ansätze in den simulierten Szenarien. Das Szenario S5 zeigt gleichmäßige Vernässungsphasen des Moores im Frühjahr, sowie trockenere Phasen im Herbst. Der Berechnung liegen drei aufeinanderfolgende Normaljahre zu Grunde, die zu gleich-

mäßigen Schwankungen an der Moormessstelle führen. Im Gegensatz dazu zeigt die Berechnung S0 im Nassjahr eine längere Vernässungsphase an und im Trockenjahr eine kürzere Vernässungsphase mit anschließendem stärkerem Absinken des Grundwasserspiegels. Die Berechnung S3 zeigt einen deutlichen Trend nach unten. Die Abfolge von drei Trockenjahren hat eine Absenkung des Grundwasserspiegels von 0,5 m im Deutener Moor zur Folge und bedeutet so ein Austrocknen des Moores. Eine Veränderung der klimatischen Bedingungen hin zu aufeinanderfolgenden Trockenjahren zeigt deutlich negative Auswirkungen auf das gesamte Untersuchungsgebiet. Die Gewässer verlieren zum Teil ihre Vorflutwirkung in Bezug auf das Grundwasser und eine Zehrung des Grundwasserangebotes wird deutlich. Insbesondere ist im Deutener Moor mit sinkenden Grundwasserständen zu rechnen, die ein dauerhaftes Trockenfallen des Moores zur Folge haben.

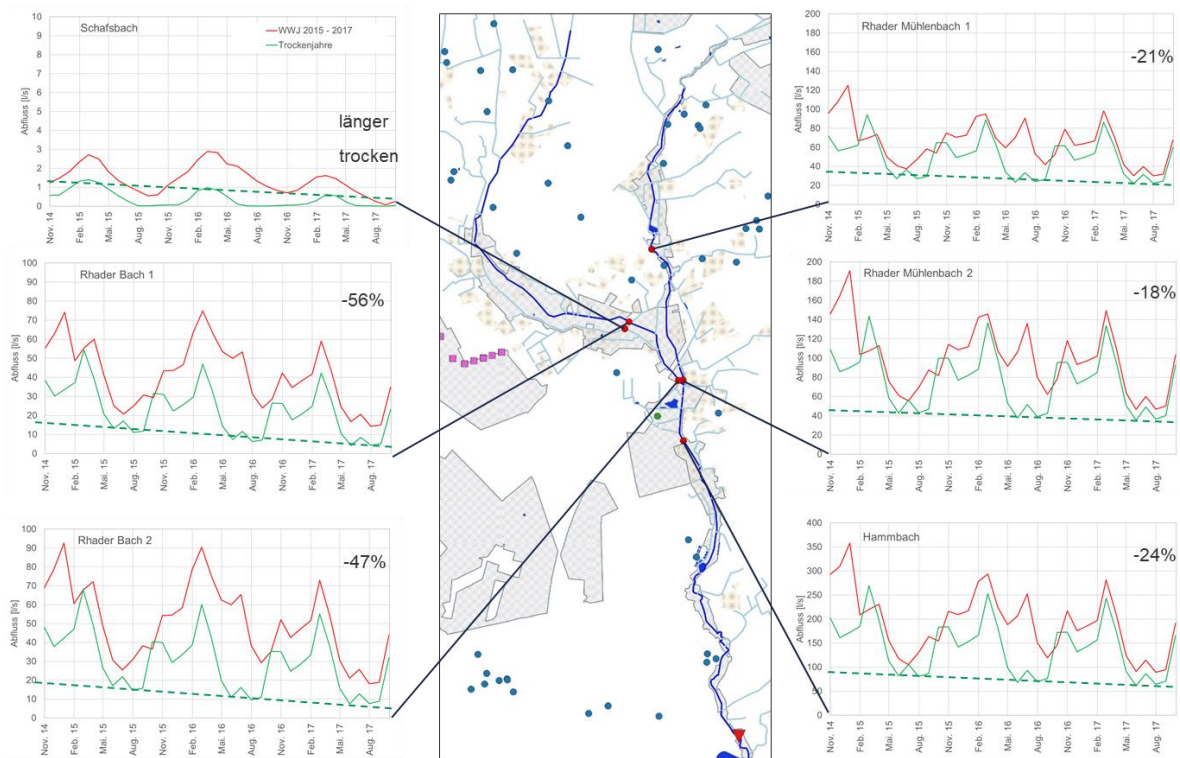


Abbildung 32: Abfluss und prozentuale Veränderung im dritten Jahr der Szenarien S0 und S3

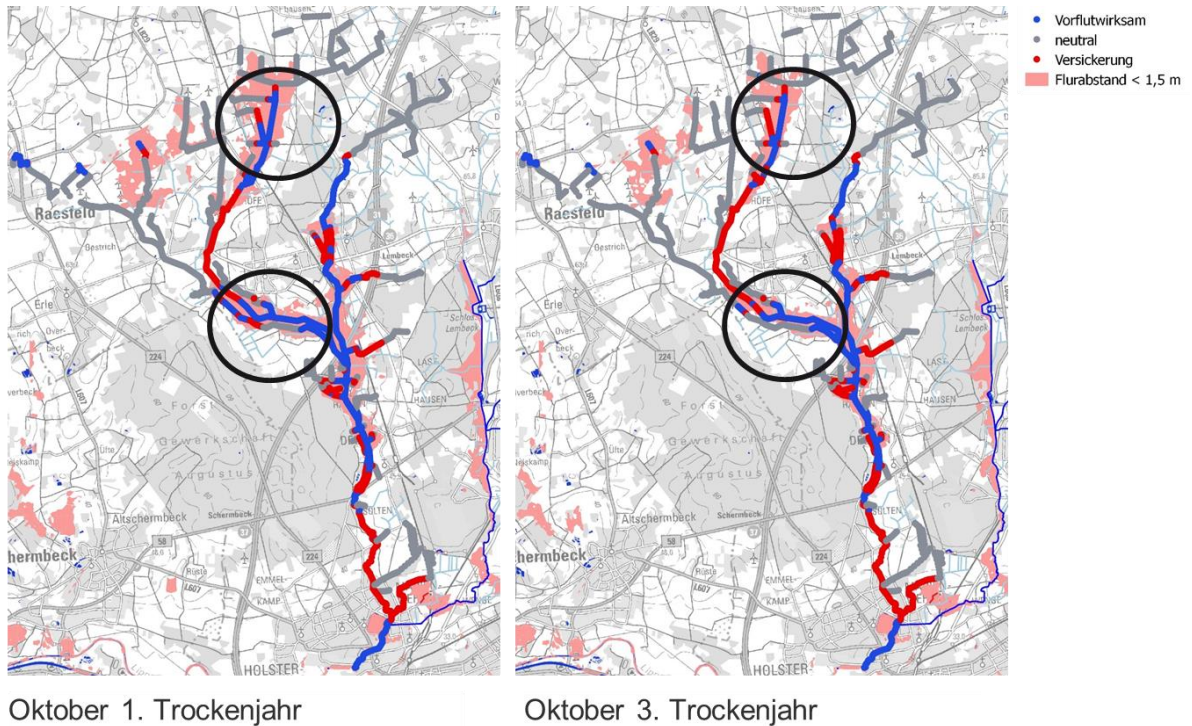
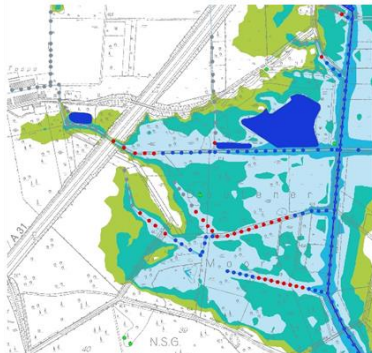
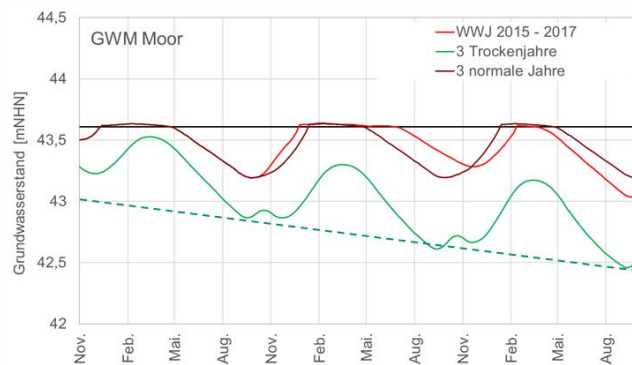


Abbildung 33: Vorflutsituation und Flurabstände < 1,5m des Szenarios S3

WWJ 2015 – 2017 / Oktober 2017



3 Trockenjahre / Oktober 3. Jahr



3 Normaljahre / Oktober 3. Jahr

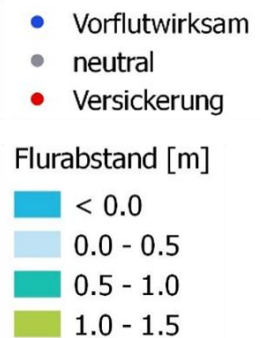
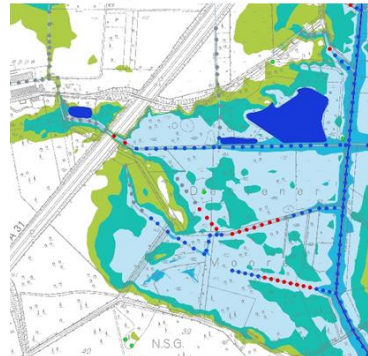


Abbildung 34: Auswirkungen der klimatischen Änderungen auf das Deutener Moor (S3 und S5)

4.3.4 Simulationen von möglichen Maßnahmen

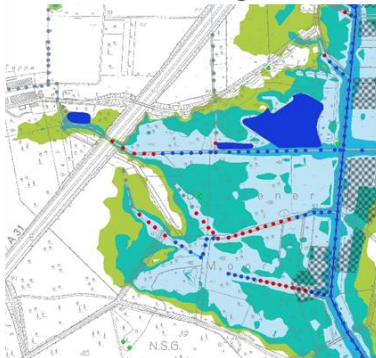
Tabelle 6: Übersicht über die durchgeführten Simulationen.

	Simulationen		1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr
			<i>Normaljahr</i>	<i>Nassjahr</i>	<i>Trockenjahr</i>
S0	Ausschöpfung der Wasserrechte	Entnahmen 1,94 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a
S4	Ausschöpfung der Wasserrechte ohne Flächendränagen	Entnahmen 1,94 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a
S6	Ausschöpfung der Wasserrechte ohne Flächendränagen und ohne Gräben	Entnahmen 1,94 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a
S7	Ausschöpfung der Wasserrechte mit Einspeisung	Entnahmen 1,94 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a	Beregnung 1,29 Mio. m ³ /a

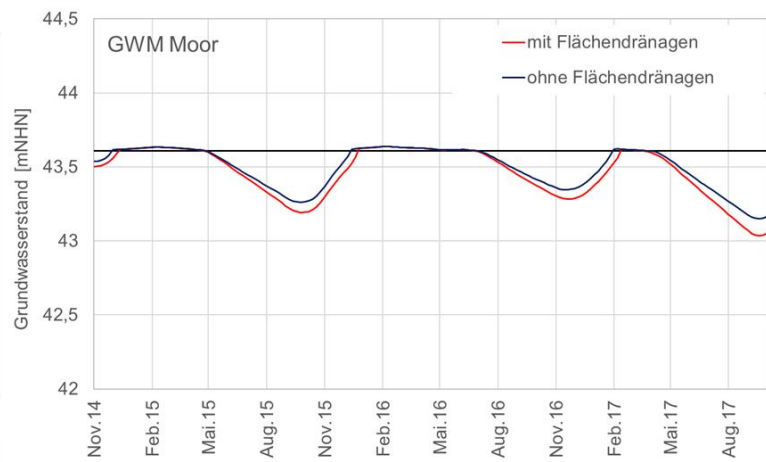
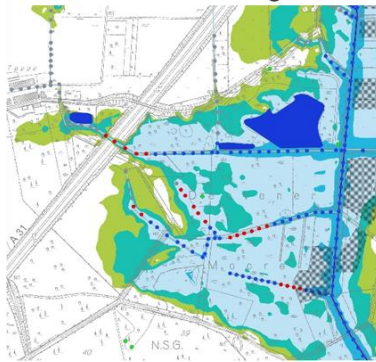
Um höhere Grundwasserstände im Naturschutzgebiet Rhader Wiesen und Deutener Moor zu erreichen, sowie ein temporäres Trockenfallen der Fließgewässer, insbesondere des Schafsbaches zu vermeiden, werden mehrere Maßnahmen simuliert. Im **Szenario S4** wird die Möglichkeit untersucht, Wasser im Raum zu halten, das heißt, dass die Wirkung der landwirtschaftlichen Dränagen aufgehoben wird, gleichzeitig wird ein Austritt von Grundwasser an der Geländeoberfläche zugelassen. Die Entnahmen aus den Wasserrechten und klimatischen Bedingungen entsprechen dem Szenario S0. Im Deutener Moor steigt das Grundwasser um max. 0,1 m an, die Phase der Vernässung verlängert sich (Abbildung 35).

In den Rhader Wiesen erhöht sich der Abfluss in Trockenzeiten um 9 % in Bereichen mit großen Flächendränagen, wodurch eine Vernässung in Bereichen möglich wird. Im Schafsbach kommt es zu einer Niedrigwasseraufhöhung (Abbildung 36).

Mit Flächendränagen



Ohne Flächendränagen



- Vorflutwirksam
 - neutral
 - Versickerung
- Flurabstand [m]
- < 0.0
 - 0.0 - 0.5
 - 0.5 - 1.0
 - 1.0 - 1.5

Abbildung 35 Auswirkung der Aufhebung der landwirtschaftlichen Dränagen auf das Deutener Moor (S4).



Mit Flächendränagen



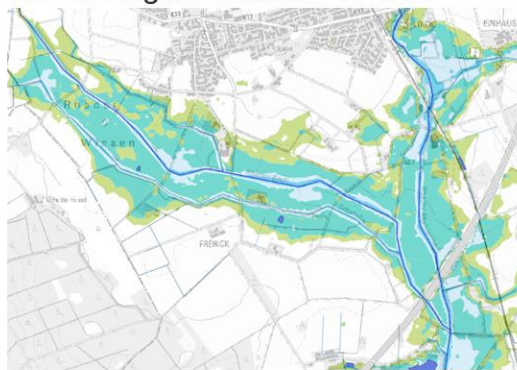
Ohne Flächendränagen

- Vorflutwirksam
 - neutral
 - Versickerung
- Flurabstand [m]
- < 0.0
 - 0.0 - 0.5
 - 0.5 - 1.0
 - 1.0 - 1.5

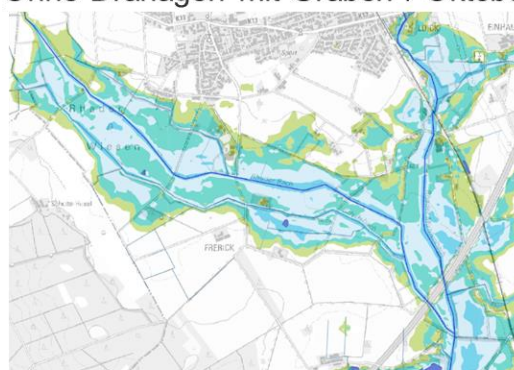
Abbildung 36: Auswirkung der Aufhebung der landwirtschaftlichen Dränagen in den Rhauder Wiesen (S0 und S4), jeweils im Oktober 3. Jahr.

Eine zusätzliche Möglichkeit die Situation in den Naturschutzgebieten zu verbessern, ist das Abströmen von Grundwasser über Gräben zu verhindern. Dazu werden im **Szenario S6**, zusätzlich zur Aufhebung der landwirtschaftlichen Dränagen, Gräben im Deutener Moor und in den Rhader Wiesen verdämmt. Das Szenario S6 behält die klimatischen Bedingungen und wasserrechtlichen Entnahmen aus Szenario S4 bzw. S0 bei. Das Verdämmen des Zulaufs in den Rhader Wiesen bewirkt eine Änderung der Abflussrate am Schafsbach um 2 %, am Rhader Bach eine Verringerung des Abflusses um 7 % (Abbildung 37). Eine Verringerung der Flurabstände ist nur äußerst kleinräumig auszumachen. Im Deutener Moor nimmt die Verfügbarkeit von Wasser an der Geländeoberfläche um 30 % im Frühjahr und um 50 % im Herbst zu. Der Flurabstand verringert sich deutlich und die Vernässungsphasen verlängern sich (Abbildung 38).

Mit Dränagen/ Oktober 3. Jahr



Ohne Dränagen mit Gräben / Oktober 3. Jahr



Ohne Dränagen und Gräben / Oktober 3. Jahr

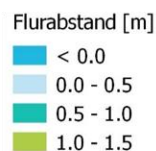
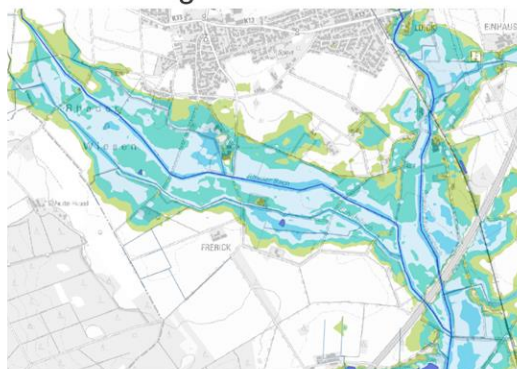
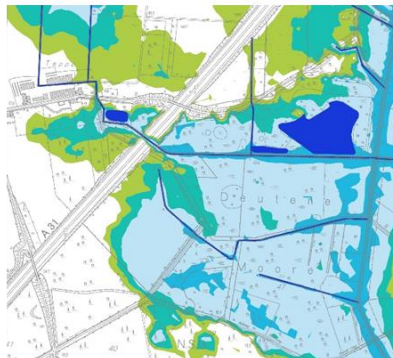
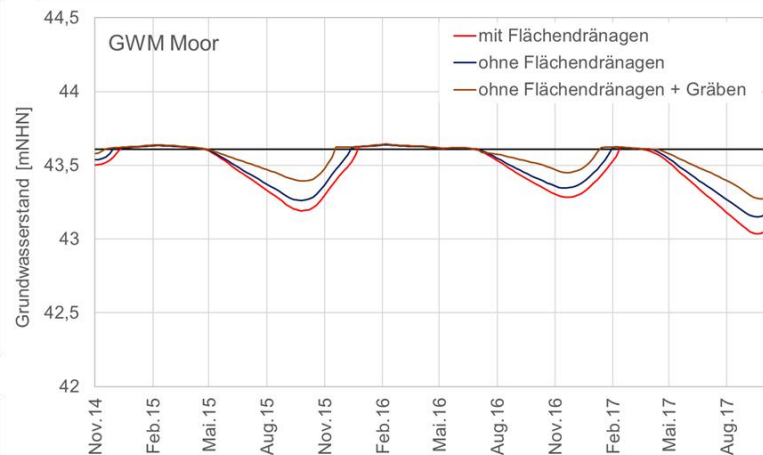
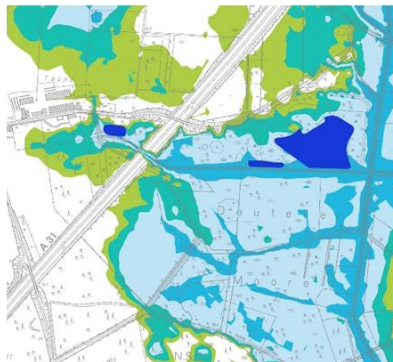


Abbildung 37: Auswirkung der Maßnahmen auf die Rhader Wiesen (S0, S4, S6).

mit Gräben / Juni 1. Jahr



ohne Gräben / Juni 1. Jahr



Flurabstand [m]

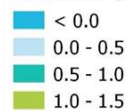
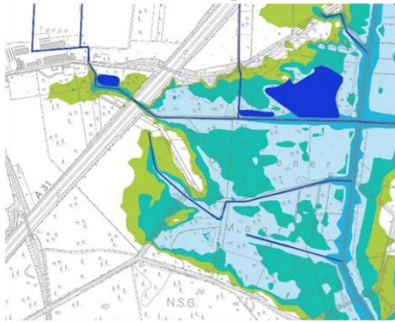


Abbildung 38: Auswirkung der Maßnahmen auf das Deutener Moor (S0, S4 und S6)

Das **Szenario S7** beschreibt eine Einspeisung von Wasser in das Deutener Moor und in den Schafsbach zur Verbesserung der hydrologischen Situation in den beiden Naturschutzgebieten. Die Entnahmen aus den Wasserrechten sowie die klimatische Situation bleiben im Szenario S7 gegenüber dem Szenario S0 unverändert. Im Deutener Moor wird eine Infiltration von insgesamt 27.000 m³ Wasser im Zeitraum von April bis September (6 m³/h) in den Untergrund simuliert. Die Infiltrationsstelle liegt im Westen des Deutener Moores. Die Versickerung verringert die Flurabstände deutlich auf < 0,2 m. Die Vernäsung des Moores findet räumlich nur in einem sehr stark begrenzten Bereich statt (Abbildung 39).

Zusätzlich wird im Szenario S7 eine Einspeisung von Wasser in den Schafsbach simuliert, um die Phasen des Trockenfallens zu reduzieren und die Flurabstände im Umfeld des Schafsbachs zu verringern. Eine Einleitung von 10.000 – 20.000 m³/a, verteilt auf die Sommermonate, führt zu einem durchgehenden Abfluss im Schafsbach. Die Flurabstände werden dadurch nicht flächenhaft, sondern nur im Gewässernahfeld (ca. 30 m breiter Saum) verringert, verursacht durch einen Grundwasseranstieg von weniger als 0,2 m. Der Schafsbach ist nicht dazu geeignet, größere Wassermengen in den Grundwasserleiter zu infiltrieren, da die Versickerungsfläche, die Sohdurchlässigkeit und der erzielbare Gradient zu gering sind.

