



# Methoden zur Ermittlung der Grundwasserneubildung in NRW im Kontext wasserrechtlicher Verfahren

Synthesebericht zum Workshop vom  
11. und 27. März 2020 im LANUV

[LANUV-Fachbericht 106](#)



---

# **Methoden zur Ermittlung der Grundwasserneubildung in NRW im Kontext wasserrechtlicher Verfahren**

Synthesebericht zum Workshop vom  
11. und 27. März 2020 im LANUV

[LANUV-Fachbericht 106](#)

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen  
Recklinghausen 2020

---

## IMPRESSUM

Herausgeber	Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV) Leibnizstraße 10, 45659 Recklinghausen Telefon 02361 305-0 Telefax 02361 305-3215 E-Mail: <a href="mailto:poststelle@lanuv.nrw.de">poststelle@lanuv.nrw.de</a>
Bearbeitung	Dr. Christoph Weidner, Dr. Sabine Bergmann (LANUV)
Titelbild	Adobe Stock/ schulzie
Stand	Oktober 2020
ISSN	1864-3930 (Print), 2197-7690 (Internet), LANUV-Fachbericht
Informationsdienste	Informationen und Daten aus NRW zu Natur, Umwelt und Verbraucherschutz unter • <a href="http://www.lanuv.nrw.de">www.lanuv.nrw.de</a> Aktuelle Luftqualitätswerte zusätzlich im • WDR-Videotext
Bereitschaftsdienst	Nachrichtenbereitschaftszentrale des LANUV (24-Std.-Dienst) Telefon 0201 714488

Nachdruck – auch auszugsweise – ist nur unter Quellenangaben und Überlassung von Belegexemplaren nach vorheriger Zustimmung des Herausgebers gestattet. Die Verwendung für Werbezwecke ist grundsätzlich untersagt.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Veranlassung und Ziel.....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Begriffsdefinitionen .....</b>	<b>14</b>
3.1	Abflusskomponenten, Sickerwasser, Grundwasserneubildung .....	14
3.2	Grundwasserdargebot (gewinnbares Dargebot, nutzbares Dargebot).....	15
<b>4</b>	<b>Wasserrechtliche Grundlagen .....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Wasserhaushaltsmodelle für verschiedene Fragestellungen.....</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>Ermittlung der Grundwasserneubildung .....</b>	<b>24</b>
6.1	Landesweites Wasserhaushaltsmodell mGROWA.....	24
6.2	Modell zur Ermittlung der Sickerwasserrate GLADIS .....	24
6.3	Ermittlung und Quantifizierung von Leakage und lateralen Zu-/ Abströmen .	25
6.4	NRW-Grundwasserbilanzmodell .....	26
6.5	Regionalmodelle .....	26
6.5.1	Dörhöfer & Josopait (1980) .....	27
6.5.2	Schröder & Wyrwich (1990) .....	27
6.5.3	NEW .....	28
6.5.4	GWneu (EWLW) .....	28
6.5.5	ARC-SIWA (ESRI, LINEG) .....	28
6.5.6	Ibrahym-Modell (iMOD, MetaSWAP) .....	29
6.6	Weitere Verfahren.....	29
6.6.1	RUBINFLUX + SPRING.....	29
6.6.2	3D-Großraum-Grundwasserströmungsmodell des LANUV im Rheinischen Revier .....	30
<b>7</b>	<b>Zusätzliche Betrachtungen bei speziellen Anforderungen .....</b>	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>Standardisierungsansätze zur Bemessung von Wasserrechten..</b>	<b>33</b>
8.1	Wasserrechtsverfahren im Erftverbandsgebiet .....	33
8.2	Mengenbewirtschaftungserlass in Niedersachsen .....	34
8.3	DWA-Merkblatt zur Bemessung des Bewässerungsbedarfs und dessen Anwendung in Niedersachsen .....	36
<b>9</b>	<b>Einfluss des Klimawandels auf die Grundwasserneubildung bzw. auf das nutzbare Grundwasserdargebot .....</b>	<b>37</b>
<b>10</b>	<b>Fazit.....</b>	<b>38</b>
<b>11</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>40</b>