Ohne Versickerung



Mit Versickerung

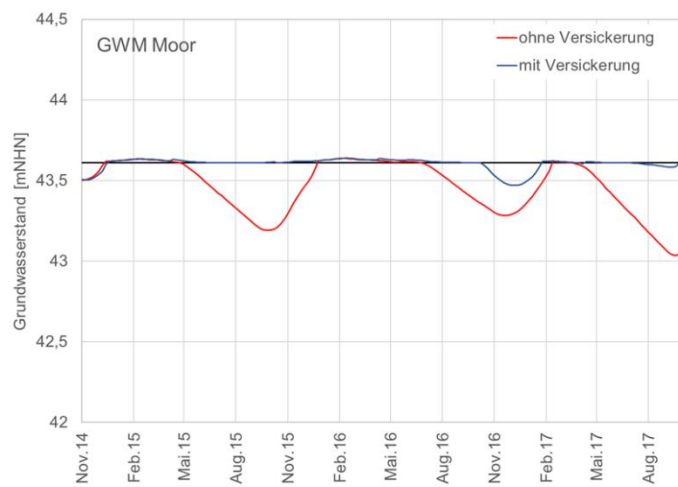
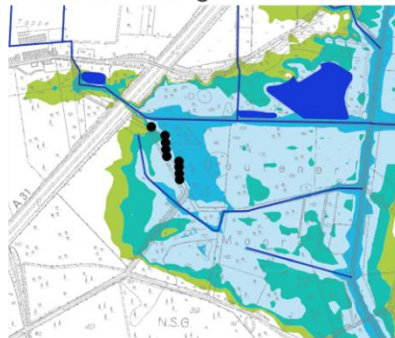


Abbildung 39: Auswirkung der Versickerung auf das Deutener Moor (S7)

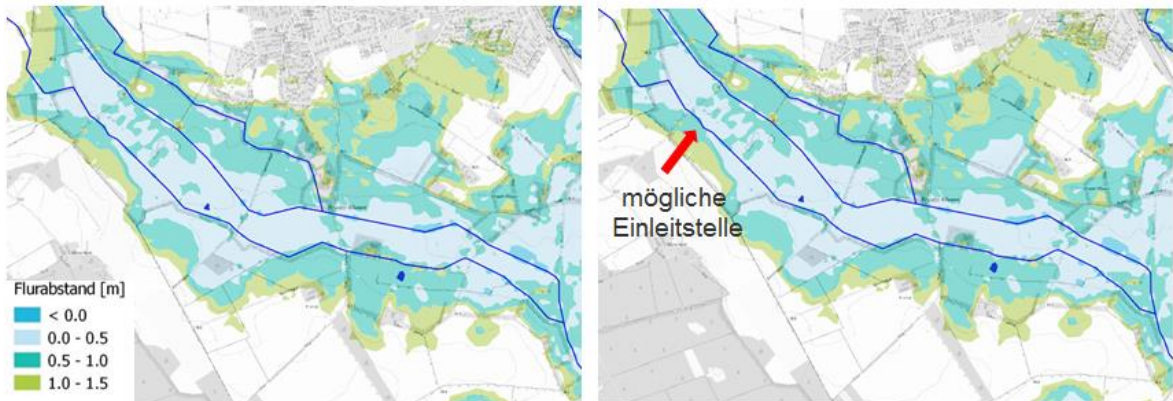


Abbildung 40: Auswirkungen auf die Flurabstände durch die Einleitung von Wasser am Schafsbach (S0 und S7).

4.4 Modellhafte Umsetzung

4.4.1 Auswahl des Gebietes und Zielsetzung

Zur Auswahl für eine testweise Durchführung von Maßnahmen standen die Naturschutzgebiete Rhader Wiesen, Deutener Moor und Schwarzes Venn. Mit der Unteren Naturschutzbehörde, der Biologischen Station, dem NABU und dem RVR wurde in einem Gespräch am 18.07.2018 das Deutener Moor ausgewählt. Es wurde vereinbart, dass im Teilgebiet Brosthausener Wiesenmoor ein temporärer Einstau von zwei Entwässerungsgräben erfolgen soll und die Auswirkungen auf das Moor beobachtet werden sollen. Darüber hinaus sollte der Einstau mit dem Grundwassermodell nachgebildet und so die Modellergebnisse überprüft werden. Mit der modellhaften Umsetzung verbunden war die Einrichtung eines Monitoringsystems mit kontinuierlich aufzeichnenden Datenloggern. Hierzu wurden weitere Hilfsmessstellen eingerichtet.

Der temporäre Einstau als modellhafte Umsetzung dient dem Ziel, festzustellen, ob dadurch eine Wiedervernässung des Brosthausener Wiesenmoores möglich ist und welche Maßnahmen geeignet sind, dies dauerhaft zu ermöglichen. Mit dem Grundwassermodell wird die beispielhafte Umsetzung begleitet und ggfs. ergänzende Maßnahmen vorgeschlagen.

4.4.2 Versuchsplanung und Versuchseinrichtung

Im August und September 2018 wurden Ortsbegehungen der Gräben zur Detailplanung des Einstauversuchs durchgeführt, das Konzept mit den beteiligten Behörden (Untere Wasserbehörde und Untere Naturschutzbehörde) und Institutionen (Biologische Station Kreis Recklinghausen und RVR als Grundstückseigentümer) abgestimmt sowie die Maßnahme behördlich angezeigt. Die bisher vorhandenen Staueinrichtungen werden von der Biologischen Station betrieben⁷ und sollen während der Versuchsdurchführung nicht verändert werden.

Hydrologische Gebietsbeschreibung

Der **Graben 1.21** beginnt in einer landwirtschaftlichen Nutzfläche, unterquert einen Weg und verläuft südlich des Brosthausener Wiesenmoores durch das NSG Deutener Moor zum Rhader Mühlenbach (Abbildung 41). Er wird dort umgeben von Bruchwäldern, nur im Unterlauf grenzen Grünlandflächen an. Der o.g. Wegedurchlass ist nicht funktionstüchtig, d.h. verstopft oder zerstört. Hier kann nur bedingt Wasser abfließen. Im weiteren Verlauf ist der Graben 0,3 m bis 0,5 m tief in das Gelände eingeschnitten und 2 m bis 5 m breit. Erst im Unterlauf ist er deutlicher in das Gelände eingeschnitten. Der **Graben 1.23** beginnt südlich des Feuerlöschteiches westlich der A31 und besitzt einen Durchlass unter der Autobahn. Beidseitig der Autobahn bestehen Einleitungen, für die wasserrechtliche Erlaubnisse vorliegen. Der Durchlass ist teilweise zusedimentiert. Auf der Ostseite der Autobahn verläuft der Graben am Nordrand des Brosthausener Moores durch das Naturschutzgebiet Deutener Moor. Auch er ist nur gering eingeschnitten im Gelände, z.T. ist der Verlauf im Gelände nur diffus erkennbar. Auf der Südseite des Grabens ist eine Verwallung vorhanden, die lediglich am Westende des alten NSG Brosthausener Wiesenmoor eine Öffnung aufweist. Im Unterlauf auf der Höhe des Teiches ist er dann tiefer eingeschnitten. Südlich grenzt eine Grünlandfläche an.

Im Unterlauf beider Gräben bestehen Einstaueinrichtungen. Hier ist das Sohlgefälle relativ steil, so dass ihre Reichweite im Graben vergleichsweise gering ist. Die Schummerungskarte des Reliefs (Abbildung 42) zeigt zahlreiche Drainagegrabenstrukturen innerhalb des NSG Deutener Moor bzw. im Brosthausener Wiesenmoor. Insbesondere eine nordwest-südost-gerichtete Struktur diagonal durch das Brosthausener Wiesenmoor ist im Bereich der von Gehölzen freigestellten Fläche im Gelände nicht erkennbar, im Gegensatz zum Bereich des Einlaufs in den Graben 1.21. Die Oberflächenabflussauswertung im SWECO-Gutachten zeigt die oberflächliche Wirksamkeit dieser Geländemulden bzw. -strukturen an. Im Verlauf des Grabens 1.21 sind weitere zulaufende Grabenstrukturen erkennbar, wie sie die Schummerungsdarstellung anzeigt.

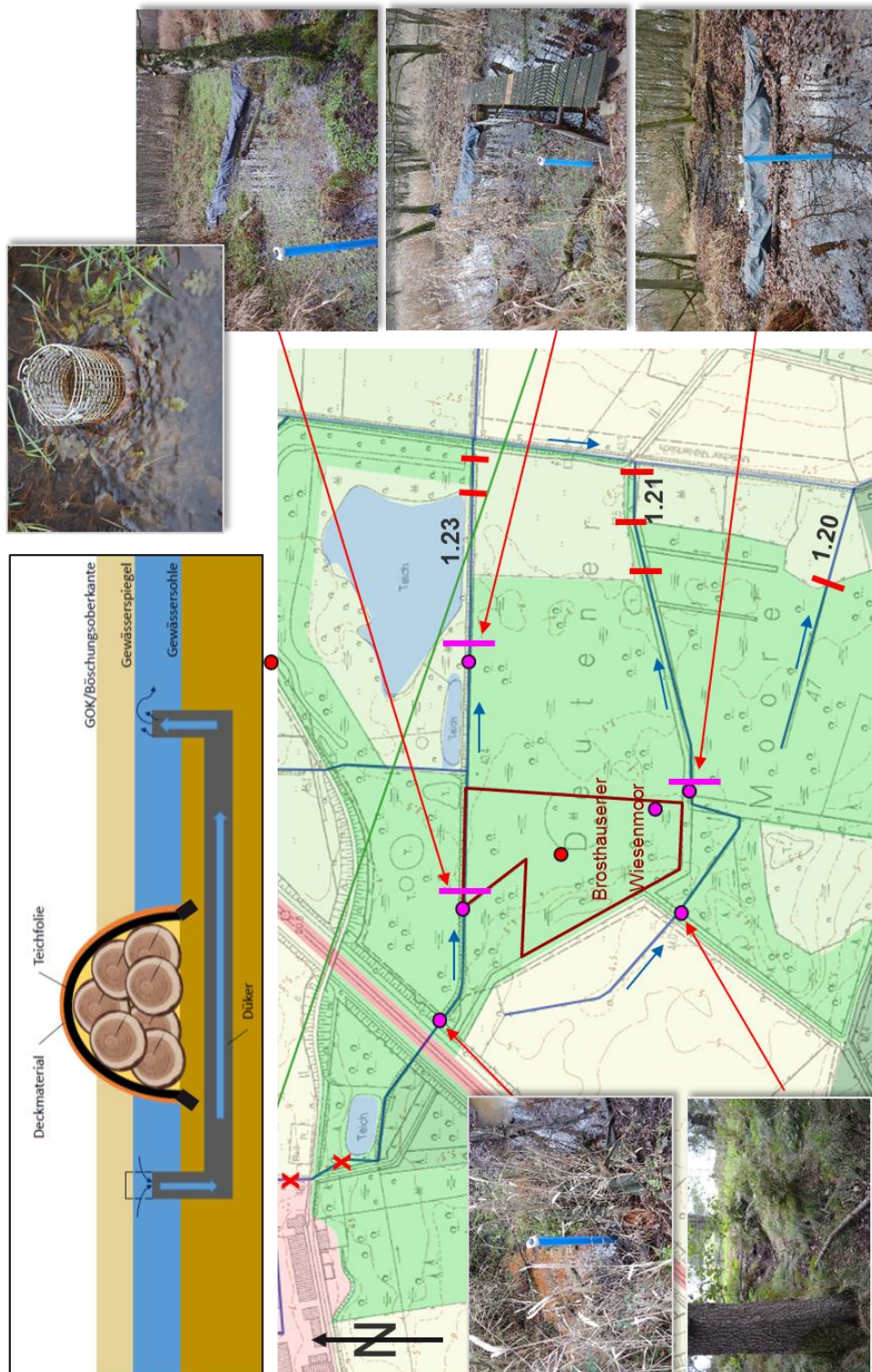


Abbildung 41: Errichtung der Dämme im Brosthauserer Wiesenmoor (x: Gräben nicht wirksam, rote Balken: vorhandene, z. T. funktionsfähige Einstaueinrichtungen, blau: Gräben, magentafarbene Balken: neu errichtete Dämme, magentafarbene Punkte: zusätzliche Messeinrichtungen mit Datenlogger)

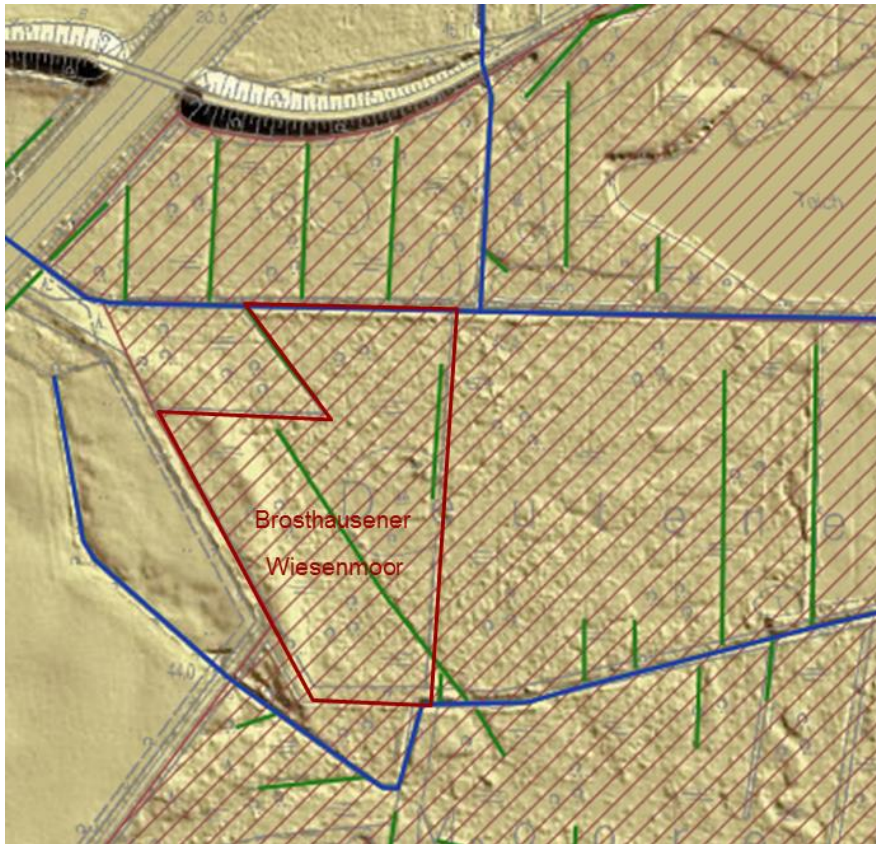


Abbildung 42: Schummerungskarte des Reliefs im Deutener Moor mit Hervorhebung der Drainagestrukturen (grün)

Detailplanung

Auf der Basis der Geländebegehung und des digitalen Geländemodells (DHM1: 1 m Rasterdaten) wurde die Detailplanung des Einstauversuchs vorgenommen. Die Staueinrichtungen mussten bereits vor den Winterniederschlägen Ende Oktober 2018 vorbereitet sein, da das Gelände im Winter nur eingeschränkt begehbar ist. Die Landnutzer (Jagdpächter, Landwirte benachbarter Flächen) wurden vor den Arbeiten informiert. Die Gräben 1.21 und 1.23 (Abbildung 41) sollten am Ostende des Brosthausener Moores um etwa 0,3 m (Einschnitt-Tiefe) mit einem Damm aus Totholz (aus dem nahen Umfeld) mit Teichfolienabdeckung (Abbildung 41) eingestaut werden. Ein regelbarer Überlauf mittels Düker und Rohrdurchlass wurde vorgesehen. Die zwei Standorte am Graben 1.23 wurden so gewählt, dass ein Einstau am Westende des Brosthausener Moores erfolgt bzw. östlich des Brosthausener Moores (Brücke) möglich ist. Bei letzterem wurde ein Einstau mittels eingerammten Blechen mit Überlauf gebaut, da ein Damm hier nicht möglich war. An allen

Standorten ist der Graben etwa 4 m breit. Die Lage der Dämme ist der Abbildung 41 zu entnehmen.

Die Einstauhöhen sind im Hinblick auf ihre Reichweite und Betroffenheit Dritter mit Hilfe des digitalen Geländemodells (1 m-Raster) geprüft worden (Abbildung 43). Die Dämme wurden im November 2018 eingerichtet, aber noch nicht verschlossen.

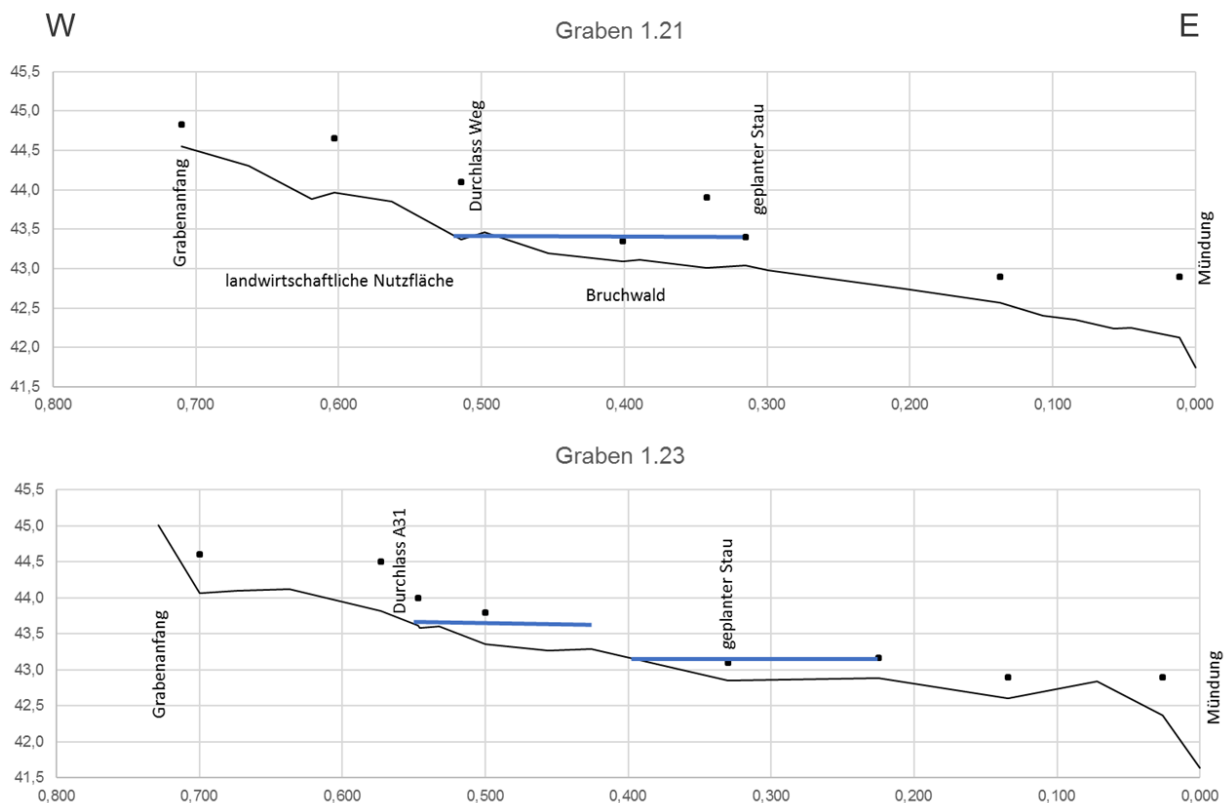


Abbildung 43: Grabenlängsschnitte mit geplanten Einstauniveaus (Grundlage DGM 1)

An den in der Abbildung 41 gekennzeichneten Standorten wurden Rammfiltermessstellen mit Funkloggern installiert, um dort den Wasserspiegel in den Gräben aufzeichnen zu können. Die Grundwassermessstellen 934 und 936 sind bereits mit entsprechenden Loggern ausgestattet. Die Messstellen in den Gräben befinden sich jeweils vor der Aufstaeinrichtung, um den Wasserspiegelanstieg zu dokumentieren, und an westlich gelegenen Standorten, um festzustellen, ob die Stauwurzel die Durchlässe erreicht (östlich der Autobahn A31 und östlich des Weges am Graben 1.21). Eine weitere Rammfiltermessstelle wurde am „Auslauf“ des Brosthausener Moores errichtet.

4.4.3 Versuchsdurchführung

Der Einstauversuch wurde am 8. Februar 2019 durch Verschluss der Düker bzw. Schließen des Durchlasses gestartet. In der folgenden Testphase wurden bei regelmäßigen Begehungen Undichtigkeiten geschlossen bzw. die Aufstaueinrichtungen optimiert, so dass die Einstauvorrichtungen zum 25. Februar 2019 endgültig betriebsbereit waren. Dies geschah während einer länger andauernden Regenphase ohne Frosteinfluss, so dass genügend Wasser zur Verfügung stand. Abbildung 44 zeigt die Wasserstandsentwicklung im Aufstaubereich vor den Dämmen bis Juni 2019. Negative Werte sind dabei die Wassertiefen im Graben, positive Werte der Grundwasserstand unter der Grabensohle.