<b>A.</b>	<b>Kurzfassungen der Präsentationen.....</b>	<b>44</b>
A.1.	Beitrag 1 – Wasserrechtliche Grundlagen.....	44
A.2.	Beitrag 2 – Pilotprojekt – Wasserwirtschaftliche Situation im Raum Vermold/Sassenberg/Füchtorf.....	51
A.3.	Beitrag 3 – Praktische Vorgehensweise bei der Ermittlung des Grundwasserdargebotes im Rahmen eines Wasserrechtsantrages – Fallbeispiel WG Amern .....	53
A.4.	Beitrag 4 – Vollzugspraxis im Umgang mit wasserrechtlichen Erlaubnissen aus Sicht der Landwirtschaftskammer .....	56
A.5.	Beitrag 5 – Verfahren zur Abschätzung des nutzbaren Dargebots von Grundwasserkörpern – Status Quo und Ausblick.....	58
A.6.	Beitrag 6 – Wasserhaushaltsmodelle für verschiedene Fragestellungen .....	60
A.7.	Beitrag 7 – Flächendifferenzierte Simulation des Landschaftswasserhaushalts in Nordrhein-Westfalen mit mGROWA.....	65
A.8.	Beitrag 8 – Vektordaten-basiertes Verfahren zur Ermittlung der Sickerwasserrate im langjährigen Mittel GLADIS (GD NRW).....	70
A.9.	Beitrag 9 – Flächendifferenzierte Ermittlung der Grundwasserneubildung im Rheinischen Revier - Ergebnisse der AG Grundwasserneubildung (2012) und Erfahrungsbericht .....	73
A.10.	Beitrag 10 – Grundwasserneubildung im urban und bergbaulich überprägten Raum am Beispiel der Emscher-Lippe-Region .....	74
A.11.	Beitrag 11 – Im Gebiet der LINEG eingesetzte Verfahren / Grundwasserbilanzmodell.....	78
A.12.	Beitrag 12 – NRW-Grundwasserbilanzmodell .....	81
A.13.	Beitrag 13 – Gewässersystemmodellierung mit flächendifferenzierter, geschlossener, instationärer Wasserhaushaltsbilanz.....	83
A.14.	Beitrag 14 – Ableitung von Zeitfaktoren der Grundwasserneubildung (Jahres- und Monatsfaktoren).....	85
A.15.	Beitrag 15 – Standardisierung von Ansätzen der Dargebotsermittlung sowie Anforderungen an wasserrechtliche Erlaubnisansträge im Rheinischen Revier .....	87
A.16.	Beitrag 16 – Neues DWA-Merkblatt M 590: „Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung“	91
A.17.	Beitrag 17 – Aquifercharakteristiken in NRW .....	92
A.18.	Beitrag 18 – Wasserrechtsverfahren - Ermittlung des nutzbaren Grundwasserdargebotes in tieferen Grundwasserleitern der Niederrheinischen Bucht .....	95
A.19.	Beitrag 19 – Wasserrechtsverfahren - Umgang mit Nutzungskonflikten zwischen Wasserversorgung und Naturschutz .....	99
A.20.	Beitrag 20 – Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserneubildung in Nordrhein-Westfalen und in der Metropolregion Hamburg .....	102

A.21.	Beitrag 21 – Grundwasserbilanzmodell in grenzüberschreitenden Grundwasserleitern (IBRAHYM-Modell für den Grenzbereich D/NL) .....	108
<b>B.</b>	<b>Zusammenfassung der Diskussionsblöcke .....</b>	<b>112</b>
B.1.	Fach- und Informationsgrundlagen .....	112
B.2.	Standardisierungsansätze zur Bemessung der Grundwasserneubildung für Entnahmen und Erlaubnisse .....	116
B.3.	Diskussion zu Nutzungskonkurrenzen und Anpassungsstrategien .....	118
B.4.	Regulierungsansätze und Controlling .....	121
B.5.	Abschlussdiskussion Workshop-Tag 2.....	126

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b>	Abflusskomponenten, Sickerwasser, Grundwasserneubildung) .....	14
<b>Abbildung 2:</b>	Vorgehen zur Auswahl eines „geeigneten“ Grundwasserneubildungsmodells (Quelle: Prof. Dr. Frank Wendland, Forschungszentrum Jülich) .....	19
<b>Abbildung 3:</b>	Großraummodell des LANUV .....	30
<b>Abbildung 4:</b>	Wasserbilanz des potentiellen Einzugsgebietes .....	53
<b>Abbildung 5:</b>	Darstellung der Teilgebiete im EZG Amern .....	54
<b>Abbildung 6:</b>	Grundwasserdargebot des Förderhorizonts .....	55
<b>Abbildung 7:</b>	Ablaufdiagramm zur Abschätzung des Nutzbaren Dargebotes der GWK (Stand 2014).....	59
<b>Abbildung 8:</b>	Wasserhaushaltsmodelle für verschiedene (skalenabhängige) Fragen .....	61
<b>Abbildung 9:</b>	Modelltypen, unterschieden in Teileinzugsgebietsmodelle („lumped“), und Rastermodelle mit unterschiedlicher räumlicher Auflösung (fully distributed: Modellierung pro Rasterzelle; semi-distributed: Modellierung pro gruppierter Flächeneinheit). .....	63
<b>Abbildung 10:</b>	Vorgehen zur Auswahl eines „geeigneten“ Grundwasserneubildungsmodells .....	64
<b>Abbildung 11:</b>	Modellkonzept des Wasserhaushaltsmodells mGROWA in der Implementierung für Nordrhein-Westfalen. ....	65
<b>Abbildung 12:</b>	Entscheidungsbaum in der mGROWA-Abflusseparation zur Bestimmung der für die Berechnung der Grundwasserneubildung und einzelner Direktabflusskomponenten relevanten Standorteigenschaft.....	66
<b>Abbildung 13:</b>	Räumliche Verteilung der in mGROWA für die Separation des Gesamtabflusses relevante Standorteigenschaften.....	67
<b>Abbildung 14:</b>	Auf Basis der mGROWA-Simulation berechnete mittlere jährliche Grundwasserneubildung (links oben), mittlerer jährlicher urbaner Direktabfluss (rechts oben), mittlerer jährlicher natürlicher Zwischenabfluss (links unten) und mittlerer jährlicher Drainageabfluss (rechts unten) jeweils für die Periode 1981-2010. ....	68
<b>Abbildung 15:</b>	Zeitreihendarstellung der Grundwasserneubildung in NRW von 1961 bis 2017 berechnet mit mGROWA unter Verwendung von beobachteten DWD-Klimadaten. Der obere Teil zeigt Jahressummen, langjährige Mittelwerte (grau gestrichelte Linien) und eine Tiefpassgefilterte Kurve (rot), der untere Teil die tatsächlichen Monatssummen als Raster-Hydrograph. ....	69



<b>Abbildung 16:</b>	Evaluierung des mit mGROWA ermittelten mittleren jährlichen Gesamtabflusses und der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung in der Periode 1981-2010.....	69
<b>Abbildung 17:</b>	Eingangsdaten und Berechnungsgang.....	74
<b>Abbildung 18:</b>	Befestigung und Wasserhaushaltsgrößen.....	76
<b>Abbildung 19:</b>	Jährliche Wasserbilanzen im LINEG-Gebiet.....	79
<b>Abbildung 20:</b>	Wasserbilanzen der Einzeljahre, kumuliert zur langfristigen Speicheränderung.....	79
<b>Abbildung 21:</b>	Abschätzung eines zu erwartenden lateralen Grundwasserzustroms in einem Trinkwasserschutzgebiet im Bereich der Emsniederung.....	82
<b>Abbildung 22:</b>	Mathematisch-physikalische Beschreibung der Fließprozesse im Gewässersystem (Systemskizze).....	83
<b>Abbildung 23:</b>	Jahresfaktoren der Grundwasserneubildung im Rheinischen Braunkohlenrevier (1970-2019).....	85
<b>Abbildung 24:</b>	Monatsfaktoren der Grundwasserneubildung im Rheinischen Braunkohlenrevier (1982-2019).....	86
<b>Abbildung 25:</b>	Checkliste für Anträge auf Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Beregnung (S.1).....	89
<b>Abbildung 26:</b>	Checkliste für Anträge auf Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Beregnung (S.2).....	90
<b>Abbildung 27:</b>	Hydrogeologische Räume in NRW.....	92
<b>Abbildung 28:</b>	Beispiele für laterale und vertikale Grundwasserübertritte.....	94
<b>Abbildung 29:</b>	Übersicht zu Bereichen mit Grundwasserentnahmen aus tiefen Grundwasserstockwerken.....	94
<b>Abbildung 30:</b>	Räumlich verteilte Änderungssignale der Grundwasserneubildung (2071-2100 vs. 1971-2000) im Ensemble mit RCP8.5. Gleiche GCM sind in Spalten, gleiche RCM in Zeilen geordnet. Graue Kästen kennzeichnen nicht existierende GCM-RCM-Kombinationen .....	103
<b>Abbildung 31:</b>	Boxplot der Änderungssignale der Grundwasserneubildung im RCP8.5-Teilensemble in den drei zukünftigen 30-Jahres-Perioden in den NRW-Regionen Bergisches Land (BergL), Eifel, Niederrheinische Bucht (NiedB), Niederrheinisches Tiefland (NiedT), Sandmünsterland in Westfälischer Bucht (Sandm), Sauer- und Siegerland (SaSie), Weserbergland (Weser), Westfälische Bucht (WestB) und Westfälisches Tiefland (WestT). Fette Linien in den Boxen kennzeichnen die Mediane, die Boxen begrenzen den Interquartilabstand, d. h. 50 % der Werte. ....	104

<b>Abbildung 32:</b>	Änderungssignale der Grundwasserneubildung (NRW-weiter Mittelwert) im RCP8.5-Teilensemble in den drei zukünftigen 30-Jahres-Perioden. Signifikante Zu- und Abnahmen sind farblich kodiert dargestellt.....	105
<b>Abbildung 33:</b>	Verhältnis von potentielltem Bewässerungsbedarf zur Grundwasserneubildung (langjähriges mittleres IGR-ratio) in der Metropolregion Hamburg (Periode 1971-2000). In Regionen mit negativem IGR-ratio sollten keine Grundwasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung vorgenommen werden. ....	106
<b>Abbildung 34:</b>	Zwei mögliche Entwicklungspfade, d. h. projizierte Veränderung des IGR-ratio in der Metropolregion Hamburg. ....	107
<b>Abbildung 35:</b>	Untersuchungsgebiet zur Ursachenklärung von Grundwasserabsenkungen im Gebiet von Rodebach und Saeffeler Bach (IBRAHYM-Modell).....	109
<b>Abbildung 36:</b>	Berechnete Grundwassermengen, die über die D/NL-Grenze in den Rur-Graben (2018) einströmen.....	111