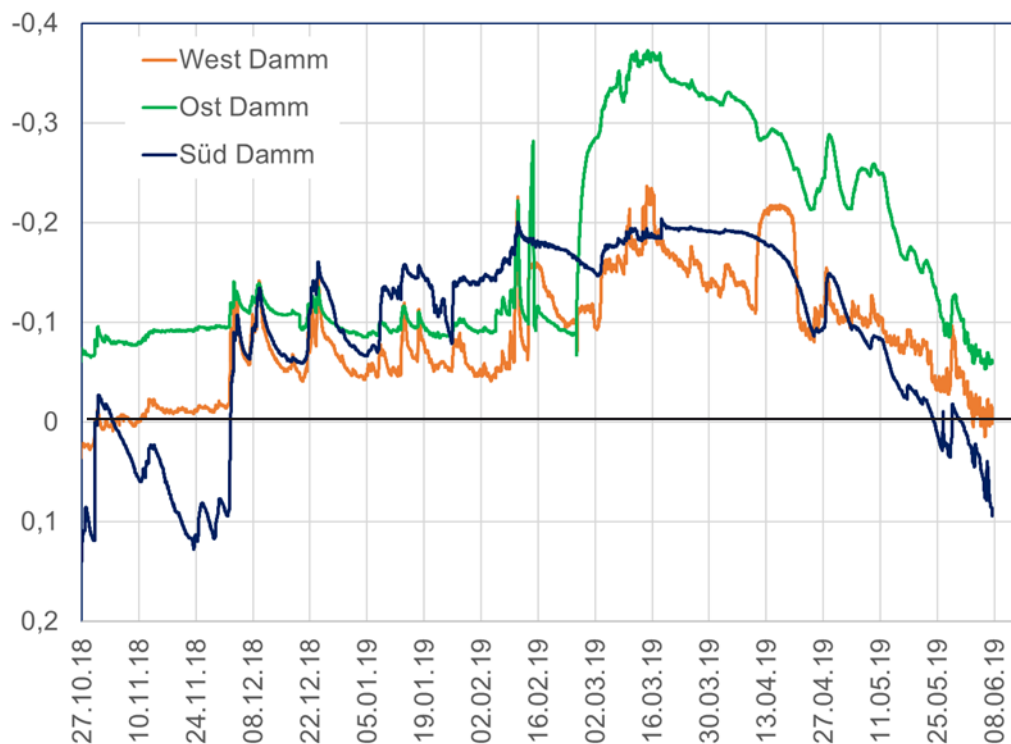


Abbildung 44: Wasserstandsganglinie (Werte in m)

An den Dämmen wurden Einstautiefen von 0,15 m bis 0,35 m und Einstauabschnitte von 80 m bis 110 m erreicht.

Da der Graben 1.21 mit dem **Damm Süd** keinen oberirdischen Zufluss besitzt, wurde die geplante Stauhöhe nicht erreicht. Das Überlaufniveau der Staueinrichtung lag etwa 0,1 m höher als der erzielte Wasserstand (Abbildung 45, oben links). Der Grundwasserzutritt reichte für einen weitergehenden Einstau nicht aus. Nach Regenereignissen sank der

Wasserstand infolge der Verdunstung regelmäßig wieder ab. Ab Ende April haben die wenigen Regenereignisse nicht ausgereicht, das Abfallen der Wasserstände bis zum Trockenfallen Ende Mai zu verhindern. Der Einstau reichte nicht bis zum Beginn der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Westen. Der oberhalb des Dammes befindliche Grabenabzweig zum Brosthausener Wiesenmoor wurde auf mehr als 10 m Länge in Richtung auf das Wiesenmoor eingestaut (Abbildung 45, oben rechts)

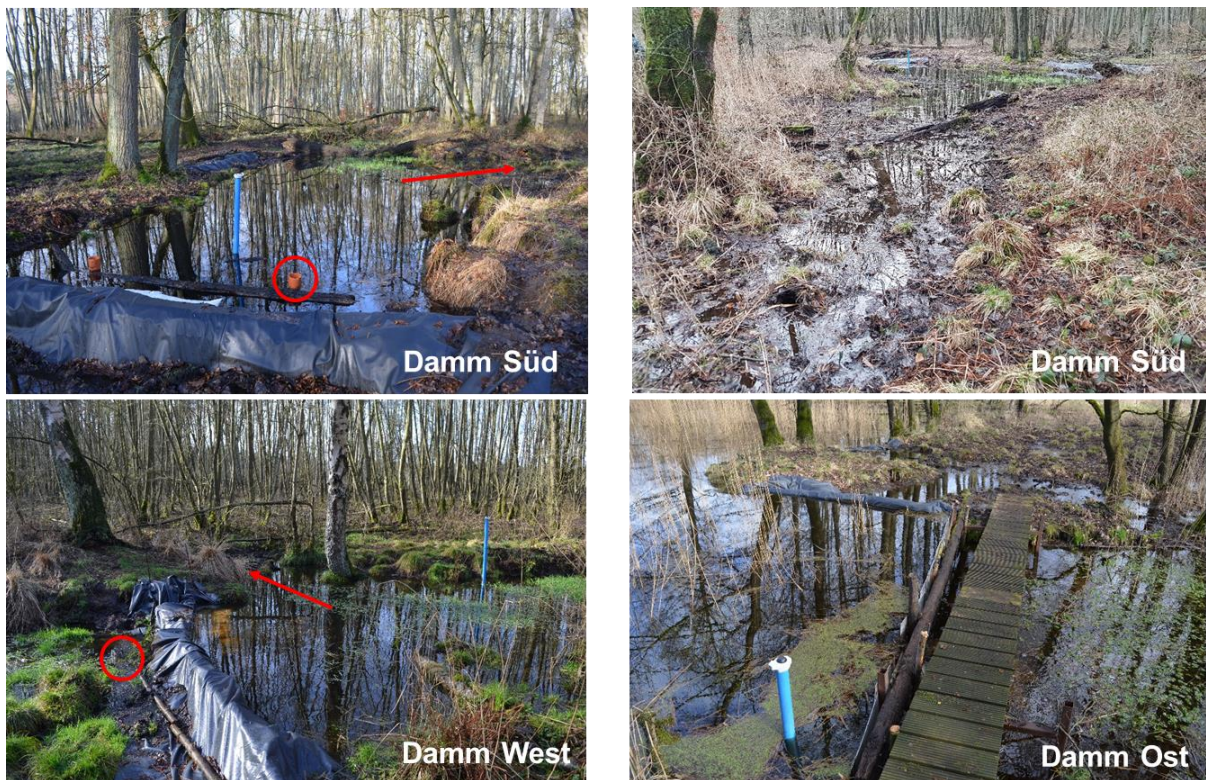


Abbildung 45: Einstausituation an den Dämmen am 18. März 2019

Demgegenüber hat der **Damm West** im Graben 1.23 durch den Zufluss von Westen das Einstauniveau erreicht. Im Versuchsverlauf wurde dieses Niveau noch weiter erhöht, so dass Einstauhöhen von 0,22 m erreicht wurden. Der Einstau reichte nicht bis zur Einleitung an der BAB A31. Da im torfigen Untergrund des Dammes Undichtigkeiten auftraten, war das Absinken der Wasserstände nach dem Einstau schneller als es durch die Verdunstung zu erklären gewesen wäre. Auch mit zusätzlichen Blechen konnten die Undichtigkeiten nicht verschlossen werden. Das Einstauniveau reichte aus, um den Graben in Richtung auf das Brosthausener Wiesenmoor einzustauen.

Der **Damm Ost** (der streng genommen ein Wehr aus Blechen ist) weist die größten Einstaubeträge auf. In Abbildung 45 (unten rechts) sind auch die Nebendämme zur Verhinderung von Umläufigkeiten zu erkennen. Mit dem Einstau wurde auch der Wasserspiegel im westlich benachbarten Teich angehoben und der Bereich nördlich des Grabens großflächig geflutet.

Während des Versuches erfolgte in regelmäßigen Abständen eine Begehung mit Kontrolle der Staueinrichtungen, der Fließwege und Logger sowie pH-Wert-Messungen in den Grundwassermessstellen, Gräben, im größeren Teich nördlich Graben 1.23 und im Wald. An den Dämmen wurden Wildkameras mit Fernübertragung installiert, um den Zustand des Dammes jederzeit beobachten zu können.

Die winterliche Situation während des Einstaus zeigt Abbildung 46. Die blauen Flächen stellen offene Wasserflächen dar, die grünen Flächen nasse Flächen. Die blauen Gräben waren zum Zeitpunkt der Aufnahme Wasser führend, die grünen feucht.

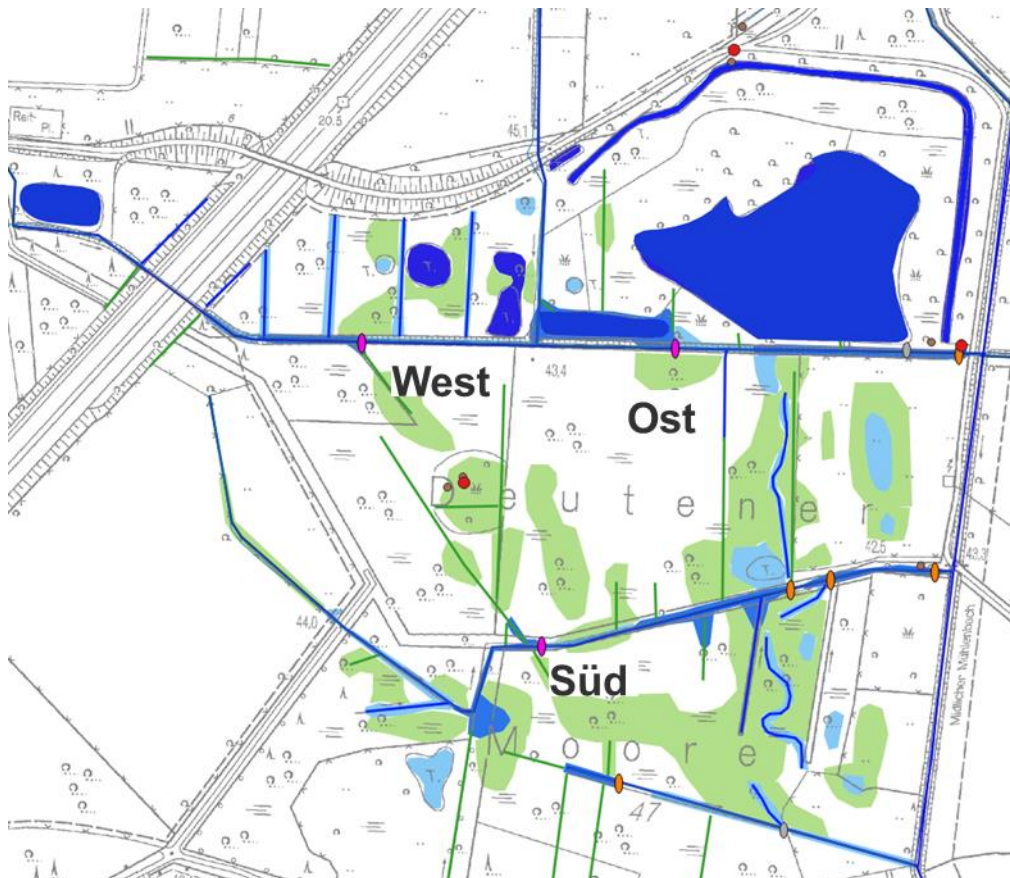


Abbildung 46: Überflutungssituation im Brosthausener Wiesenmoor im Februar / März 2019

Von Januar bis März waren weite Teile des Deutener Moores vernässt. Die Entwässerungsgräben waren eingestaut, führten über das Stauziel hinaus Wasser ab. Ebenso die ihnen zufließenden Seitengräben. An verschiedenen Stellen, vor allem im östlichen Deutener Moor bestanden größere Wasserflächen, die z.T. aufstaubedingt waren, aber auch Blänken in natürlichen Altarmstrukturen darstellten. Von Norden und Westen floss dem Graben 1.23 Wasser zu. Bei Niederschlagsereignissen war auch die Oberflächenentwässerung der Autobahn aktiv. Es handelt sich hier um eine wasserrechtlich erlaubte Einleitung in die parallel der Autobahn verlaufenden Gräben. Das große Stillgewässer nördlich des Grabens 1.23 entwässerte in den Graben (Überlauf im Südosten aktiv). Im April kam der Abfluss aus dem Gebiet zum Erliegen und bis Ende Mai waren fast alle Gräben trocken.

4.4.4 Klimatische Wasserbilanz

Begleitend mit der Messwerterfassung wurde eine klimatische Wasserbilanz (Niederschlag minus Verdunstung) auf Tagesbasis erstellt, um die Wasserstandsveränderung mit Niederschlagsereignissen und Zehrungen aus dem Grundwasser vergleichen zu können (Abbildung 47). Bis Mitte März überwiegt der Einfluss von Niederschlagsereignissen, die Verdunstung ist gering, so dass sich Perioden ohne Niederschläge mit geringen negativen Wasserbilanzen bemerkbar machen. Ab Mitte März nimmt die Bedeutung der Verdunstung mit dem Laubaustrieb der Bäume deutlich zu und die Grundwasserzehrungsphasen (negative Werte) werden nur an einzelnen Tagen von Regenereignissen unterbrochen. Die Verdunstung kann 5 mm/Tag betragen.

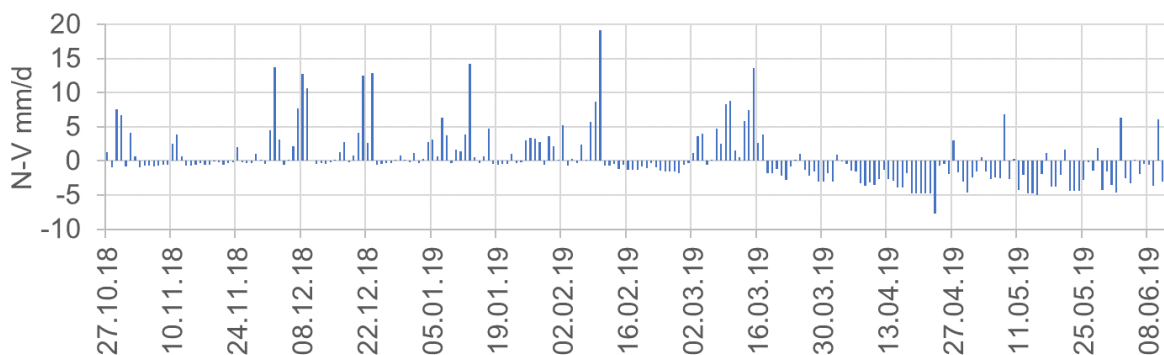


Abbildung 47: Klimatische Bodenwasserbilanz (Niederschlag minus Verdunstung) für den Zeitraum des Einstauversuches für feuchten Laubwald

4.4.5 Grundwasserstandsentwicklung

Die Grundwasserstandsentwicklung während des Einstauversuches im weiteren Umfeld des Deutener Moores zeigt Abbildung 48. Die Messstelle N00934 befindet sich im Brosthausener Wiesenmoor, die übrigen im weiteren Umfeld. Bis Mitte März waren die Grundwasserstände auf einem hohen Niveau, unterbrochen von niederschlagsbedingten kurzzeitigen Anstiegen um den 26. Januar, den 11. Februar und Mitte März. Ab Mitte März fällt der Grundwasserstand kontinuierlich ab bis Anfang Juni. In dieser Phase überwiegt die Grundwasserzehrung aus dem Grundwasserleiter in Bereichen mit geringen Flurabständen. Die Amplitude der Grundwasserstände beträgt bei Flurabständen unter 1 m etwa 0,5 m und bei 1,5 m Flurabstand etwa 0,8 m im Versuchsverlauf. Die Messstelle im Schwarzen Venn zeigt bei Flurabständen von über 3 m nur geringe jahreszeitliche Schwankungen (der Sprung in der Ganglinie am 29. Januar ist vermutlich auslesebedingt).

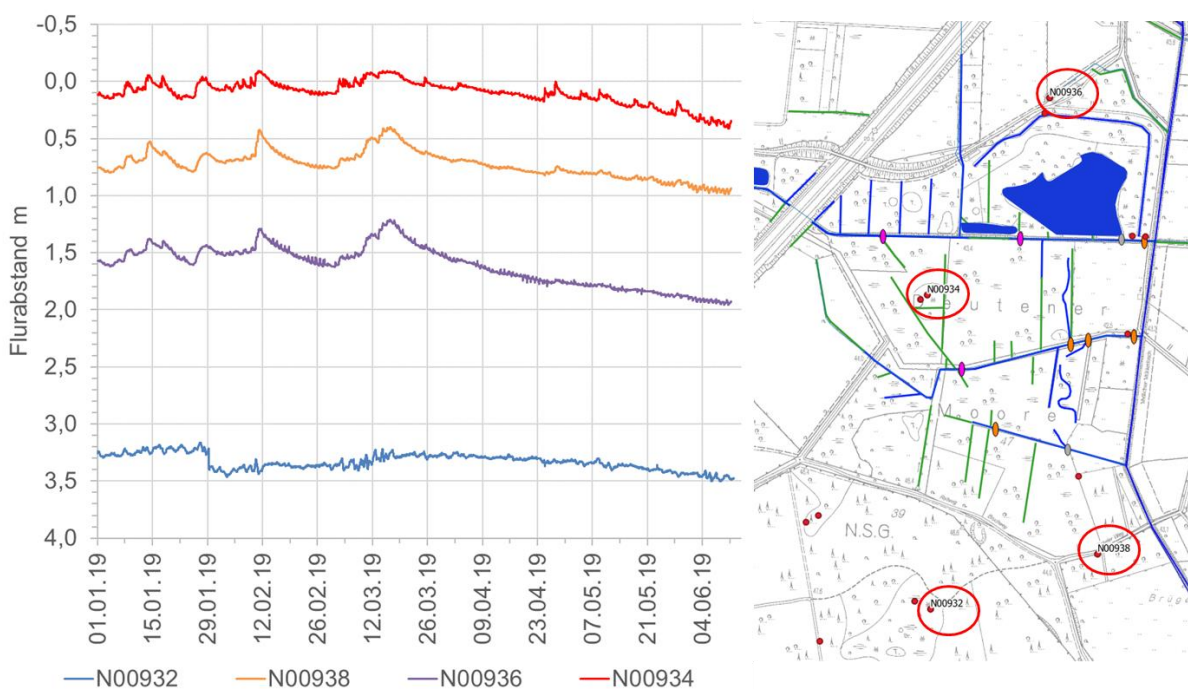


Abbildung 48: Grundwasserstandsganglinien im Umfeld des Deutener Moores (Daten RWW)

In Abbildung 49 sind die Ganglinien im Umfeld des Damms Süd dargestellt. Der Beginn des Einstaus ist markiert. Die rot gehaltene Grundwasserganglinie zeigt die Flurabstände im Brosthausener Wiesenmoor. Bis in die dritte Märzdekade hinein treten Flurabstände <0 m auf, das heißt die Potentiale liegen oberhalb oder an der Geländeoberfläche. Der

Überstau beträgt bis zu 10 cm. Die Anstiege fallen zusammen mit den Phasen, in denen mehr Niederschläge fallen als Verdunstung stattfindet. In den Zeiten, in denen die Verdunstung höher ist als der Niederschlag (im Februar und ab Mitte März) kommt es zu einem kontinuierlichen Absinken der Grundwasserstände. Die Grundwassermessstelle „Süd Zulauf Moor“ befindet sich im Anstrom des Dammes Süd und reagiert synchron, nur bei den Anstiegen abgeschwächer. Die Oberflächengewässermessstellen reagieren in der Zeit, wo sie Wasser führen (negative Flurabstandswerte) gedämpfter, wenn sie trocken fallen gleichsinnig mit den Grundwassermessstellen.

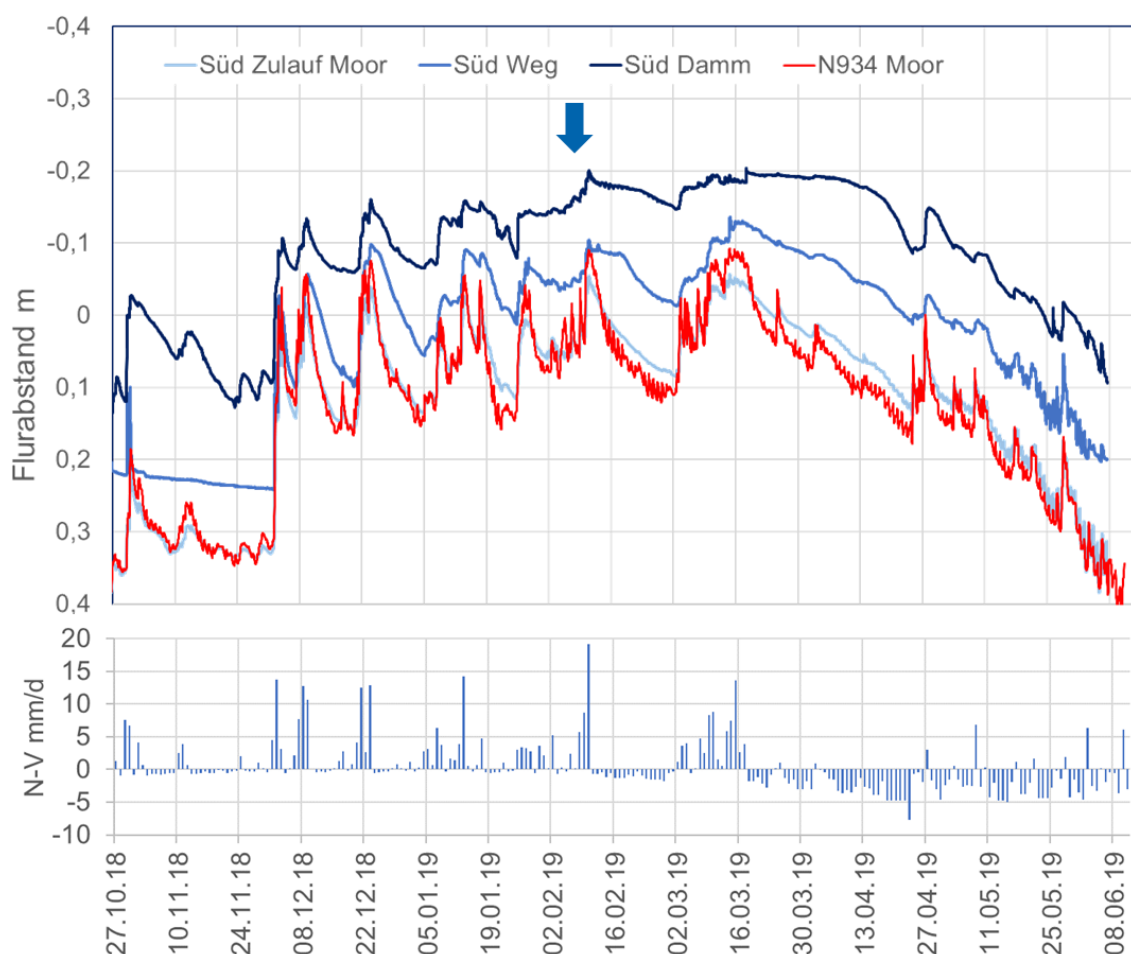


Abbildung 49: Grundwasser- bzw. Wasserstandsganglinien (oben) im Umfeld des Grabens 1.21 (Pfeil: Beginn Einstau am Damm Süd) und klimatische Wasserbilanz für nassen Laubwald auf Tagesbasis (unten)

Mit dem Einstau konnte das Absinken im Graben deutlich verlangsamt werden, da das Wasser (zur Verdunstung) zurückgehalten wurde. Wegen der geringen Flurabstände im gesamten Bereich konnte eine direkte Reaktion im Moor auf das Verschließen des Dammes nicht dokumentiert werden. Die Ganglinien zeigen die enorme Bedeutung der Ver-

dunstung für die Flurabstände, so dass eine Rückhaltung des Wassers die sommerlichen Flurabstandsvergrößerungen minimieren kann.