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b>	Matrix zur Einordnung der in NRW angewendeten Modelle zur Berechnung bzw. Simulation der Grundwasserneubildung. Die Eintragungen dürfen nicht ohne Bezug zu den jeweils zugehörigen Begleittexten verstanden werden (s. Kap. 6 bzw. Anh. A). .....	21
<b>Tabelle 2:</b>	Planungsräume, Entnahmen, Grundwasserneubildung (GWN) nach den verschiedenen Verfahren (mGr = mGROWA; Dörh/J = Dörhöfer & Josopait) und Dargebot.....	52
<b>Tabelle 3:</b>	Matrix zur Einordnung der im Workshop „Grundwasserneubildung“ präsentierten, innerhalb von NRW eingesetzten Wasserhaushaltsmodelle zur Ermittlung der GWN oder ggf. des Grundwasserdargebots, nach Zielgröße; Skalierung. ....	62
<b>Tabelle 4:</b>	Standardisierung der Grundwasserneubildung .....	88
<b>Tabelle 5:</b>	Übersicht der betrachteten Szenarien. Die angekreuzten Entnehmergruppen sind in dem jeweiligen Modellszenario aktiv gesetzt.....	109
<b>Tabelle 6:</b>	Übersicht zum relativen Einfluss verschiedener Entnehmergruppen auf die Grundwasserstände .....	110

# 1 Kurzfassung

Die Grundwasserneubildung ist eine der wichtigsten Grundlagen zur Bearbeitung wasserrechtlicher Anträge zur Entnahme von Grundwasser. In NRW erfolgt die Bearbeitung solcher Anträge in der Regel bei einer der 53 unteren Wasserbehörden auf Ebene der Kreise oder kreisfreien Städte sowie unter bestimmten Voraussetzungen seitens einer der 5 Bezirksregierungen in ihrer Funktion als obere Wasserbehörden. Aufgrund von Ermessensspielräumen kann sich die Genehmigungspraxis je nach zuständiger Behörde unterscheiden. Daher erscheint es sinnvoll, Leitlinien zu definieren, um eine stärkere Vereinheitlichung der Vorgehensweise zur Antragsbearbeitung zu erzielen.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und aktuell erlebter Trockenperioden in den letzten Jahren ergeben sich darüber hinaus auch neue Fragen zur korrekten und nachhaltigen Bemessungsgrundlage, da sowohl die Neubildungsmenge als auch der Bewässerungs- und Wasserbedarf einer Veränderung zu unterliegen scheinen. Einige Grundwasserkörper in NRW waren im Bewirtschaftungszeitraum 2016-2021 bereits als gefährdet hinsichtlich des Bewirtschaftungsziels „guter mengenmäßiger Zustand“ eingestuft. Um eine nachhaltige Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen zu ermöglichen und die Ziele der EG-WRRRL auch in den bereits als gefährdet eingestuften GWK zu erreichen stellte sich die Frage, ob ggf. weitergehende Bewirtschaftungsvorgaben auf Landesebene notwendig sind.

Zur Erarbeitung dieses Fachberichts, der als Grundlage für künftige Lösungsstrategien in NRW zu verstehen ist, wurde am LANUV ein Workshop zu den verschiedenen regionalen und landesweiten Verfahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung, der Sickerwasserrate, der verschiedenen Abflusskomponenten, der Wasserbilanzen und des Grundwasserdargebots und den jeweils relevanten Anwendungsfällen durchgeführt. Zunächst wurden die Grundlagen von Berechnungen und Modellierungen des Bodenwasserhaushalts zusammengetragen und die in diesem Kontext verwendeten Begriffe erläutert (s. Kapitel 3), um Missverständnissen bei der Verwendung bzw. beim Vergleich unterschiedlicher vorhandener Verfahren vorzubeugen. Hinzuweisen ist beispielsweise auf die Unterscheidung zwischen Sickerwasserrate und Neubildungsrate sowie zwischen Neubildung und Dargebot. Des Weiteren wurden einige der in NRW angewendeten Verfahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung und des Dargebots in Form von Vorträgen vorgestellt. Vonseiten aller Referenten wurden dankenswerterweise die Vortragsfolien zur Verfügung gestellt sowie zusätzlich erläuternde Kurzfassungen verfasst, die im Anhang A zusammengestellt wurden.

Um einen Überblick über die Zielsetzungen, Rahmenbedingungen, erforderlichen Datengrundlagen, räumliche und zeitliche Auflösung sowie mögliche Einsatzgebiete der verschiedenen Modelle zu ermöglichen, wurde eine Einordnungsmatrix definiert und für die einzelnen Modelle ausgefüllt (vgl. Tabelle 1 in Kapitel 5). Die Einträge in der Matrix verstehen sich dabei als grober Überblick und sollten nicht ohne Bezug zu den jeweils zugehörigen Beschreibungstexten in Kapitel 6 bzw. Anhang A betrachtet werden, auf die in der Matrix Bezug genommen wird. Im Resultat konnten 12 verschiedene in NRW angewandte Methoden anhand der Matrix überblicksweise eingeordnet und gegenübergestellt werden. Ein wichtiger Aspekt waren dabei die verschiedenen lokal und regional auftretenden Besonderheiten bzw. stark variierenden Randbedingungen, die sich auf die Wahl der Methode bzw. Unterschiede in deren Ergebnissen auswirken können.

Über die rein methodische Sicht hinaus wurden in verschiedenen Vorträgen und Diskussionsblöcken auch grundlegende Aspekte zur Genehmigungspraxis, mögliche Standardisierungsansätze sowie aktuell geltende Vorgaben und Regelwerke beleuchtet. Bestimmten Kernfragen wurde an einem zweiten Workshoptag in Form geführter Gruppendiskussionen weiter nachgegangen, deren Ergebnisse von den Themenleitern der Gruppenphase in Anhang B dokumentiert wurden. Zentrale Fragestellungen waren:

- Welche Fach- und Informationsgrundlagen werden benötigt? (vgl. Anh. B.1)
- Ist eine Standardisierung zur Bemessung der Grundwasserneubildung für Entnahmen und Erlaubnisse notwendig, welche Standardisierungsansätze haben sich bisher bewährt? (vgl. Anh. B.2)
- Diskussion zu Nutzungskonkurrenzen: Sind bestehende gesetzliche Regelungen zu konkurrierende Grundwassernutzungen (Vorrangstellungen, Erlaubnis- und Entgeltfreiheit) gerecht und noch zeitgemäß? Ist ein Umdenken aufgrund des Klimawandels und entsprechender Anpassungsstrategien erforderlich? (vgl. Anh. B.3)
- Regulierungsansätze und Controlling: Sind die vorhandenen Regulierungsansätze (z. B. § 32 LWG) ausreichend? Sind zusätzliche, NRW-weite Regelungen notwendig? Wenn ja, was müsste z. B. in einem NRW-Erlass zur Mengengewirtschaftung stehen? (vgl. Anh. B.4)

Insgesamt lassen sich aus dem Workshop die folgenden Ergebnisse festhalten:

- Die Klärung einiger zentraler Begriffsdefinitionen, die im Bereich der mengenmäßigen Grundwasserbewirtschaftung relevant sind, ist zunächst grundlegend. Des Weiteren ist ein guter Überblick über die in NRW verfügbaren Modelle und Methoden und die zu erfassenden Parameter notwendig. Diese Klärung soll u.a. innerhalb dieses Berichts vorgenommen werden (vgl. Kapitel 3).
- Die Mehrheit der Teilnehmenden des Workshops spricht sich für einen landesweiten Erlass oder eine anderweitige landesweite Regelung aus, um die genehmigten bzw. zu genehmigenden Entnahmemengen in Relation zum nutzbaren Dargebot zu begrenzen. Als mögliche Bezugsräume werden entweder alle Grundwasserkörper, nur die mengenmäßig gefährdeten Grundwasserkörper, Teilflächen der GWK oder Trinkwassereinzugsgebiete gesehen. Dazu wäre ein einheitliches Ableitungsschema hilfreich, welches jedoch die Möglichkeit offenlassen sollte, lokale / regionale Besonderheiten spezifisch zu regeln (wie aktuell schon möglich nach § 32 LWG). Als Anhaltspunkt könne auf das Vorgehen in Niedersachsen (Mengengewirtschaftungserlass, vgl. Kapitel 8.2 bzw. Anhang A.5) zurückgegriffen werden.
- Ebenfalls mithilfe landesweiter Regelungen könne eine Vereinheitlichung und Vervollständigung der Erfassung von Entnahmemengen erzielt werden, die zur adäquaten Bestimmung des verfügbaren Grundwasserdargebots als dringend erforderlich angesehen wird.

Hierbei ist auf die bestehenden Erfassungspflichten in den gefährdeten GWK gemäß GrwV hinzuweisen. Mithilfe eines Erlasses oder anderweitigen landesweiten Regelungen könnte die zentrale Erfassung durchgesetzt und hinsichtlich der Zuständigkeiten geregelt werden.