Vergleichbar ist die Reaktion am Graben 1.23 (Abbildung 50), nur dass hier die Einstaubeträge an den beiden Dämmen deutlich höher sind. Der Einfluss der Verdunstung (Tageschwankungen) auf die Wasserstände ist hier etwas geringer als im Moor. Da im Graben 1.23 ein Zufluss von Norden bzw. Westen vorhanden ist, steigt der Wasserstand im Graben nach Niederschlagsereignissen im Winter deutlich stärker an. Aus diesem Grund kann der Graben aber auch nicht vollständig verschlossen werden.

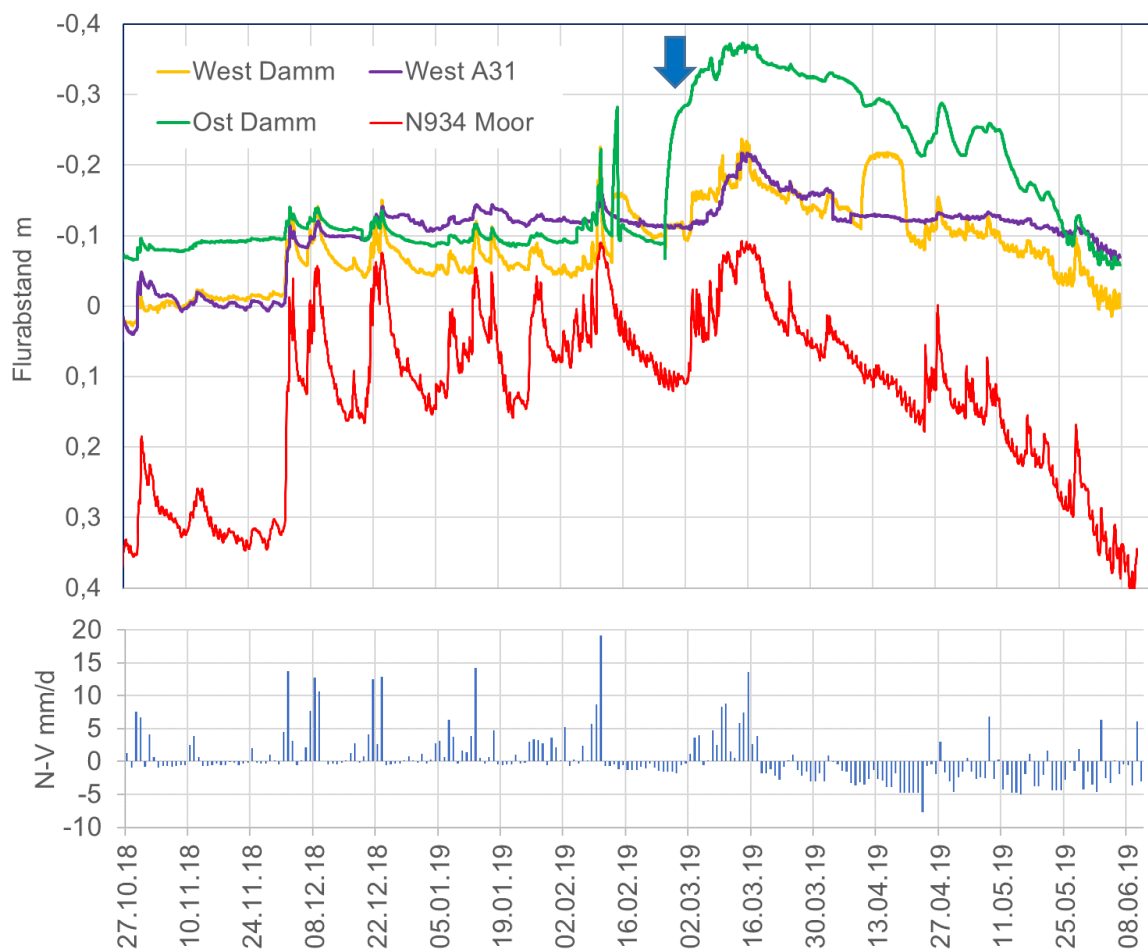


Abbildung 50: Grundwasser- bzw. Wasserstandsganglinien (oben) im Umfeld des Grabens 1.23 (Pfeil: Beginn Einstau am Damm Ost) und klimatische Wasserbilanz für nassen Laubwald auf Tagesbasis (unten)

4.4.6 Hydrochemische Verhältnisse

Da das Brosthausener Wiesenmoor als Kalkmoor nicht nur auf eine ausreichende Feuchtigkeit, sondern auch auf eine spezielle Wasserbeschaffenheit angewiesen ist, wurden vor und nach dem Einstaubbeginn Grund- und Oberflächenwasserproben genommen und auf die Hauptinhaltsstoffe untersucht. Die Daten werden speziell auf die Frage „Kalkgehalt“ hin ausgewertet. Zwei weitere Probenahmen sind bis zum Versuchsende vorgesehen. Die Analysen sind im Anhang aufgeführt. Beispielhaft sind in Abbildung 51 die Ergebnisse der ersten Beprobung vom 5. Februar 2019 wiedergegeben.

Der pH-Wert von exfiltrierendem Grundwasser ist oft nicht im Gleichgewicht mit der Atmosphäre, was insbesondere die Gase CO_2 und O_2 betrifft. Insbesondere das Gleichgewicht zu CO_2 stellt sich erst mit einer zeitlichen Verzögerung ein. Deshalb wurde eine geochemische Reaktionsberechnung mit dem Programm PHREEQC durchgeführt, mit der auch gleichzeitig eine Plausibilitätskontrolle erfolgte, da die elektrische Leitfähigkeit und die Ionenbilanz berechnet wurden. Die Analysen weisen im Rahmen der Toleranz eine ausgeglichene Ionenbilanz auf und berechnete und gemessene Leitfähigkeiten stimmen gut überein. Drei der vier Proben (Ausnahme: Ablauf Moor) sind calcitabscheidend. Sie enthalten mehr CO_2 , als es einem Gleichgewicht mit der Atmosphäre entspricht. Bei dem Übergang in die Umgebungsluft steigt der pH-Wert im Wasser und die Sättigungsgrenze für Calcit wird überschritten. Dadurch wird das Wasser im basischen Bereich gepuffert. Die im Labor bestimmte Säurekapazität zeigt, dass das Wasser 2 bis 3 mmol Säure abpuffern kann, bevor es den sauren pH-Wert von 4,4 annimmt. Dieses Ergebnis passt mit der Erwartung für ein Kalkmoor zusammen. Nicht geklärt wurde die Herkunft des anorganischen Kohlenstoffs (TIC), da der Grundwasserleiter keine Karbonate enthält. Es wird angenommen, dass im Untergrund Geschiebelehmeyinlagerungen vorhanden sind.

Eine Ausnahme bildet die Probe Ablauf Moor, die nicht gegen Versauerung gepuffert ist und außerdem Eisen enthält. In diesem Wasser wird sich bei Gleichgewicht mit der Atmosphäre kein basischer pH-Wert einstellen. Die 16 mg/L Gesamteisen können, wenn ein Anteil zweiwertiges Eisen vorhanden ist, zusätzlich Säure produzieren. Vermutlich ist es sogar das Eisen, welches die Säurekapazität soweit abgesenkt hat.

Die zweite Probenahme bestätigte die qualitativ die oben erläuterten Ergebnisse. Eine Reihe von Fragen betreffend der Herkunft von Karbonaten und Eisen im Wasser konnte

mit dieser einfachen Betrachtung nicht geklärt werden, was allerdings auch nicht Gegenstand des Projekts war.

Brosthausener Wiesenmoor
Wasseranalysen vom 05.02.2019

		Graben 1.21	Graben 1.23	Deutener Moor	Ablauf Moor
		OFW	OFW	GW	OFW
Typ					
pH-vor Ort	-	6.76	7.19	7.85	6.07
pH-Labor	-	6.6	7	8	5.6
Temp-vor Ort	°C	4.3	4.3	4.6	4.3
Temp-Labor	°C	18	17	17	17
El. Leitf.	µS/cm	606	791	314	516
Kationen					
Ca	mg/L	114	122	56	76
Mg	mg/L	5	6.9	1.2	3
Mn	mg/L	0.2	0.4	0.048	0.37
Fe	mg/L	1.3	0.49	0.18	16
K	mg/L	2	3.8	<1	3.7
Na	mg/L	11	25	3.7	10
Anionen					
Cl	mg/L	19.2	51.8	4.9	21
SO4	mg/L	179	200	2.1	185
Nährstoffe					
Nitrat	mg/L	5.8	5.9	<1	7.2
Phosphat	mg/L	0.089	0.049	<0.03	0.031
Ammonium	mg/L	0.7	0.44	0.049	0.27
Kieselsäure	mg/L	18	12	6.2	15
Kohlenstoff					
TIC	mg/L	9.1	5.2	3.5	18
TOC	mg/L	20	15	8	120
KS 4.3	mmol/L	2.3	2.2	3	0.3
KB 8.2	mmol/L	1.1	0.38	<0.1	1.5
Berechnungsergebnisse*					
Ionenbilanzfehler in %		0.58	0.11	4.6	-2.14
El. Leitf.	µS/cm	628	758	294	486
DIC	mg/L	27.8	26.4	37	3.6
pH bei GG mit Atmosph.		8.0-8.5	8.0-8.5	8.3-8.7	7.7
Calcitabscheidend		ja	ja	ja	nein

Abbildung 51: Wasserbeschaffenheit im Brosthausener Wiesenmoor. Neben den analysierten Parametern sind auch die Ergebnisse einer Reaktionsberechnung dargestellt, bei der ein Gleichgewicht mit der Atmosphäre simuliert wurde

Die in Abbildung 51 ersichtliche Abweichung der gemessenen TIC-Konzentrationen von den Titrationsergebnissen (KS4.3) und den berechneten Werten (DIC) ist unbefriedigend. Sie konnte innerhalb der Bearbeitung nicht aufgeklärt werden und sollte bei weiteren Un-

tersuchungen berücksichtigt werden. Die Freisetzung von Eisen aus dem Grundwasserleiter ist eine oft beobachtete Quelle der Versauerung bei Grundwasserabsenkungen und deshalb auch hier möglicherweise relevant. Da in Mooren bekanntermaßen auf kleinräumiger Skala das geochemische Milieu wechselt und Eisen und Kohlenstoff (organisch und anorganisch) in Redoxkreisläufen eingebunden sein können, ist die durchgeführte Probenahme zu grob, um eine Prozessanalyse anzustellen. Es wurden aber wichtige Daten gewonnen. Das oftmals nicht interpretierbare Muster von pH-Wert-Verteilungen muss vor dem Hintergrund der oben beschriebenen Reaktivität betrachtet werden.

4.4.7 Maßnahmenvorschlag zur Verbesserung des Wasserhaushaltes

Folgende mögliche Maßnahmen wurden zur Verbesserung der Grundwassersituation im Deutener Moor evaluiert und anhand der Ergebnisse des Einstauversuchs, Wasserhaushaltsberechnungen und dem instationären Grundwassermodell geprüft:

1. Verringerung der Bestockung im Moorbereich zur **Verringerung der Verdunstung**
2. **Minimierung des winterlichen Direktabflusses:** Verfüllung / Verdämmung der Entwässerungsgräben (1.20 und 1.21) bzw. ihrer Zuläufe im gesamten Moor (Simulation) und Errichtung weiterer Staeinrichtungen
3. **Minimierung/Verzögerung des Grundwasserabflusses:** Aufhebung Dränagewirkung landw. Nutzflächen im Umfeld (Simulation)
4. **Erhöhung des Zuflusses** von Westen: Wassereinleitung über eine Rigole oder Einleitung von Oberflächenwasser

Die Grundwasserzehrung durch die Verdunstung ist einer der Gründe für die absinkenden Grundwasserstände im Frühjahr und Sommer. Durch Minimierung der Verdunstung kann die Zehrung verringert werden, so dass die Flurabstände im Sommer nicht so stark fallen. Bei einer Nutzungsänderung von feuchtem Laubwald in Nassbrache (ohne Gehölze) kann die Zehrung im Sommer um bis zu ein Drittel verringert werden. Voraussetzung ist, dass die Verringerung des Bestockungsgrades aus naturschutzfachlicher, forstlicher und Eigentümer-Sicht verträglich ist. Der Bereich, in dem dies sinnvoll erscheint, ist in Abbildung 53 dargestellt.

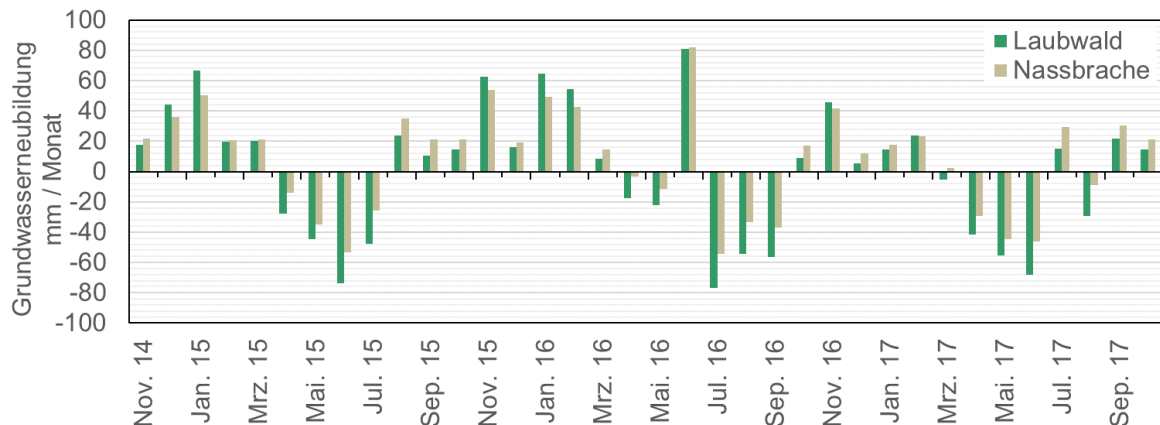
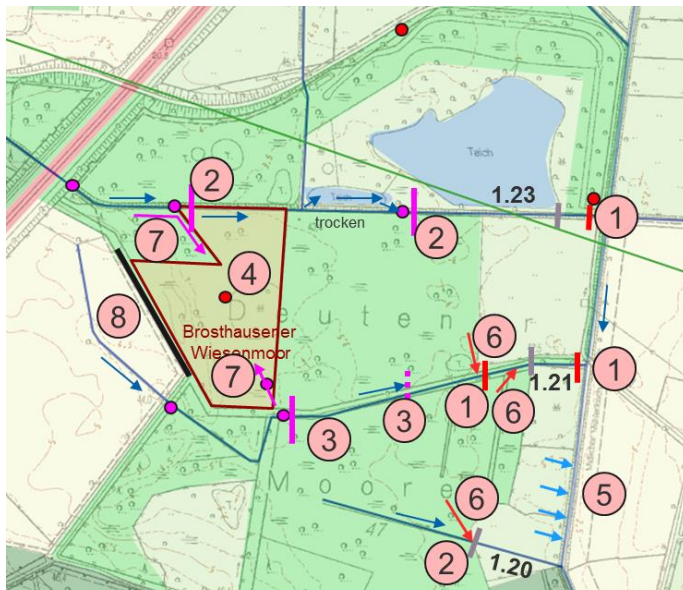


Abbildung 52: Klimatische Wasserbilanz bei geringen Flurabständen für Laubwald und Nassbrache

Bereits in der Vergangenheit sind Dämme zur Rückhaltung des winterlichen Direktabflusses im Deutener Moor errichtet worden. Diese sind jedoch im östlichen Abschnitt der Gräben 1.20, 1.21 und 1.23, wo das Gefälle zum Mühlenbach bereits recht hoch ist. Grundsätzlich stellt dies eine wirksame Möglichkeit dar, das Deutener Moor im Frühjahr länger mit Wasser zu versorgen bzw. feuchter zu halten. Die bestehenden Dämme sollten beibehalten bzw. erneuert (Graben 1.20) werden. Darüber hinaus führt die Beibehaltung bzw. der Ausbau der Dämme des Einstauversuchs am Graben 1.23 zu einem weiteren Rückhalt im Naturschutzgebiet (Abbildung 53). Am Graben 1.21 kann außerdem eine Teilverfüllung den Direktabfluss minimieren. Da am Graben 1.23 aus Richtung der Autobahn ein Zufluss erfolgt, ist hier eine gesteuerte Ableitung über Dämme sinnvoller. Außerdem sollten die Zulaufgräben zu den Gräben 1.21 und 1.20 zur Rückhaltung wirksam verschlossen werden.

Der Einstau der Gräben 1.23 und 1.21 sollte soweit erfolgen, dass die Muldenstrukturen oberhalb der Staue zum Brosthausener Wiesenmoor eingestaut und so der Rückstau bis in das Wiesenmoor erfolgt (Standorte 7 in Abbildung 53).

Der Einstauversuch bzw. die Aufhebung der Vorflutwirkung der Gräben für das Grundwasser im Frühjahr wurde mit dem instationär erweiterten und für den Bereich des Deutener Moores detaillierten Grundwassermodell simuliert. Ein Aufsteigen tieferen Grundwassers im Bereich des Brosthausener Wiesenmoores konnte mit dem Modell weder mit noch ohne Grabeneinstau festgestellt werden. Eine geochemische Bewertung der dadurch bedingten Veränderung der Zusammensetzung des oberflächennahen Grundwassers erübrigt sich daher.



- 1 Beibehaltung des Aufstaus
- 2 Erneuerung des Aufstaus
- 3 Dauerhafter/vollständiger Verschluss des Grabens bzw. vollständige Verfüllung
- 4 Verringerung des Bestockungsgrades
- 5 Verschluss landwirtschaftlicher Dränagen
- 6 Verschluss des Ablaufs
- 7 Zuleitung des aufgestauten Wassers zum Brosthausener Wiesenmoor
- 8 Versickerung von Wasser Frühjahr/Sommer über Rigole oder oberirdische Zuleitung

Abbildung 53: Fließwege im Winter und Maßnahmen

Mit dem Grundwassermodell wurde sowohl die Aufhebung landwirtschaftlicher Dränagen im Umfeld des Deutener Moores als auch die Aufhebung der Gräben als Vorfluter simuliert. Die Ergebnisse sind in Kap. 4.3.4 dargestellt. Die Verfügbarkeit von Wasser an der Geländeoberfläche nimmt im Deutener Moor um 30 % (Frühjahr) bis 50 % zu. Der Flurabstand im Deutener Moor kann deutlich verringert werden und längere Zeiten der Vernässung sind möglich (Abbildung 38).

Eine weitere Simulation wurde durchgeführt, um festzustellen, wie groß der Wasserbedarf für das Deutener Moor ist, um im Frühjahr und Sommer die Grundwasserstände oberflächennah zu halten. In diesem Fall wurde eine Infiltration am westlichen Waldrand des Brosthausener Wiesenmoores (Standort siehe Abbildung 53) von April bis September simuliert. In Summe reichen 27.000 m³/a bzw. 6 m³/h zur Aufrechterhaltung von Flurabständen <0,1 m aus. Hierin noch nicht eingerechnet sind die verstärkten Verdunstungsverluste. Wegen der geringen ungesättigten Mächtigkeit des Grundwasserleiters ist die Maßnahme praktisch nur schwer umsetzbar, so dass eher eine oberflächliche Einleitung in Frage zu kommen scheint.

Die einzelnen Maßnahmen sollten vor einer dauerhaften Umsetzung im Gelände getestet werden, insbesondere die Einleitung bzw. Versickerung von Wasser am Rande des Brosthausener Wiesenmoores.

4.5 Gebietswasserbilanz

4.5.1 Teileinzugsgebiete unterirdisch

Auf der Basis der Ergebnisse der Grundwassermodellierung wurde das unterirdische Einzugsgebiet des Hammbachs ermittelt. Während das oberirdische Einzugsgebiet 81,9 km² beträgt, ist das unterirdische Einzugsgebiet mit 46,2 km² gut halb so groß (Abbildung 54). Hinzu kommen dabei 10,3 km² unterirdisches Einzugsgebiet des Blauen Sees. (Summe 56,5 km²). Insbesondere im Westen strömt das Grundwasser nach Süden zur Wassergewinnung Holsterhausen bzw. zur Lippe ab, während die topographischen Verhältnisse einen Oberflächenabfluss nach Osten zum Hammbach anzeigen. Ein weiterer gravierender Unterschied zwischen oberirdischem und unterirdischem Einzugsgebiet ergibt sich im Norden zwischen Rhader Bach und Rhader Mühlenbach, da der Grundwasserabstrom hier unter die Rhader Mergelscholle Richtung Süden erfolgt und nicht vom Rhader Bach, der sich auf der Rhader Mergelscholle befindet, angenommen wird (roter Pfeil Abbildung 55). Das unterirdische Einzugsgebiet des Pegels Hammbach beträgt 38 km² (Teileinzugsgebiete 2 bis 6 in Tabelle 7). Der Gewässerabschnitt vor dem Pegel hat keine Vorflutfunktion für das Grundwasser.