- Ein reines Dürremanagement wird nicht befürwortet. Der Bedarf bestehe auch außerhalb von Trockenperioden und die Datengrundlagen müssten ganzjährig und systematisch erhoben und vorgehalten werden. Dazu werden auch DV-technische Lösungen ((Direkt-)Eingabe von Fördermengen unter behördlicher Plausibilitäts-Kontrolle) z. B. durch Anpassung vorhandener DV-Systeme auch zur unterjährigen Erfassung von Fördermengen für notwendig erachtet.
- Auf die Wichtigkeit landesweiter Datengrundlagen (Entnahmedaten, Grundwasserneubildung, Grundwasserstände) wird hingewiesen. Dabei besteht Einigkeit, dass vergleichbar mit Niedersachsen eine grundsätzlich solide Datenbasis auf Landesebene besteht, insbesondere sind die Grundwasserneubildungsdaten aus mGROWA anerkannt und werden von den Behörden und Ingenieurbüros breit eingesetzt. Zusätzlich stehen die jährlichen Entnahmemengen aus WasEG in HygrisC zur Verfügung ebenso wie die zugelassenen Entnahmen (laufende Vervollständigung digitales Wasserbuch). Eine Optimierung der landesweiten Datenbestände wäre durch weitere Vorgaben im Rahmen des WasEG (Erfassungspflicht für alle Entnahmen) denkbar.
- Zur Ermittlung der gewinnbaren Dargebotsreserve muss die Summe der genehmigten und erlaubnisfreien Entnahmemengen für den jeweiligen Bezugszeitraum berücksichtigt und mit dem korrespondierenden gewinnbaren Dargebot in Bezug gesetzt werden. Die aktuellen („tatsächlichen“) Entnahmemengen sollen nicht als Grundlage für Bilanzabschätzungen zur Bemessung neuer Wasserrechte herangezogen werden.
- Mit einem Erlass oder anderweitigen landesweiten Regelungen könnte auch klargestellt werden, welche Nebenbestimmungen (Vorgaben für das Monitoring, Erhebung Referenzdaten, Festlegung Grenzwerte, Ergebnisübermittlung) festgesetzt werden müssen, um etwaige Auswirkungen feststellen und regulatorisch eingreifen zu können.

## 2 Veranlassung und Ziel

Die Vergabe von Wasserrechten zur Entnahme von Grundwasser erfolgt in NRW grundsätzlich durch die unteren Wasserbehörden. Abweichend davon liegt die Zuständigkeit für Entnahmen  $> 0,6$  Mio.  $\text{m}^3/\text{a}$  sowie für alle Entnahmen so genannter „Zaunanlagen“ (Anlagen nach Anlage 1 ZustVU) bei den oberen Wasserbehörden (Bezirksregierungen). Die bei der Vergabe von Wasserrechten zu berücksichtigenden Aspekte sind dabei durch das Wasserhaushaltsgesetz WHG sowie die Grundwasserverordnung GrwV definiert. Jedoch werden zum Teil unterschiedliche Verfahren zur Ermittlung der Bemessungsgrundlage eingesetzt.

Vor dem Hintergrund des Klimawandels und der festgestellten Gefährdungen des guten mengenmäßigen Zustands wird in NRW derzeit eine landesweite Konzeption für eine Wasserrechtserteilung erwogen, bei der einheitlich Kriterien berücksichtigt werden. Es stellt sich die Frage, ob und wenn ja, welche Vorgaben z. B. per Erlass sinnvoll bzw. nötig sind. Dazu wurde im Frühjahr 2020 beim LANUV ein Workshop zu den verschiedenen im Land eingesetzten Grundwasserneubildungsmodellen durchgeführt. Hierbei wurden Zielsetzungen, Eingangsdaten sowie Anwendungsbereiche der verschiedenen Verfahren vergleichend betrachtet. Von allen Referentinnen und Referenten des Workshops wurden Kurzfassungen zu ihren Workshopbeiträgen zusammengetragen (Anhang A). Auf dieser Basis sollte ein zusammenfassender Bericht verfasst werden, der dazu dienen soll,