Tabelle 7: Unterirdische Teileinzugsgebiete des Hammbachs

Nr.	Bezeichnung	Größe km ²
1	Blauer See	10,3
2	Hammbach	5,8
3	Rhader Mühlenbach Süd	4,5
4	Kalter Bach	7,9
5	Rhader Bach / Schafsbach	11,7
6	Rhader Mühlenbach Nord	8,1
7	Pumpwerk Hammbach	3,7
8	Wienbach Unterlauf	
9	Hammbach Süd	4,5
	Summe	56,5

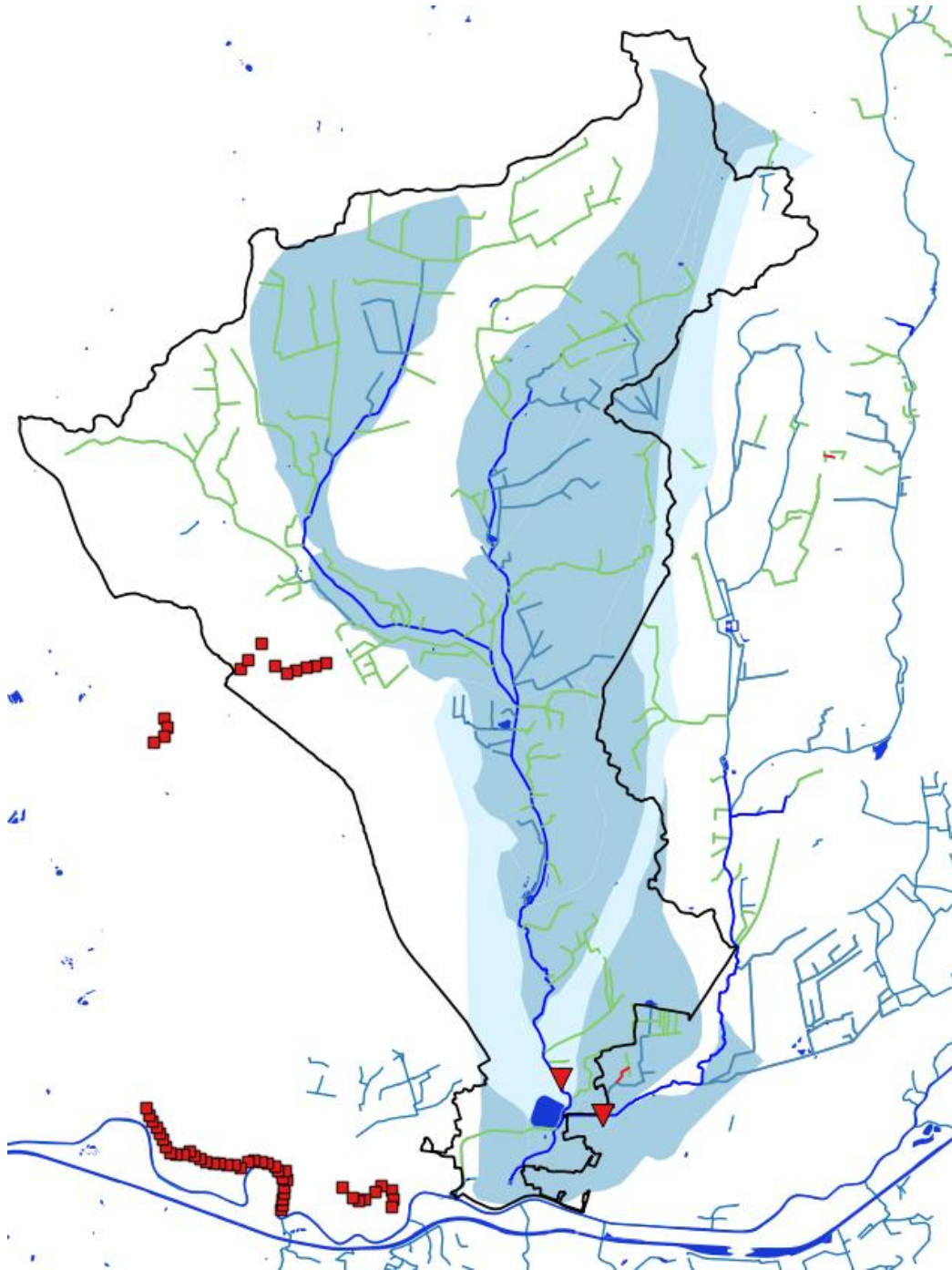


Abbildung 54: Ober- und unterirdisches Einzugsgebiet des Hammbachs (schwarze Linie: oberirdisches Einzugsgebiet, hellblau: unterirdisches Einzugsgebiet Blauer See, blau: unterirdisches Einzugsgebiet Hammbach im 1. Stockwerk)

Mit der Schlierenkarte aus dem Grundwassermodell (Abbildung 55) können die unterirdischen Teileinzugsgebiete des Hammbachs differenziert werden. Die Flächengrößen sind

der Tabelle 7 zu entnehmen. Im Unterlauf des Hammbachs südlich des Blauen Sees kommt noch ein unterirdisches Einzugsgebiet aus dem 2. Grundwasserstockwerk unterhalb der Dorstener Mergelscholle mit 21,7 km² hinzu. Das Grundwasser kommt von Süden und unterströmt diese Mergelscholle (dunkelgrüne Linie Abbildung 55) und gelangt zum Pumpwerk des Hammbachs. Oberhalb der Mergelscholle wird das Grundwasser über die Gewässer abgeführt, die Versickerung in das 2. Grundwasserstockwerk ist gering.

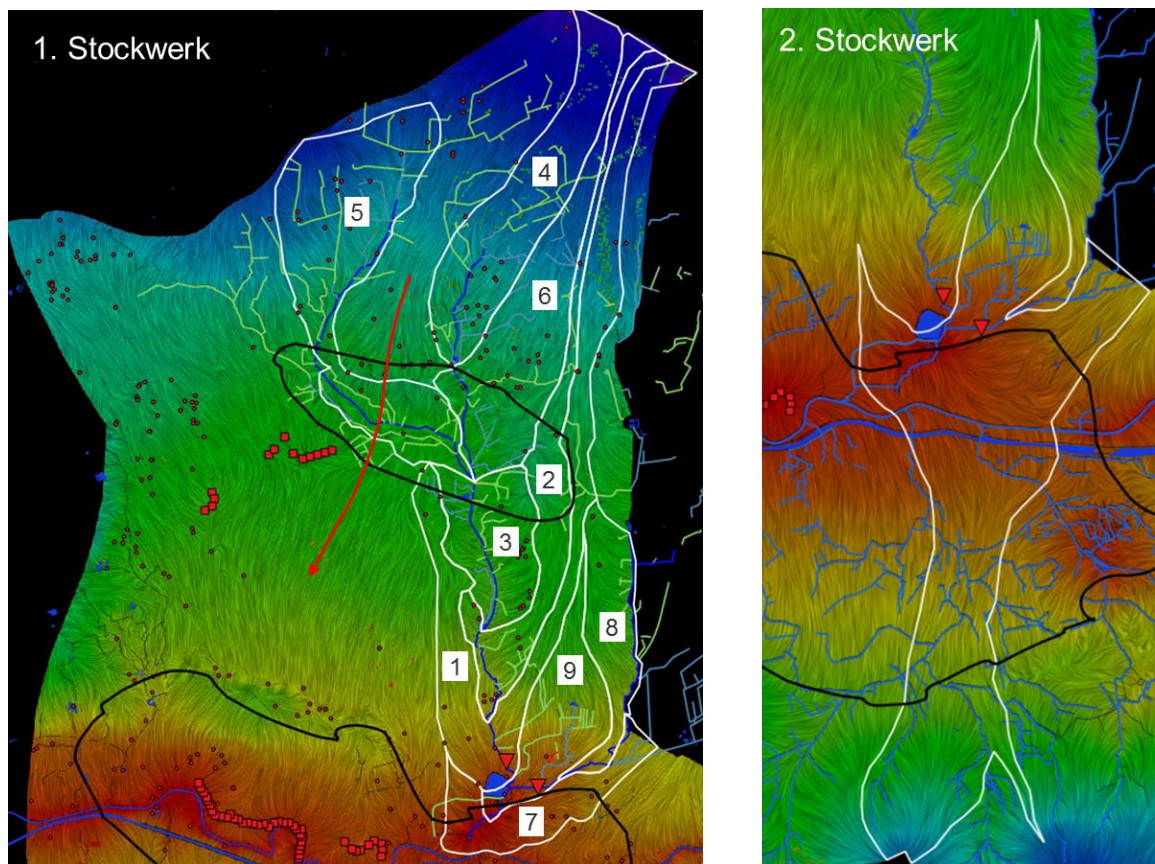
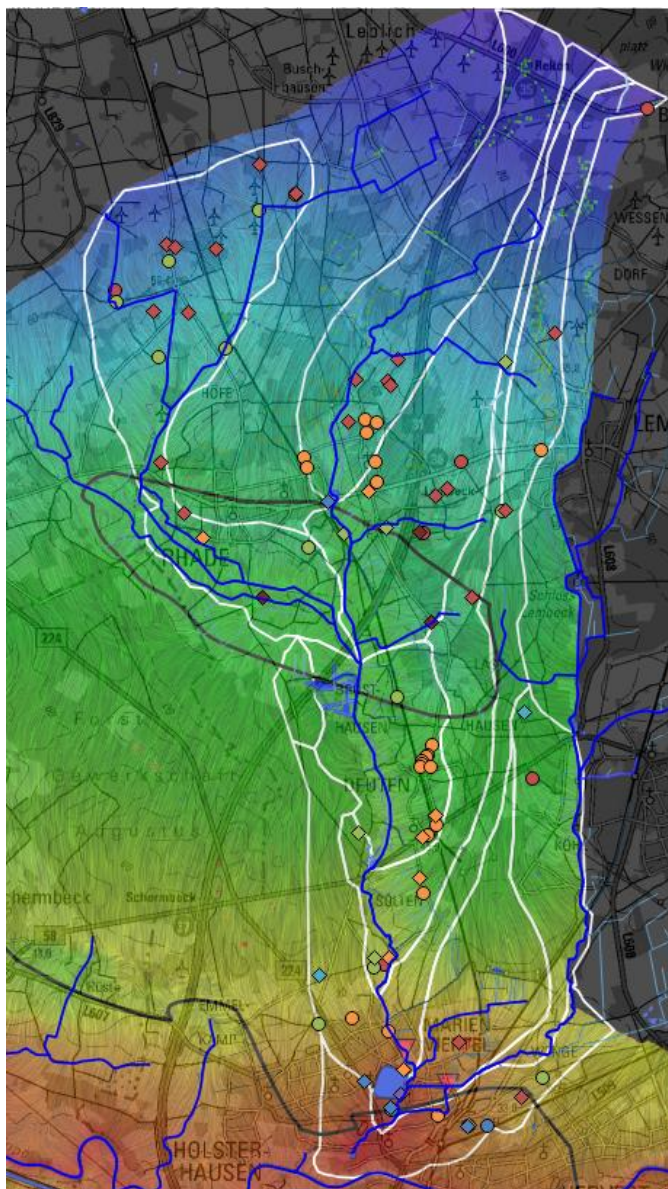


Abbildung 55: Unterirdisches Teileinzugsgebiete des Hammbaches im 1. Grundwasserstockwerk (links) und 2. Grundwasserstockwerk (rechts)

4.5.2 Entnahmen im unterirdischen Einzugsgebiet

Innerhalb des unterirdischen Einzugsgebietes des Hambachs bestehen aktuell die in Abbildung 56 dargestellten Wasserrechte. Diese wurden nach Gesprächen mit den zuständigen Behörden aktualisiert. Entnahmen aus Oberflächengewässern, die verbunden sind mit Wiedereinleitung nach Gebrauch des Wassers (Teichbewirtschaftungen) sowie Wärmepumpen wurden bei der Bilanzierung nicht berücksichtigt.

Die Summe der relevanten Wasserrechte beträgt 2,2 Mio. m³/a. Etwa die Hälfte entfällt auf die Grundwasserregulierungsmaßnahme (Marienviertel), ein Drittel auf Beregnungswasserrechte und ein Sechstel auf sonstige Entnahmen (Trink- und Brauchwasser).



- ◆ Brauchwasser/Betriebswasser
- ◆ Grundwasserregulierung
- ◆ Landwirtschaft zur Beregnung
- ◆ Landwirtschaft Betriebswasser
- ◆ öffentliche Wasserversorgung
- ◆ private Wasserversorgung
- ◆ Speisung in Teiche
- ◆ Feuerlöschzwecke

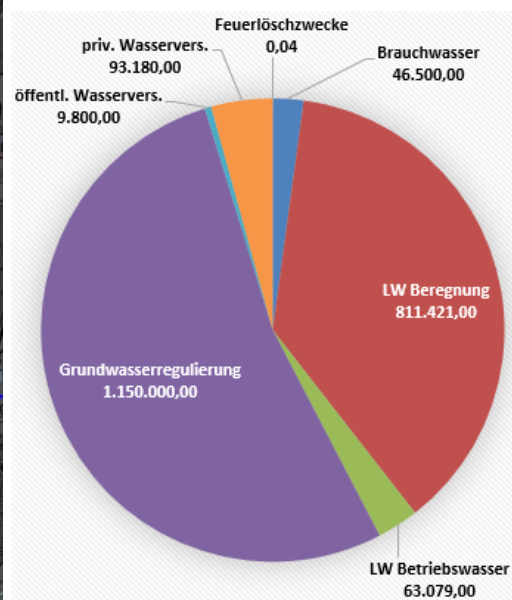


Abbildung 56: Entnahmerechte im unterirdischen Einzugsgebiet des Hambachs (Kreise: Annahme der Verwendung).

4.5.3 Wasserbilanz

Das Grundwassermodell bietet die Möglichkeit, die in die oberirdischen Gewässer aus dem Grundwasserleiter exfiltrierenden Wassermengen zu bilanzieren. Hinzu kommen Wassermengen, die über Dränagen in die Gewässer abgeleitet werden. Beide Mengen zusammen ergeben den grundwasserbürtigen Abfluss. Die in der Wasserhaushaltsberechnung ermittelte Grundwasserneubildung entspricht nicht direkt dem grundwasserbürtigen Abfluss, da ein Teil der Grundwasserneubildung über tiefere Schichten das unterirdische Einzugsgebiet des 1. Grundwasserstockwerks verlässt und über andere Wege abströmt.

Unterhalb des Pegels Hambach wird Wasser aus dem Hambach über eine Schwelle in den Blauen See geleitet, von wo es zu Brauchwasserzwecken verwendet wird (Abbildung 57). Das Wasser aus der Grundwasserregulierung Marienviertel wird zum größeren Teil in den Blauen See, z.T. aber auch in freiem Ablauf in den Hambach abgeführt. Unterhalb davon mündet der Wienbach in den Hambach, der in seinem Unterlauf das Wasser aus dem Pumpwerk Riedweg aufnimmt. Nach der Einmündung besteht eine Pumpanlage von RWW, um Wasser aus dem Hambach in den Blauen See zu fördern, wenn über die Schwelle oberhalb nicht genügend Wasser zur Verfügung steht.

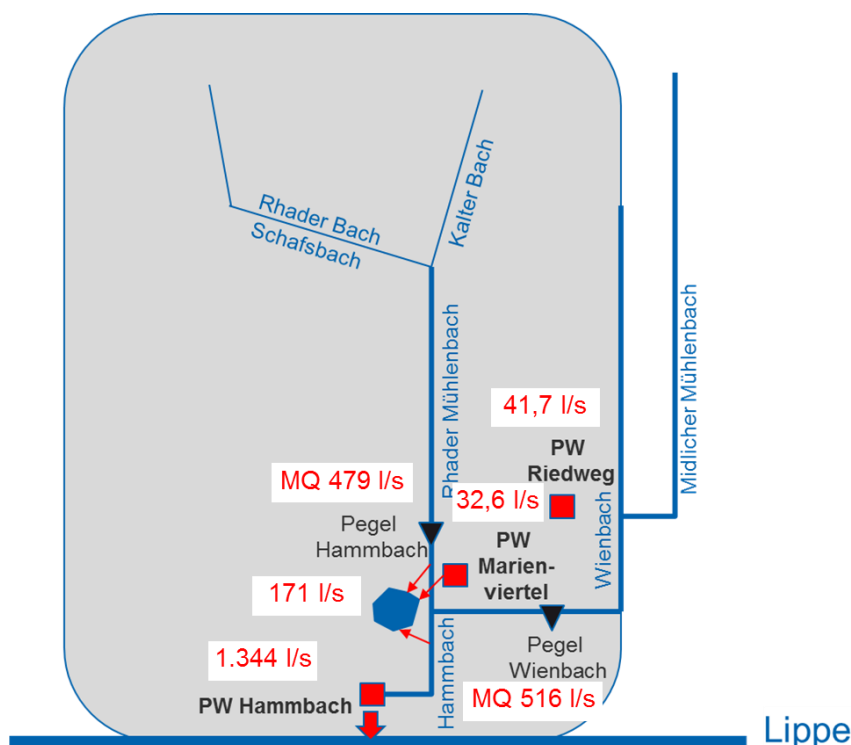


Abbildung 57: Teilströme im Hambach-Einzugsgebiet (MQ: Mittelwasserabfluss 2105-2017)

Der gesamte Hammbach wird am Ende des Gewässers am Pumpwerk gehoben und das Wasser gemeinsam mit dem Ablauf der Kläranlage Dorsten-Holsterhausen in den Unterlauf eingeleitet. Davon werden 5 l/s in die Rücklaufstrecke des Alten Hammbachs eingeleitet, die auf der Fließstrecke versickern.

Im Ergebnis der Pegeldata und Entnahmemengen der Pumpwerke ergeben sich die in Abbildung 57 angegebenen mittleren Abfluss- bzw. Pumpmengen. An den Pegeln Hammbach und Wienbach fließen im Mittel 995 l/s ab (MQ), davon werden 171 l/s in den Blauen See geleitet. Gefördert werden am Pumpwerk Hammbach, am Ende des Gewässers 1.344 l/s, d.h. auf dem Abschnitt nach der Einmündung des Hammbachs in den Wienbach kommen 520 l/s, also knapp 40 % hinzu. Ein Großteil davon ist der grundwasserbürtige Zustrom zum Gewässer vor dem Pumpwerk (siehe Kapitel 4.5.1).

Darüber hinaus wird im unterirdischen Einzugsgebiet des Hammbachs Grundwasser entnommen. Zu den genannten Abflüssen würden damit noch einmal 2,2 Mio. m³/a bzw. 69 l/s hinzukommen.

Die Trinkwassergewinnungen Üfter Mark und Holsterhausen befinden sich außerhalb des unterirdischen Einzugsgebietes des Hammbachs (Abbildung 54) und sind im Wasserrechtsverfahren separat bilanziert worden (Abbildung 58). Danach sind Grundwasserangebot und beantragte Grundwasserentnahme von 25,2 Mio. m³/a unter Berücksichtigung eines Mindestwasserabflusses der Vorfluter im Einklang. Tatsächlich wird von RWW mit 23,5 Mio. m³/a (2016) weniger entnommen als bisher genehmigt (29 Mio. m³/a).

Nach der genannten Bilanzierung wird das Gesamtgrundwasserangebot im betrachteten Einzugsgebiet des Rhader Baches von 109 l/s bei Ausschöpfung der beantragten Wasserrechte von RWW und der Wasserrechte Dritter knapp um ein Drittel auf 74 l/s reduziert. Darüber hinaus beeinflusst die Grundwasserentnahme Üfter Mark das unterirdische Einzugsgebiet des Rhader Baches bzw. die Versickerung aus dem Gewässer indirekt.

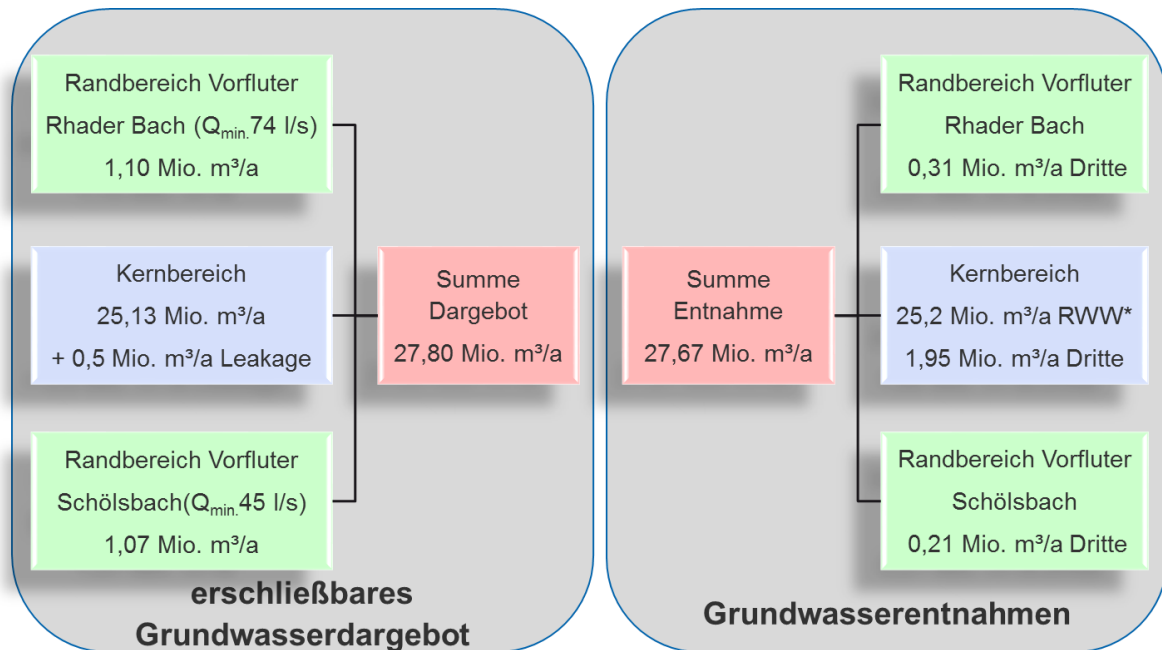


Abbildung 58: Wasserbilanz im Einzugsgebiet der Trinkwasserentnahmen Üfter Mark und Holsterhausen (gemäß Prof. Losen 2018)

4.6 Maßnahmenprüfung

Mit folgenden Institutionen wurden in der 2. Arbeitskreissitzung bzw. in separaten Besprechungen Simulationen zur inhaltlichen Prüfung von Maßnahmen abgestimmt, die in das Maßnahmenkonzept eingegangen sind:

- Bezirksregierung Münster
- Untere Wasserbehörde Kreis Recklinghausen
- Landwirtschaftskammer
- RWW
- RAG
- Lippeverband
- Biologische Station Kreis Recklinghausen
- Untere Naturschutzbehörde
- Regionalverband Ruhr (Eigentümer)
- Naturschutzbund.

Das Ergebnis der Abstimmung möglicher Maßnahmen ist der Abbildung 59 zu entnehmen. Es gliedert sich in die Bereiche Reduktion des Verbrauchs bzw. Bedarfs (grün), „Wasser im Raum halten“ (Rückhalt von Wasser) (gelb) und Import von Wasser zur Deckung des Bedarfs (blau). Die darin genannten Punkte wurden inhaltlich und soweit möglich mit den Modellen geprüft. Das Thema „Entnahmebeschränkungen“ wird im Zusammenhang mit der Entscheidungshilfe für die Behörden aufgegriffen (Ampelkarte). Die Anpassung der Land- und Forstwirtschaft, an die sich ändernden klimatischen Bedingungen, ist mit einer geänderten Artenauswahl trockenheitsresistenter Kulturen verbunden, dies würde zu einem geänderten Bewässerungsbedarf in der Landwirtschaft führen. Bei der Forstwirtschaft würde die Verdunstungsleistung der Wälder davon beeinflusst. In beiden Fällen kann zur Zeit keine Aussage getroffen werden, welche Auswirkungen dies auf die Wasserbilanz besitzt, da von Seiten der Land- und Forstwirtschaft keine konkreten Vorstellungen genannt werden konnten.

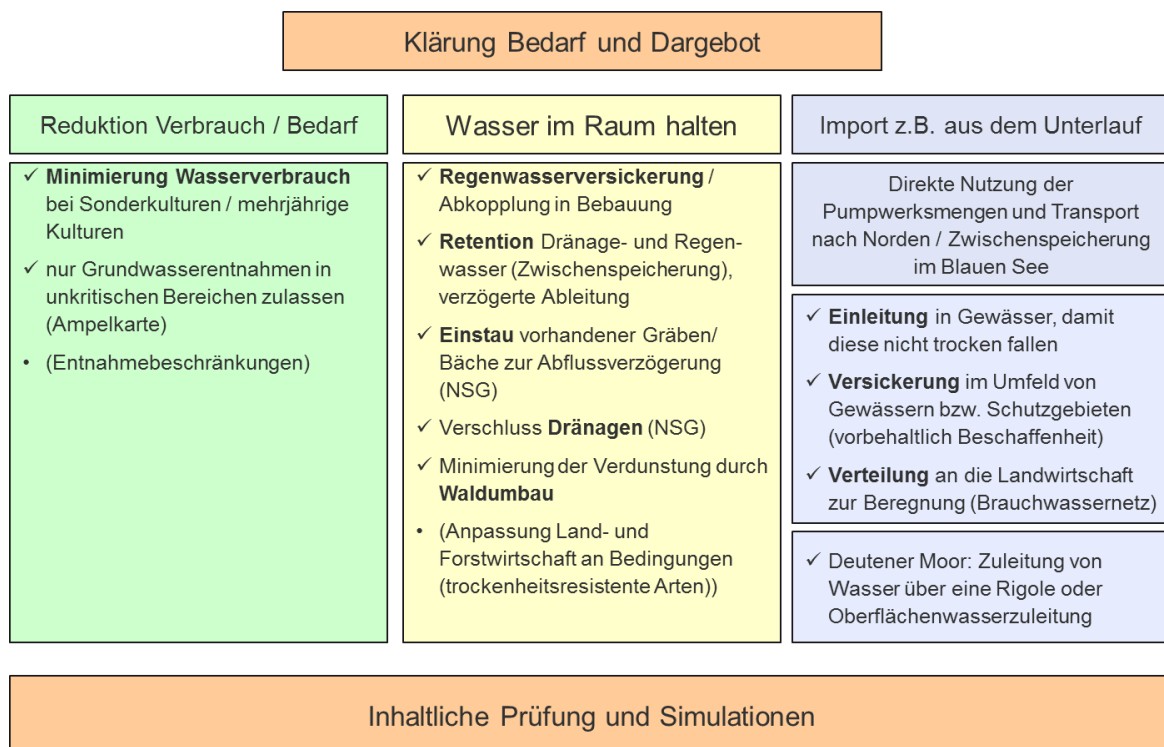


Abbildung 59: Mögliche Maßnahmen nach Abstimmung im Arbeitskreis

Im Folgenden werden die Maßnahmenprüfungen für die drei genannten Themenfelder beschrieben.

4.6.1 Reduktion des Verbrauchs

Minimierung des Wasserverbrauchs

Das Grundwasserdargebot reicht nicht zur Deckung des landwirtschaftlichen Bedarfs in Trockenjahren (27 Mio. m³). Dies ist auch nicht mit Maßnahmen, z.B. Wasser im Raum halten (Kap. 4.6.2) oder Import aus dem Unterlauf (Kap. 4.6.3), möglich. Zur Versorgung der Kulturen ist daher zwingend eine wassersparende Bewässerung erforderlich.

Abbildung 60 zeigt die verschiedenen Bewässerungsverfahren. Die heutige Bewässerungstechnik mit Großflächenregner (Abbildung 61) ermöglicht eine hohe Flexibilität und Mobilität bei vergleichsweise geringen Kosten in der Anschaffung. Demgegenüber ist ein hoher Druck erforderlich, womit hohe Energiekosten verbunden sind. Die Wasserverteilung ist schlecht und vor allem führt diese Technik zu sehr hohen Verdunstungsverlusten bevor das Wasser die Pflanzen erreicht.

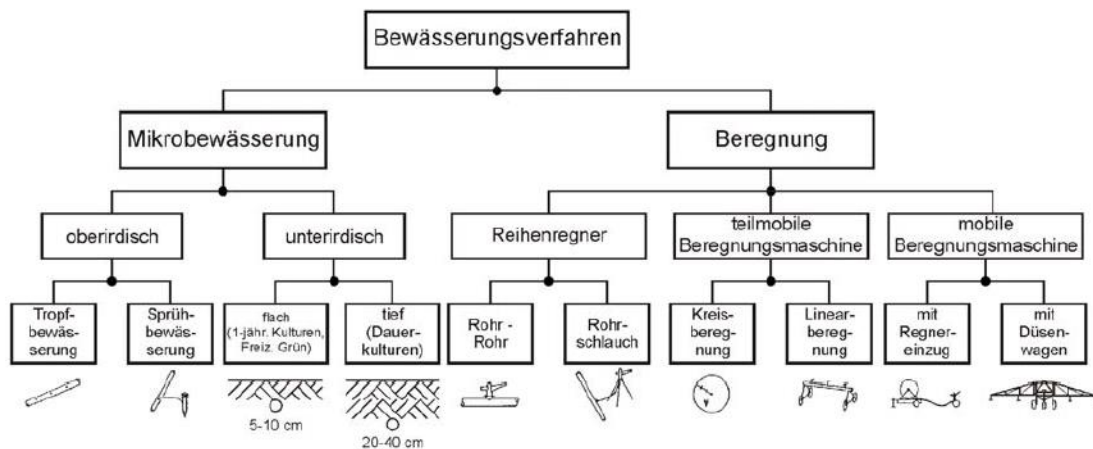


Abbildung 60: Bewässerungsverfahren (Quelle: 9)



Abbildung 61: Bewässerung im Raum Dorsten

Weitere technische Möglichkeiten reichen von mobilen Beregnungsmaschinen mit Düsenwagen über Großflächenbewässerungstechniken bis hin zur Tröpfchenbewässerung. Letztere ist sehr wassersparend, da keine Windabdrift bzw. Verdunstungsverluste bei der Bewässerung auftreten. Die Kosten sind allerdings sehr hoch und die Technik lässt sich nur bei mehrjährigen Kulturen sinnvoll einsetzen. Für den Kartoffelanbau gibt es bereits Lösungen oberflächliche Verteilsysteme zu installieren, die vor der Ernte wieder entnommen werden. Vergleichende Betrachtungen hat das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen⁸ veröffentlicht (Tabelle 8).

Tabelle 8: Bewässerungstechnik im Vergleich (Quelle: ⁸)

	Tropf- bewässerung	Beregnungsmaschine mit Großregner	Beregnungsmaschine mit Düsenwagen	Rohrberegnung	Kreis- und Linear- beregnung
Beregnungs- intensität	sehr niedrig	sehr hoch	hoch	mittel	mittel
Mobilität	sehr niedrig	sehr hoch	hoch	niedrig	mittel
Kapitalbedarf	sehr hoch	niedrig	hoch	mittel	hoch
Arbeitszeitbedarf	sehr hoch	niedrig	mittel	hoch	niedrig
Energiebedarf	sehr niedrig	sehr hoch	niedrig	hoch	mittel
Qualitätsanfor- derungen an Bere- gnungswasser	sehr hoch	sehr niedrig	hoch	sehr niedrig	hoch
Gleichmäßigkeit der Wasserverteilung	sehr hoch	niedrig	hoch	sehr niedrig	hoch
Windanfälligkeit	sehr niedrig	hoch	niedrig	sehr niedrig	niedrig
geringe Beregnungs- höhen möglich	ja	nein	nein	nein	nein
Feldrand- überschreitung	nein	ja	ja	ja	ja
geeignet für	Intensivkulturen mit häufigem Beregnungs- einsatz, Dauer- kulturen	Kulturen auf wechseln- den oder nicht zusam- menhängenden Flächen, Flächen mit Hindernis- sen	Intensivkulturen auf wechselnden Flächen, rechtwinklige und hin- demisfreie Flächen	Kulturen auf nicht wechselnden Flä- chen, häufigem Beregnungseinsatz	Kulturen auf wech- selnden Flächen; hindernisfreie und große Flächen

Der von der Landwirtschaftskammer benannte Wasserbedarf in Trockenjahren ist erstellt worden unter Zugrundelegung der heutigen Technik. Eine gezielte Bewässerung, um das Wasser so nah wie möglich an die Wurzeln zu bringen, um die Evaporation und Windabdrift zu minimieren bzw. eine gleichmäßige Wasserverteilung über die gesamte Fläche zu ermöglichen, erscheint möglich. Eine Automatisierung der Beregnung, um insbesondere nachts zu beregnen und Verdunstungsverluste zu verringern, ist ebenfalls zielführend. Darüber hinaus müssen die Kulturen noch stärker an die Klimaverhältnisse und Wasserverfügbarkeit angepasst werden. Eine effiziente Bewässerung kann zu einer erheblichen

Reduktion des (Energie-) und Wasserverbrauchs im zweistelligen Prozentbereich und damit zu mehreren Mio. m³ Wasser im Jahr führen.

Zulassung von Grundwasserentnahmen nur in unkritischen Bereichen

Die Wasserrechte schöpfen das verfügbare Grundwasserdargebot aus. Es gibt keine Spielräume für größere weitere Entnahmen. Der Abfluss im Hammbachsystem ist durch die Entnahmesituation insgesamt bereits heute beeinträchtigt. Vor diesem Hintergrund sollten folgende grundsätzliche Prämissen gelten:

- keine Entnahme aus den Fließgewässern erlauben bzw. verlängern (oberhalb des Pegels Hammbach bzw. des Abzweigs zum Blauen See)
- keine zusätzliche Entnahme erlauben auf der Rhader Mergelscholle und im unterirdischen Einzugsgebiet des Deutener Moores
- im Abstand von mind. 250 m neben den Gewässern sollten keine größeren Grundwasserentnahmen erlaubt werden.
- oberhalb des Pegels Hammbach wird ein Spielraum zusätzlicher kleinerer Grundwasserentnahmen gesehen, die Entnahmen müssen bilanzneutral sein
- unterhalb des Pegels Hammbach bzw. unterhalb des Abzweigs zum Blauen See (Bergsenkungsgebiet) ist die Situation in Bezug auf die Wasserrechte unkritisch

Die Situation ist somit räumlich differenziert zu betrachten. Als Entscheidungshilfe für die Behörden wird daraus eine Ampelkarte für das Einzugsgebiet des Hammbachs (für das Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnung sind vor mehreren Jahren bereits Handlungseinschränkungen auf Basis einer Wasserbilanz festgelegt worden) erstellt.

4.6.2 Wasser im Raum halten

Neben der Minimierung des Wasserverbrauchs ist zu prüfen, ob das Grundwasserdargebot erhöht und winterlicher Direktabfluss zurückgehalten werden kann. Hierzu wurden die in Abbildung 59 genannten Punkte geprüft:

Regenwasserversickerung / Abkopplung in der Bebauung

Die einzige nennenswerte Siedlung im Einzugsgebiet ist die Ortslage Rhade. Der größte Teil der Bebauung befindet sich nicht im unterirdischen Einzugsgebiet des Rhader Ba-

ches, sondern unterströmt die Rhader Mergelscholle und gelangt zur Trinkwassergewinnung von RWW. Um das abgekoppelte Regenwasser dem Rhader Bach zuzuführen, müsste es über Leitungen bzw. Gräben nach Süden geführt werden.

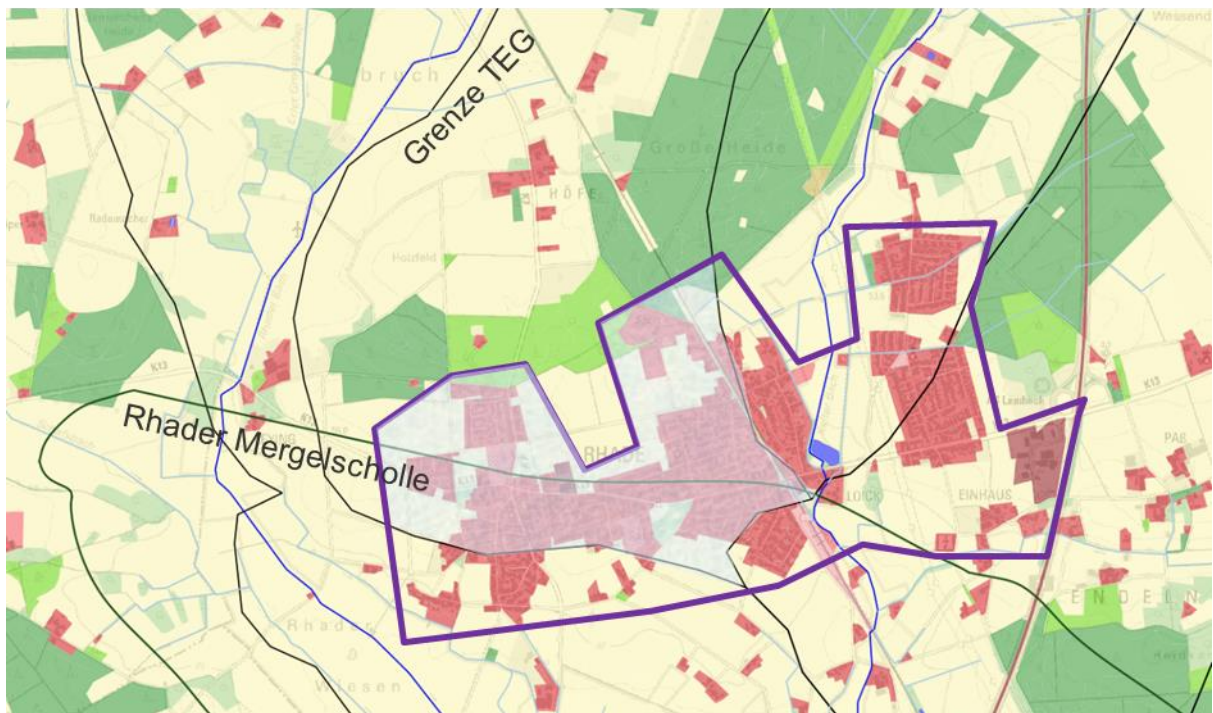


Abbildung 62: Ortslage Rhade und Einzugsgebietsabgrenzung (weiss überlagerte Fläche: Teile von Rhade, die in den Hauptgrundwasserleiter versickern und nicht zum Rhader Bach)

Unabhängig davon wurde ermittelt, wieviel Wasser potenziell zur Verfügung stehen würde. Die bebaute Fläche beträgt 3,37 km² bei einer Befestigungsklasse von 40 bis 60 %. Nach Erfahrungen der Emschergenossenschaft sind in Wohnbauflächen wiederum nur 50 % der befestigten Flächen abkoppelbar. Der Rest sind Verkehrsflächen und nicht abkoppelbare Grundstücksanteile (z.B. Garageneinfahrten). Bei einem Direktabfluss von 109 mm/a im langjährigen Mittel (ermittelt aus der Grundwasserneubildungsberechnung) ergibt sich eine Rate von 180.000 m³/a, die für eine dezentrale Versickerung zur Verfügung stehen würde. Grundsätzlich ist eine Regenwasserversickerung im Sinne des Wasserhaushaltsgesetzes und grundsätzlich anzuraten. Der Beitrag zur Wasserbilanz des Hambachs ist jedoch gering.

Retention von Dränage- und Regenwasser und Einstau vorhandener Gräben zur Abflussverzögerung

Generell beträgt der Direktabflussanteil am Mittelwasserabfluss etwa 35 %, d.h. es stünden ca. 5 Mio. m³/a zur Verfügung, die potenziell versickert/zurückgehalten werden könnten. Ober- und Mittellauf von Schafsbach und Rhader Bach versickern auf Teilabschnitten, so dass der Direktabfluss ohnehin in Teilen dem Grundwasser zugutekommt. Der Rhader Mühlenbach hat eine ausreichende Mindestwasserführung.

Eine Retention von Regenwasser ist daher nur im Unterlauf von Rhader Bach und Schafsbach (Rhader Wiesen) sowie im Deutener Moor (Einstauversuch) sinnvoll. Potenziell mögliche Maßnahmen zum Rückhalt sind Schwellen und Sohlgleiten in den Gräben sowie der Verschluss von Gräben und Dränagen. Abbildung 63 zeigt beispielhaft eine typische Situation am Hammbach. Würde der Graben zur Rückhaltung von Wasser eingestaut, so wären die angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen nicht mehr ackerbaulich nutzbar, da auch die am Graben angeschlossenen Dränagen eingestaut würden. Eine solche Maßnahme wäre verbunden mit negativen Auswirkungen auf die landwirtschaftliche Bewirtschaftung und daher potenziell nur mit entsprechenden Vereinbarungen umsetzbar. Die Maßnahmen bieten sich daher ausschließlich in Schutzgebieten an, wo Ausgleichszahlungen möglich sind. Die weitere Prüfung erfolgte daher nur für den Rhader Bach innerhalb des Naturschutzgebietes Rhader Wiesen und für das Deutener Moor und in Kombination mit dem Verschluss von Dränagen. Letzteres wurde bei der Maßnahmenkonzeption für das Deutener Moor berücksichtigt (Kap. 4.4.7).



Abbildung 63: Seitengraben des Hammbachs mit angeschlossenen landwirtschaftlichen Dränagen auf den angrenzenden Flächen

Verschluss von Dränagen

In Abbildung 64 ist der Graben- und Dränagebestand im Bereich der Rhader Mergelscholle in den Rhader Wiesen (Schraffur: Naturschutz-/FFH-Gebiet) dargestellt. Das Deutener Moor befindet sich westlich des Mühlenbaches südlich der Mergelscholle.

Die Aufhebung der Dränagen und Gräben wurde mit dem Grundwassermodell simuliert. Dabei wurde zugelassen, dass das Grundwasser an der Geländeoberfläche austreten kann, anstatt dass es von den Dränagen abgeführt wird (Kap. 4.3.4). Die Flurabstände im NSG Rhader Wiesen werden erkennbar geringer, Teilflächen vernässen, so dass der Feuchtgebietscharakter gegenüber der heutigen Situation verbessert wird (Abbildung 36 und Abbildung 37). Der Abfluss im Rhader Bach und Schafsbach wird ausgeglichener. Die Erhöhung des Abflusses in Trockenzeiten beträgt beim Rhader Bach 9 % in Bereichen mit großflächigen Dränagen. Beim Schafsbach führt diese Maßnahme zur weitgehenden Vorflut für das Grundwasser und einer Niedrigwasseraufhöhung (Abbildung 36). Durch die Aufhebung der Gräben ändern sich dabei die Vorflutwirkung, die Abflüsse und Flurabstände nur unwesentlich.

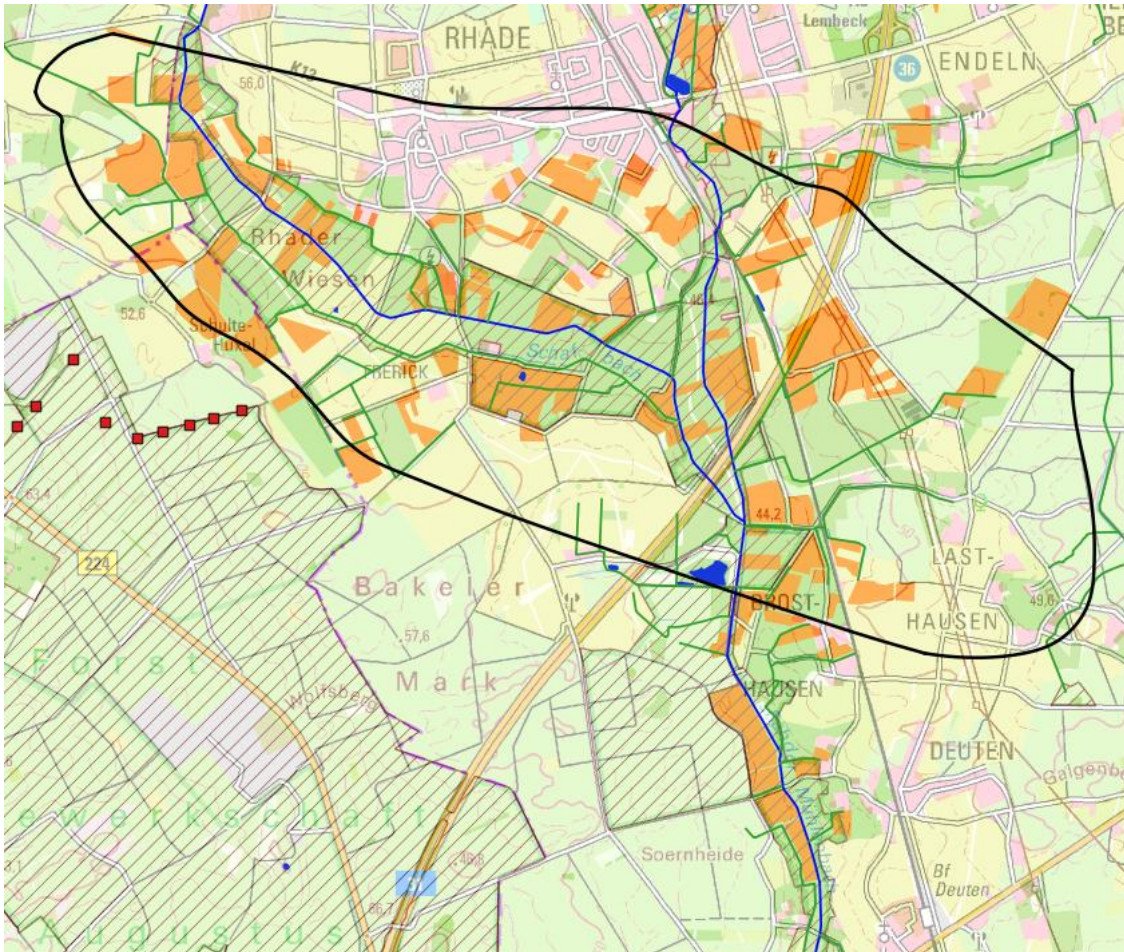


Abbildung 64: Dränagen (orange Flächen) im Bereich der Rhader Wiesen und am Rhader Mühlenbach (Datenquelle: RWW, Konzept zur natürlichen Entwicklung von Hamm- und Wienbach KNEF)

Waldumbau und Anpassung der Land- und Forstwirtschaft

Im Modellgebiet nördlich der Lippe bestehen mehrere größere Waldgebiete. Das größte ist der Forst Gewerkschaft Augustus mit 20,6 km². Der Waldbereich befindet sich jedoch im Einzugsgebiet der Wassergewinnung von RWW und nicht im unterirdischen Einzugsgebiet des Hambachs. Im Einzugsgebiet von Rhader Bach und Rhader Mühlenbach befindet sich ein weiteres Waldgebiet (Reker Feld und Große Heide) mit einer Fläche von 10 km² (Abbildung 65). Beide Waldgebiete bestehen zu zwei Drittel aus Nadelwald, der Rest sind Misch- und Laubwald, wobei der Laubwald den geringsten Anteil hat. Weitere kleinere Waldflächen sind östlich des Hambachs vorhanden.