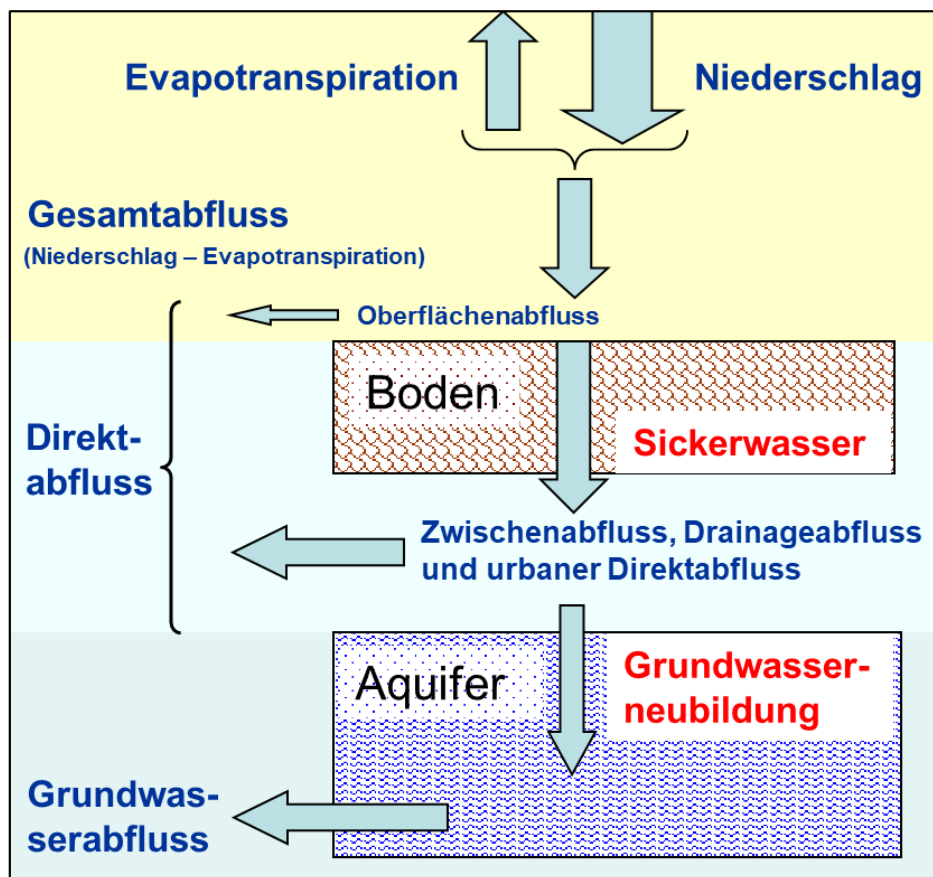
- einen Überblick über die relevanten Rechtsgrundlagen zu schaffen,
- verschiedene in NRW zur Ermittlung der Grundwasserneubildung eingesetzte Modellansätze zu beschreiben,
- Zielsetzungen verschiedener Modellansätze gegenüber zu stellen,
- Begriffsdefinitionen zusammenzufassen,
- Anregungen zur Verbesserung der landesweiten Datengrundlagen oder auch der Modellansätze herauszuarbeiten und
- Beispiele spezifischer, lokal relevanter Aspekte und möglicher Ansätze zu deren Berücksichtigung zu benennen,
- Kontroversen zwischen Ergebnissen verschiedener Methoden aufzuklären und
- Mögliche Standardisierungsansätze für die Mengenbewirtschaftung aufzuzeigen.

Um ein Feedback zu den vorliegenden Lösungsansätzen zu erhalten, wurden die zentralen Fragen in einer weiteren Workshop-Phase mit den Teilnehmenden diskutiert. Dabei wurden die Teilnehmenden in vier Gruppen eingeteilt, um nacheinander im Wechsel in jeweils 30 min drei von vier vordefinierten Themen zu diskutieren. Die Ergebnisse zu jedem der vier Themen wurden von den Themenleitenden in Form von Kernaussagen und Einzelstatements der jeweils drei Teilnehmendengruppen zusammengefasst (siehe Anhang B). Für einen besseren Überblick über die in NRW eingesetzten Modellansätze wurde eine Matrix erstellt, mithilfe derer die gezielte Auswahl eines ggf. geeigneten Modelles erleichtert werden kann (vgl. Kap. 5). Der zusammenfassende Synthesebericht soll eine fachliche Grundlage für Wasserdargebotsabschätzungen und wasserrechtliche Erlaubnisverfahren liefern („fachliche Empfehlungen für eine gute behördliche Praxis“).

### 3 Begriffsdefinitionen

#### 3.1 Abflusskomponenten, Sickerwasser, Grundwasserneubildung

Der Landschaftswasserhaushalt mit seinen verschiedenen Abflusskomponenten (u.a. Oberflächenabfluss, Sickerwasser, Zwischenabfluss, Grundwasserneubildung und Grundwasserabfluss) ist in Abbildung 1 veranschaulicht. Daraus ist ersichtlich, dass die Sickerwasserrate mengenmäßig nicht mit der Grundwasserneubildungsrate gleichzusetzen ist.



**Abbildung 1:** Abflusskomponenten, Sickerwasser, Grundwasserneubildung  
(Quelle: Prof. Dr. Frank Wendland, Forschungszentrum Jülich)

- **Evapotranspiration:** Ist die Wassermenge, die durch direkte Verdunstung aus dem Boden (Evaporation) und indirekt über Pflanzen (Transpiration) an die Luft abgegeben wird. Man unterscheidet zwischen potenzieller Evapotranspiration (Verdunstungsmenge bei unbegrenztem Wasserangebot) und tatsächlicher Evapotranspiration (beim tatsächlich vorhandenen Bodenwasserangebot),
- **Gesamtabfluss:** Ist die Wassermenge, die nach Abzug der tatsächlichen Evapotranspiration von der Niederschlagsmenge verbleibt und sich in die übrigen Abflusskomponenten aufteilt.