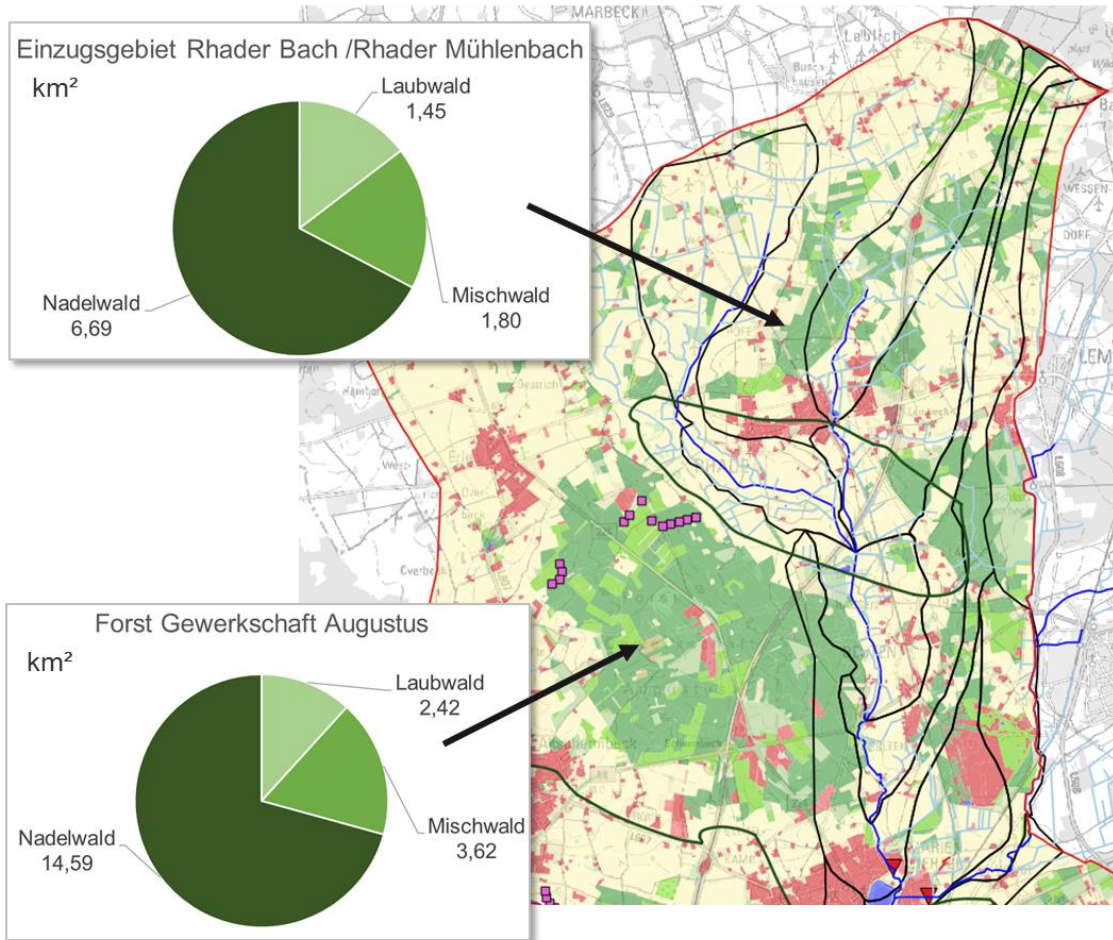


Abbildung 65: Waldgebiete im Modellgebiet

Grundsätzlich ist die Verdunstungsleistung von Nadelbäumen größer als von Laubbäumen gleichen Alters. Um das bei einer Waldumwandlung in Laubwald sich ergebende Dargebotspotenzial zu ermitteln, wurde die reale Verdunstung nach dem Verfahren BAGLUVA¹⁰ ermittelt. Datenbasis ist ein Sandboden mit hohen Flurabständen bei langjährig mittleren Niederschlägen. Bei diesen Verhältnissen findet kein Direktabfluss statt, so dass die Differenz aus Niederschlag und Verdunstung der Grundwasserneubildung entspricht. Die Ergebnisse für beide o.g. Waldgebiete ist in Abbildung 66 dargestellt. Eine Umwandlung der Nadel- und Mischwaldflächen in Laubwald würde für den Waldbestand Rhader Bach/Rhader Mühlenbach das Grundwasserdargebot um 680.000 m³/a erhöhen (Umwandlung Nadelwald in Mischwald: 280.000 m³/a) und für den Forst Gewerkschaft Augustus um 1,5 Mio. m³/a (Umwandlung Nadel- in Mischwald: 600.000 m³/a).

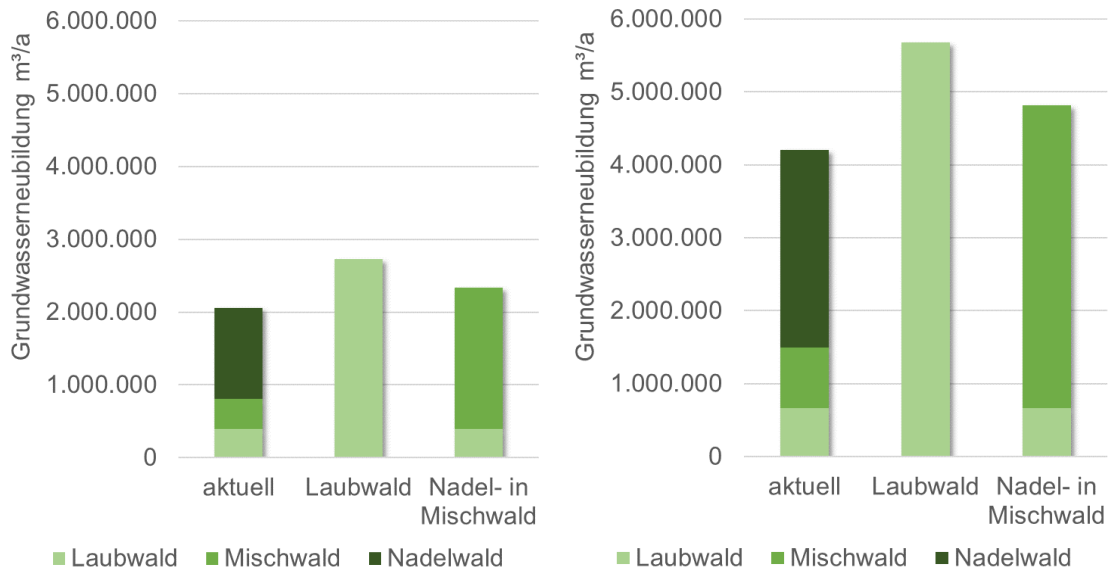


Abbildung 66: Grundwasserneubildung für verschiedene Waldzusammensetzungen im Einzugsgebiet Rhader Bach/Rhader Mühlenbach (links) und Forst Gewerkschaft Augustus (rechts)

Das dies realistisch ist, zeigen langjährige Messungen am Lysimeter St. Arnold in Rheine. Hier wurden über mehrere Jahrzehnte Laub- und Nadelwaldlysimeter parallel betrieben. Der langjährige Mittelwert (1970 bis 1995) der Grundwasserneubildung ist bei Laubwald 112 mm/a höher als bei Nadelwald (Abbildung 67).

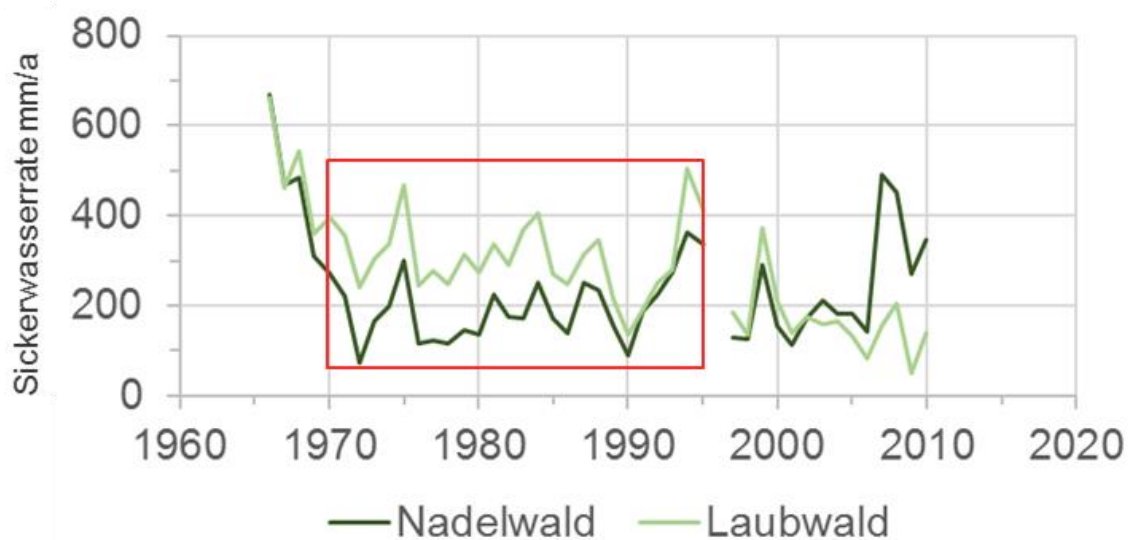


Abbildung 67: Grundwasserneubildung für Laub- und Nadelwald am Lysimeter St. Arnold in Rheine

4.6.3 Verwendung des gepumpten Wassers aus dem Unterlauf

Wasserbedarf

Zur Beregnung für die Landwirtschaft werden 1,8 Mio. m³/a im Normaljahr und mehrere Mio. m³/a im Trockenjahr benötigt. Die Trinkwassergewinnung besitzt ein Wasserrecht bzw. Bedarf von 25,2 Mio. m³/a. Da die Teichwirtschaften Wasser aus den Oberflächen-gewässern entnehmen und in das Gewässer wieder einleiten, ist dieser Teil bilanzneutral. Eine Grundwassernutzung zur Teichbewirtschaftung sollte auslaufen bzw. minimiert werden. In Bezug auf die Naturschutzgebiete ist der Wasserbedarf zur Aufrechterhaltung geringer Flurabstände im Deutener Moor relativ gering. In Kap. 4.4.7 (Abbildung 39) wurde der Wasserbedarf durch eine Simulation mit dem Grundwassermodell mit 27.000 m³/a bei ortsnahe Versickerung am Rande des Brosthausener Wiesenmoores ermittelt. Um eine durchgehende Wasserführung des Schafsbachs zu gewährleisten, sind einschließlich auftretender Verdunstungsverluste 20.000 m³ bzw. 30.000 m³ in den Sommermonaten erforderlich. Diese Versickerung führt jedoch nicht zu einer Flurabstandsverringerung im Umfeld des Gewässers (Kap. 4.4.7, Abbildung 40). Der Schafsbach ist nicht dazu geeignet, größere Wassermengen in den Grundwasserleiter zu infiltrieren, da die Versickerungsfläche, die Sohdurchlässigkeit und der erzielbare Gradient zu gering sind. Das Schwarze Venn wurde bei den Auswertungen nicht betrachtet, da hier höchste Ansprüche an die Wasserqualität bestehen und entsprechendes Wasser nicht zur Verfügung steht.

Zur Verfügung stehendes Polderwasser

Im Süden des Einzugsgebietes wird an drei Standorten Wasser gepumpt, das zumindest teilweise für andere Zwecke als zur Ableitung in die Lippe zur Verfügung stehen könnte. Der Großteil des Grundwassers aus dem Marienviertel wird heute bereits in den Blauen See eingeleitet und wird dort mit dem übrigen Seewasser als Brauchwasser weiter genutzt. Das Grundwasser vom Marienviertel, das in freiem Gefälle in den Hammbach geleitet wird und das Wasser aus dem Pumpwerk Riedweg würde generell für andere Nutzungen zur Verfügung stehen. Ebenso eine Teilmenge des Pumpwerks Hammbach. Hier ist darauf zu achten, dass ein ausreichender Abfluss am Ablauf der Kläranlage vorhanden ist, um eine gute Wasserqualität zu gewährleisten. Nach ersten Abschätzungen ist ein Mischungsverhältnis zwischen Wasser aus dem Pumpwerk Hammbach mit dem Kläranlagenablauf von 2:1 ausreichend. Ebenso muss ausreichend Wasser für die Rücklaufstrecke des Hammbachs zur Verfügung stehen.

An den Pumpwerken stehen in Trockenmonaten 300.000 m³/Monat bis 400.000 m³/Monat bzw. bis zu 9 Mio. m³ im Jahr zur Verfügung (Summe aus Marienviertel und Hambach, vorbehaltlich bestehender vertraglicher Regelungen zwischen RWW und Lippeverband). Um nicht nur in den Trockenmonaten Wasser zu verwenden ist eine Zwischenspeicherung sinnvoll (siehe unten). Das Defizit bei Niedrigwasserführung der Lippe muss durch den Wasserverband Westdeutscher Kanäle (WWK) bereitgestellt werden.

Tabelle 9: Zur Verfügung stehendes Wasser an den Pumpwerken

Pumpwerk	geringste Förderung 2011-2017 in Trockenphasen	geringste Förderung 2017 (Trockenjahr)	durchschnittliche Förderung 2015-17	
Riedweg heute über Wienbach zum Hambach	50.000 m ³ /M.	100.000 m ³ /M.	110.000 m ³ /M. ^{*2}	1,32 Mio. m ³ /a
Marienviertel heute in den Blauen See	60.000 m ³ /M.	60.000 m ³ /M.	86.000 m ³ /M.	1,03 Mio. m ³ /a
Hambach 20 %*	1,3 Mio. m ³ /M. 260.000 m ³ /M.	1,7 Mio. m ³ /M. 340.000 m ³ /M.	3,43 Mio. m ³ /M. 680.000 m ³ /M.	41,16 Mio. m ³ /a 8,2 Mio. m ³ /a

*: nutzbares Dargebot, bei Berücksichtigung einer ausreichenden Ablaufqualität des Hambaches (Abstimmung Lippeverband noch erforderlich)

^{*2}: Anmerkung: <10 % des grundwasserbürtigen Abflusses des Wienbaches

Konzept zur Verwendung des Wassers

Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten der Nutzung der Polderwässer (Abbildung 68). Zum einen kann das Wasser von den Pumpwerken direkt nach Norden zur Verwendung herangezogen werden oder zum anderen kann der Blaue See als Zwischenspeicher verwendet werden.

Der Bedarf zur Nutzung des Wassers tritt insbesondere in Trockenzeiten auf, wenn vergleichsweise wenig Wasser an den Pumpwerken ankommt. Um flexibler in der Nutzung der Wassermengen zu sein, bietet sich an, einen Speicher zu nutzen, der mit dem Blauen See und seiner Infrastruktur bereits vorhanden ist. Zudem wurde in den letzten Jahren bereits die verwendete Brauchwassermenge reduziert, so dass das geltende Wasserrecht bei weitem nicht ausgeschöpft wird. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass nicht von allen Pumpwerksstandorten separate Infrastrukturen zur Weiterleitung des Wassers erforderlich werden, sondern die am Blauen See genutzt werden können. Vom Blauen See muss lediglich eine Leitung ggfs. mit Entnahmebauwerk nach Norden führen. Die Nutzung des Wassers über den Blauen See ist daher sicherer und bedarf geringerer Aufwendungen.

Bei der Verwendung des Wassers ist sicher zu stellen, dass es nicht im Kreislauf wieder in den Hambach gelangt. Die Entnahme aus dem Unterlauf des Hambachs in den Blauen See würde das Pumpwerk Hambach entlasten. Diese Überlegungen müssen in der weiteren Konkretisierung mit den bestehenden rechtlichen Verpflichtungen und den Eigentumsverhältnissen bezüglich ihrer Machbarkeit abgeglichen werden. Auch die direkte Nutzung des Wassers am Pumpwerk Hambach ist möglich. Die Konzeption ist im Rahmen einer Machbarkeitsstudie zu klären. Beide Varianten sollten bei Umsetzbarkeit in Bezug auf die Kosten bewertet werden.

A: Transport von den jeweiligen Pumpwerken zu den Speisungsgebieten

B: Zusätzliche Speisung des Blauen Sees und Transport zu den Speisungsgebieten

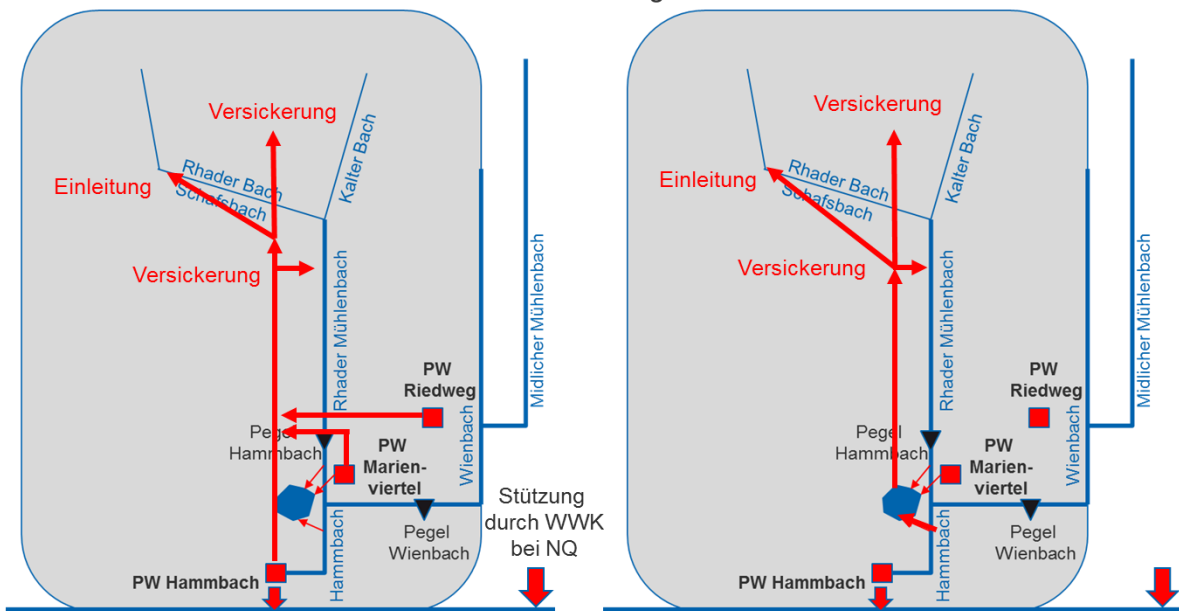


Abbildung 68: Konzept zur Verwendung des Wassers



Abbildung 69: Blauer See

Bei Nutzung des Wassers aus dem Blauen See ist die Qualität bekannt und wird regelmäßig kontrolliert. Das Wasser ist grundsätzlich für Beregnungszwecke geeignet. Es lagen vierteljährliche Analysen von Januar 2016 bis Dezember 2018 vor. Im Mittel handelt es sich um ein schwach basisches, gut gepuffertes Wasser (KS4.3: 1,5 mmol/L, pH: 7,3). Die Maximal- und Minimalwerte liegen ca. 50 % über bzw. unter folgenden Mittelwerten:

- Eisen: 1,2 mg/L
- Elektrische Leitfähigkeit: 450 μ S/cm
- Nitrat: 18 mg/L
- Ammonium: 0,1 mg/ L
- DOC 10 mg/L

Ziel des Importes im Norden ist die Verwendung des Wassers zur Beregnung. Eine Verteilung über ein Leitungsnetz an alle landwirtschaftlichen Betriebe erscheint nicht machbar. Zum Ausgleich der Wasserbilanz wäre eine Versickerung nördlich der Rhader Mergelscholle (nördlich von Rhade) denkbar, damit weitere Wasserrechte (Beregnung) vergeben werden können (Bilanzansatz). Die Strecke vom Blauen See dorthin beträgt 9 km bis 10 km, der Höhenunterschied: ca. 24 m. Die Flurabstände in diesem Bereich sind ausreichend hoch. Eine Stützung des Wasserhaushaltes im Deutener Moor und in den Rhader

Wiesen wäre dennoch sinnvoll, da die Versickerung diese Bereiche nicht erreicht. Insofern sollte die Leitung diese beiden Bereiche tangieren.

Das Wasser ist so zu versickern, dass es nicht über den Hammbach erneut zum Pumpwerk gelangt, um das Wasser nicht im Kreis zu führen. Da die Lippe bei Niedrigwasser aus dem Dattel-In-Hamm-Kanal gestützt werden muss und mit der Nutzung des Pumpwerkswassers dieses Wasser der Lippe nicht zugutekommt, ist in Niedrigwasserzeiten eine zusätzliche Speisung der Lippe in gleicher Größenordnung erforderlich. Dies kann über den Wasserverband Westdeutsche Kanäle (WWK) erfolgen.

4.7 Integriertes Lösungskonzept

Im Rahmen des Projektes wurden die wasserwirtschaftlichen Grundlagen aktualisiert, das Grundwassermodell instationär erweitert und damit Simulationen für verschiedene Szenarien durchgeführt und mögliche Maßnahmen zur Erhöhung des Dargebotes geprüft sowie ein Einstauversuch im Deutener Moor vorgenommen.

Der landwirtschaftliche Wasserbedarf (bisherige Wasserrechte 2,34 Mio. m³/a) von 27 Mio. m³/a in Trockenjahren ist wasserhaushaltlich, auch bei Nutzung der gepumpten Wässer im Süden, nicht gewinnbar. Er übersteigt auf den landwirtschaftlichen Flächen die Grundwasserneubildung. Oberste Priorität muss daher eine effizientere Bewässerung und Anpassung der angebauten Kulturen haben.

Die Wasserrechte schöpfen derzeit das verfügbare Grundwasserdargebot aus. Es gibt keine Spielräume für größere weitere Entnahmen. Der Abfluss im Hammbachsystem ist durch die Entnahmesituation insgesamt bereits heute beeinträchtigt. Daraus ergibt sich die erarbeitete Entscheidungshilfe für die zuständigen Behörden in Abbildung 70. Für das Einzugsgebiet der Trinkwassergewinnung ist diese Ampelkarte bereits von RWW mit den Behörden abgestimmt worden und in Abbildung 70 übernommen. Für den Hammbach wurde sie nach Osten ergänzt. In den roten Flächen sollte nach Möglichkeit eine Beschränkung von Grundwasserentnahmen und bilanzneutrale Vergabe neuer Wasserrechte stattfinden. In den hellgelben Bereichen ist die Erteilung wasserrechtlicher Erlaubnisse nur in geringem Umfang möglich, vorbehaltlich der Einzelfallprüfung im Wasserrechtsverfahren. In den grünen Bereichen erscheinen größere Grundwasserentnahmen möglich. Auch hier ist eine Einzelfallprüfung im Wasserrechtsverfahren erforderlich. Grundsätzlich sollten keine Entnahmen aus einem Gewässer oder aus dem Grundwasser im unmittelbaren Umfeld der Gewässer (Entfernung 250 m) erlaubt werden. Zu beachten ist die Konkurrenz der Grundwasserentnahmen und die Mindestwasserführung der Gewässer, z.B. Rhader Bach. Die Empfehlungen gelten zunächst für den Hauptgrundwasserleiter. Diejenigen für den

obersten Grundwasserleiter auf der Rhader bzw. Dorstener Mergelscholle und auf dem Tertiär im Westen sind in Abbildung 70 schraffiert dargestellt. Generell sind hier wegen der geringen grundwassererfüllten Mächtigkeiten die Möglichkeiten zur Grundwasserentnahme stark eingeschränkt.

Es sollten oberhalb des Pegels Hambach bzw. der Ableitung in den Blauen See keine Entnahmen aus den Fließgewässern, bzw. in ihrem direkten Umfeld und auf der Rhader Mergelscholle sowie im Einzugsgebiet des Deutener Moores erlaubt bzw. verlängert werden. Oberhalb des Pegels Hambach bzw. der Ableitung in den Blauen See wird ein Spielraum von bilanzneutralen Grundwasserentnahmen gesehen. Unterhalb des Pegels Hambach (Bergsenkungsgebiet) ist die Situation in Bezug auf die Wasserrechte unkritisch. Hier gibt es größere Spielräume für Entnahmerechte, die sich wegen des Zuschnittes des unterirdischen Einzugsgebietes weit in den Norden ziehen.

Im Projekt wurden verschiedene Möglichkeiten der Dargebotserhöhung („Wasser im Raum halten“) geprüft. Eine Regenwasserversickerung in Rhade ist grundsätzlich zu befürworten und nach dem Wasserhaushaltsgesetz geboten, das Potenzial beläuft sich auf 180.000 m³/a und erscheint in Anbetracht des Wasserbedarfs gering. Die Aufwendungen zur Versickerung auf jedem Grundstück sind sehr hoch. Ein Umbau der Wälder in Laub- bzw. Mischwald, evtl. auch eine Reduzierung des Bestockungsgrades, im Einzugsgebiet des Rhader Baches bzw. Rhader Mühlenbaches und im Forst Gewerkschaft Augustus kann das Grundwasserdargebot um 0,9 bis 2,2 Mio. m³/a erhöhen. Das Potenzial ist damit deutlich größer als das einer Regenwasserversickerung. Da der Waldumbau nur langfristig zu realisieren ist, wirken die Maßnahmen nur langfristig. Der Rückhalt von winterlichem Direktabfluss durch Aufhebung von Dränagen und Gräben ist eine weitere Möglichkeit das Grundwasserdargebot zu erhöhen. Die Maßnahmen würden zu einer Einschränkung der landwirtschaftlichen Nutzung der angrenzenden Flächen führen. Derartige Maßnahmen sind nur mit finanziellem Ausgleich für die Betroffenen umsetzbar, so dass sie nur in Naturschutzgebieten mit entsprechender Förderung realistisch umsetzbar sind. Die Wirkung auf das Grundwasser und die Abflussverhältnisse wurde daher nur für das Naturschutzgebiet Rhader Wiesen und das Deutener Moor geprüft. Im Schafsbach (Rhader Wiesen) können dadurch das Abflussregime und die Grundwasserverhältnisse im Sinne der Naturschutzausweisung verbessert werden. Die Aufhebung der Gräben wirkt dabei deutlich weniger als die der Dränagen.

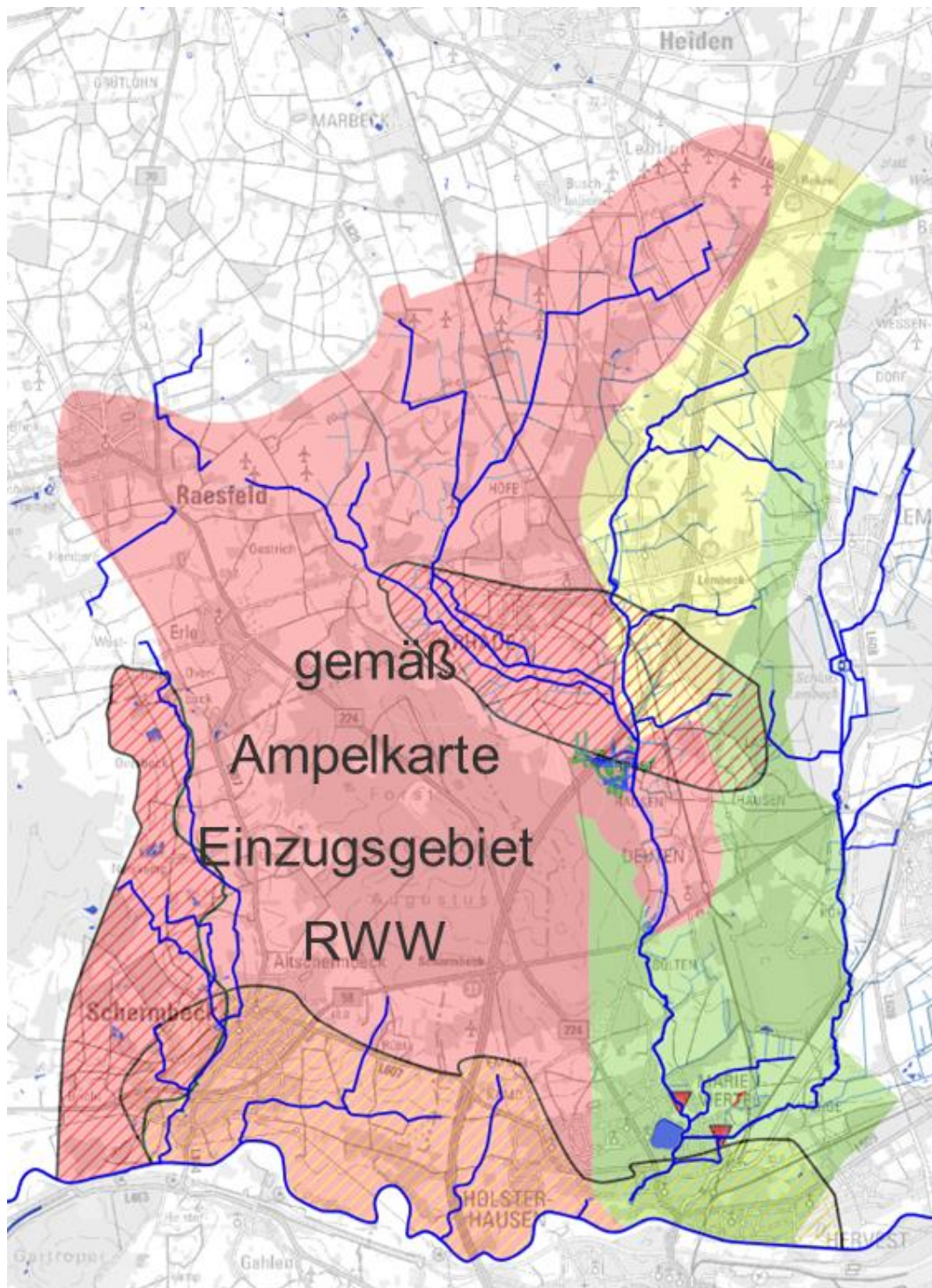


Abbildung 70: Ampelkarte als Entscheidungshilfe für die Behörden (Legende: siehe Text)

Abgeleitet aus den Simulationen und dem Ergebnis des Einstauversuchs im Deutener Moor (Brosthausener Wiesenmoor) können, neben der Aufhebung landwirtschaftlicher Dränagen

- die Verringerung des Bestockungsgrades,
- die Beibehaltung bzw. Erneuerung des Aufstaus der Entwässerungsgräben,
- der dauerhafte / vollständige Verschluss von Gräben (in Teilen auch eine Verfüllung),
- der Verschluss von Seitengräben und
- eine Versickerung von Wasser im Frühjahr/Sommer (Rigole bzw. Oberflächenwassereinleitung)

als zielführende Maßnahmen benannt werden.

Die Maßnahmen zur Dargebotserhöhung reichen bei weitem nicht aus, um den erwarteten Wasserbedarf, auch bei Minimierung der Beregnungsmengen, zu decken. Insofern verbleibt als einzige Möglichkeit der Import von Wasser von den Pumpwerken im Süden zur Versickerung im Norden.

An den Pumpwerken Hambach und Marienviertel stehen mindestens 9 Mio. m³/a an Wasser zur Verfügung. Das Wasser sollte im Idealfall an zentraler Stelle gesammelt und nach Norden weitergeleitet werden. Eine grundsätzliche Option wäre die Infrastruktur zur Hebung des Wassers in den Blauen See als Zwischenspeicher zu nutzen. Das Wasser wird regelmäßig überwacht und ist für eine Versickerung voraussichtlich geeignet. Die Genehmigungsfähigkeit muss im Weiteren geprüft werden. Das Wasser sollte von dort ca. 10 km nach Norden transportiert und nördlich von Rhade versickert werden, zum Ausgleich der Wasserbilanz im gesamten Bereich. Damit könnten weitere Wasserrechte vergeben werden. Eine Stützung des Wasserhaushaltes im Deutener Moor und in den Rhader Wiesen wäre dennoch sinnvoll, da die Versickerung im Norden diese Bereiche nicht erreicht (Bedarf jeweils ca. 30.000 m³/a), wenn es naturschutzfachlich angemessen erscheint. Zur Kompensation des Einflusses zu Niedrigwasserzeiten in der Lippe können zusätzliche Wassermengen vom Wasserverband Westdeutscher Kanäle in die Lippe eingeleitet werden.

4.8 Empfehlungen

Zur Konkretisierung und Umsetzung des integrierten Lösungskonzeptes sind verschiedene, z.T. parallele Schritte erforderlich. Für die Nutzung des Wassers aus den Pumpwerken (Hambach, Marienviertel, Riedweg) im Süden ist eine Machbarkeitsstudie mit belastbarer Kostenannahme erforderlich. Diese beinhaltet die endgültige Klärung der zur Verfügung stehenden Wassermengen, die technischen Maßnahmen zur Zwischenspeicherung, den Transport nach Norden und die Versickerung zur Grundwasseranreicherung sowie die endgültige Prüfung der Wasserqualität zur Speisung der Naturschutzgebiete. Eine Mög-

lichkeit der Förderung einer Studie wurde von der DBU in Aussicht gestellt, mit Unterstützung durch die im Projekt beteiligten Akteure.

Der Wasserbedarf der Naturschutzgebiete ist vergleichsweise gering und kann ggfs. anders gedeckt werden. Für die Maßnahmen am Brosthausener Wiesenmoor ist eine konkrete Umsetzung zu planen und umzusetzen (dauerhafte Staueinrichtungen, Verfüllung von Gräben, Verschluss von Seitengräben, Aufhebung von Dränagen). Die bislang temporären Staueinrichtungen sollten weiter betrieben und durch Weiterführung des Monitorings begleitet werden. In das weitere Monitoring integriert, könnte testweise eine Stützung des Wasserhaushaltes durch eine Einleitung erfolgen. Für die weitere Umsetzung sollte eine Finanzierung durch Naturschutzfördermöglichkeiten des Landes NRW geprüft werden.

Ein weiterer Baustein ist die Konkretisierung der Vorschläge zur Minimierung des Wasserbedarfs zur Beregnung. Es sind hier, ggfs. in Zusammenarbeit mit Hochschulen (z.B. Universität Kassel Fachgebiet Agrartechnik, Forschungsschwerpunkt „effiziente Bewässerungstechnik für den Gemüseanbau“) oder Forschungseinrichtungen Vorschläge für die Landwirte unter Berücksichtigung der Mehrkosten zu erarbeiten. Dieser Baustein ist ebenfalls bei der DBU förderfähig und sollte durch die Landwirtschaftskammer unterstützt werden.

Zur Beurteilung von vorhandenen und beantragten Wasserrechten in den einzelnen Teilbilanzgebieten bei Anwendung der Entscheidungshilfe ist eine Beratung der Behörden in Wasserhaushaltsfragen sinnvoll. In konkreten Verfahren sind die Kosten vom Antragsteller zu tragen. Darüber hinaus ist ein Abgleich des digitalen Wasserbuches mit den im GIS vorliegenden Wasserhaushaltsdaten zu empfehlen. Insbesondere ein regelmäßiger Abgleich der Ampelkarte mit der aktuellen Ausnutzung der Wasserrechte bzw. mit der Wasserbilanz könnten den Behörden die Entscheidungen erleichtern.

Das vorhandene Grundwassermodell wurde im Rahmen des Projektes für instationäre Betrachtungen erweitert und bietet nun die Möglichkeit, diesbezüglichen Fragestellungen nachzugehen. Hierzu gehört die Beurteilung von Eingriffen bzw. Veränderungen im Wasserhaushalt des Modellgebietes. So könnte mit dem Modell die hypothetische Situation ohne Bergbau simuliert und die Änderungen in den Einzugsgebieten und Flurabständen bewertet werden. Ebenso könnten Auswirkungen von Grundwasserentnahmen auf die Flurabstände, z.B. in Zusammenhang mit Wasserrechtsverfahren, simuliert werden. Um Veränderungen im Wasserhaushalt nachzuvollziehen, besteht außerdem die Möglichkeit, mit anspruchsvolleren statistischen Verfahren (z. B. Wiener-Filter, STL-Verfahren: Saison-Trend-Zerlegung, basierend auf dem LOESS-Verfahren) die langjährigen Ganglinien auszuwerten. Die Beurteilung von Eingriffen ist durch öffentliche Gelder nicht förderfähig.

Außerdem wird empfohlen, die Einsparung von Trinkwasserentnahmen auf Verbraucherebene zu fördern (zumal ein größerer Teil eher als Brauchwasser genutzt wird). Unabhängig vom Wasserrecht, sollte es das Ziel sein, für das bestehende Versorgungsgebiet den spezifischen Wasserverbrauch zu senken. Die hierbei bestehenden Zwänge durch bestehende Versorgungsinfrastruktur und Tarifmodelle sollten zukünftig diskutiert werden.

5 Diskussion

Die Arbeiten konnten inhaltlich und fristgerecht durchgeführt werden. Alle Beteiligten arbeiteten konstruktiv im Arbeitskreis zusammen. Insbesondere die modellhafte Umsetzung konnte dank der Mitwirkung aller Beteiligten mit wenig administrativem Aufwand und zügig umgesetzt werden.

Eine Kosten-Nutzen-Rechnung unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte war nicht Gegenstand des Projektes. Bei einer weiteren Konkretisierung des integrierten Lösungskonzeptes ist dieser Aspekt zu vertiefen. Auf der einen Seite ist eine gesicherte landwirtschaftliche Nutzung ohne Import von zusätzlichem Wasser, insbesondere bei dem erwarteten Klimawandel, und der Erhalt der Naturschutzgebiete in ihrer heutigen Form nicht mehr möglich. Andererseits sind mit der Zurverfügungstellung des Wassers enorme finanzielle und energetische Aufwendungen verbunden. Eine diesbezügliche Bewertungsmethodik müsste erst entwickelt bzw. zwischen den Akteuren ausgehandelt werden.

6 Öffentlichkeitsarbeit

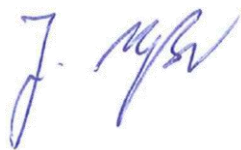
Zum Abschluss des Förderprojektes wird ein Workshop zum Regionen übergreifenden Austausch am 29. Oktober 2019 unter dem Titel „Lösungsmöglichkeiten bei konkurrierenden Grundwassernutzungen zwischen Trinkwassergewinnung, Landwirtschaft und Ökologie“ durchgeführt. Hier werden Fachleute auch aus anderen Regionen Deutschlands, in denen vergleichbare Probleme bestehen, eingeladen und vorgetragen. Die Landwirtschaftskammer wird über verbesserte Beregnungsmöglichkeiten berichten, der Wasserverband Hessisches Ried über ein „Integriertes Wasser-Ressourcen-Management – Möglichkeiten, Grenzen und Interessenkonflikte“ und der Wasser- und Bodenverband Uelzen (Niedersachsen) über den „Wasserhaushalt in Nordostniedersachsen – Wassermanagement und zukünftige Ressourcennutzung“. Darüber hinaus werden dem Publikum die Ergebnisse des Projektes Hambach mit dem Maßnahmenkonzept vorgestellt.

Es ist darüber hinaus eine Veröffentlichung in Fachzeitschriften und auf Fachtagungen 2020, beispielsweise die Jahrestagung der „Fachsektion Hydrogeologie der Deutschen Geologischen Gesellschaft“, vorgesehen.

7 Fazit

Die Umsetzung des Arbeitsprogrammes konnte der Projektplanung entsprechend realisiert werden. Es konnten die Überlegungen aus dem vom BMBF geförderten Projekt dynamisch geprüft und weiterentwickelt werden. Das Projekt hat alle Akteure für die wasserwirtschaftliche Situation sensibilisiert, so dass von mehreren Seiten eine weitere Konkretisierung gewünscht wird. Nur unter Einbeziehung aller Akteure im Raum, sind die wasserwirtschaftlichen Probleme lösbar. Das bedeutet aber auch, dass sich alle Akteure aufeinander zu bewegen müssen, um eine faire Lösung zu erzielen.

Essen, den 30. September 2019



ppa.

Dr. Johannes Meßer



i. V.

Dr. Florian Werner

8 Literatur

- ¹ Lennartz, N. & Denneborg, M. (2013): Bilanzierung des Grundwasserzustroms zur Lippe. – dynaklim-Publikation No. 43: 35 S. – Essen.
- ² SWECO GmbH (2016): Deutener Moor – Zusammenstellung und Bewertung von Daten zur Ursachenuntersuchung Hydrologie. – Auftraggeber: Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW, Referat III 1. – 69 S., 26 Abb., 35 Tab., 9 Anlagen. – Köln.
- ³ Meßer, J. (2013): Ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung in Mitteleuropa. – www.gwneu.de - Essen.
- ⁴ Meßer, J., Ohlenbusch, R. & Getta, M. (2013): Klimawandel-bedingte Veränderungen der Grundwasserneubildung im urbanen Raum am Beispiel des Emschergebietes. – dynaklim-Publikation No. 33. – Essen.
- ⁵ Barein, A., Werner, F., Meßer, J. & Fohrmann, R. (2013): Prognose der Auswirkungen des Klimawandels auf das Grundwasser mit Hilfe eines Grundwasserströmungsmodells am Beispiel der RWW-Wassergewinnung Üfter Mark. – dynaklim-Publikation No. 42. – Essen.
- ⁶ DWA (2013): Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächenwasser. – DWA-Themen T2; Hennef.
- ⁷ Biologische Station Kreis Recklinghausen (2009): Wassermanagement Brosthausener Wiesenmoor - Konzept zur Wiederherstellung naturnaher Abflussverhältnisse inklusive der baulichen Weiterentwicklung existierender Wasserrückhalteanlagen. – gefördert durch: Kreis Recklinghausen.
- ⁸ Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie des Freistaates Sachsen (2017): Bewässerung in Sachsen, Schriftenreihe Heft 17/2014
- ⁹ Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt, Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (2005): Bewässerungsverfahren.
- ¹⁰ ATV-DVWK (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. – Merkblatt M 504, 144 S.; Hennef.

- ¹¹ Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes NRW (2015): Bewirtschaftungsplan 2016-2021 (Teil Grundwasser) für die nordrheinwestfälischen Anteile von Rhein, Weser, Ems und Maas; Düsseldorf.