- **Sickerwasser:** Ist die Wassermenge, die die Untergrenze des durchwurzelten Bodentraumes passiert.
- **Direktabfluss:** Fasst alle Anteile des Gesamtabflusses zusammen, die nicht zur Grundwasserneubildung beitragen, da sie vor Erreichen des Grundwasserleiters in die Vorflut abgegeben werden (Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss, Drainageabfluss; urbaner Direktabfluss). Dies kann auf natürliche Weise, durch landwirtschaftliche oder urbane Drainagen erfolgen.
- **Grundwasserneubildung (GWN):** Ist der Sickerwasseranteil, der die ungesättigte Zone – also den „Sickerraum“ – (Boden und Grundwasserdeckschichten) vertikal passiert und den Grundwasserleiter erreicht hat. GWN findet an der Grundwasseroberfläche des obersten Grundwasserstockwerks statt.

Die Grundwasserneubildung (GWN) entspricht damit dem Gesamtabfluss abzüglich aller Komponenten des Direktabflusses ( $GWN = \text{Gesamtabfluss} - \text{Direktabfluss}$ ), wobei der Direktabfluss hier als die Summe aus Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss, Drainageabfluss und urbanem Direktabfluss verstanden wird. Hierbei (wie auch im Modell mGROWA) bezieht sich die GWN ausschließlich auf das unmittelbar an einem Ort neu gebildete Grundwasser aus versickernden Niederschlägen. Darüber hinaus können auch Infiltrationsprozesse (z. B. Grundwasseranreicherung, Uferfiltration, Versickerung von Oberflächenwasser etc.) zur Grundwasserneubildung in einem Grundwasserleiter beitragen und damit dessen Grundwasserdargebot (siehe unten) erhöhen. Den wesentlichen Antrieb der im Modell mGROWA berechneten Grundwasserneubildung des obersten Grundwasserstockwerks stellt jedoch das versickernde Niederschlagswasser dar. Die Sickerwasserrate ist daher nur im Ausnahmefall mit der Grundwasserneubildung gleichzusetzen. Auch unterliegt die Grundwasserneubildung jährlichen und innerjährlichen Schwankungen.

### 3.2 Grundwasserdargebot (gewinnbares Dargebot, nutzbares Dargebot)

Aufgrund der vielfältigen und sich zum Teil überlagernden lokalen / regionalen In- bzw. Exfiltrationsprozesse, die zusätzlich zur Grundwasserneubildung eine Rolle spielen können, ist das Grundwasserdargebot in einem Bilanzraum nicht mit der Grundwasserneubildung gleichzusetzen. Je nachdem, welche mengenmäßige Bedeutung die weiteren Zu- und Abströme in einem Bilanzraum ggf. haben, müssen diese zur Aufstellung einer detaillierten Mengenbilanz zusätzlich zur Grundwasserneubildung ermittelt bzw. in Erfahrung gebracht werden. Grundwasserströmungsmodelle bzw. so genannte „Bilanzmodelle“ sind daher von den Wasserhaushaltsmodellen (z. B. mGROWA) klar zu unterscheiden, bei denen die Ermittlung der Wasserhaushaltskomponenten (u.a. Sickerwasserrate, Grundwasserneubildung) auf Grundlage der Gebietsniederschläge und weiterer Standortfaktoren im Vordergrund steht.

Hinsichtlich des Grundwasserdargebots sind folgende Begrifflichkeiten zu unterscheiden:

- **Grundwasserdargebot:** Ist die Summe aller positiven Bilanzglieder, d. h. der GWN aus Niederschlag und ggf. der Exfiltration aus oberirdischen Gewässern und lateralen unterirdischen Zuflüssen in einem Grundwasserbilanzraum.
- **gewinnbares Grundwasserdargebot:** Ist der Teil des Grundwasserdargebots, der durch technische Maßnahmen gefördert werden kann.
- **gewinnbare Grundwasserdargebotsreserve:** Ist der Teil des gewinnbaren Grundwasserdargebots, der nicht bereits an andere Wasserrechtsinhaber vergeben ist.
- **(nachhaltig) nutzbares Grundwasserdargebot:** Ist der Teil des gewinnbaren Grundwasserdargebots, der für Wasserversorgungszwecke unter Berücksichtigung bestimmter Randbedingungen, z. B. ökonomischer oder ökologischer Art, genutzt werden kann.
- **(nachhaltig) nutzbare Grundwasserdargebotsreserve:** Ist der Teil des (nachhaltig) nutzbaren Grundwasserdargebots, der nicht bereits an andere Wasserrechtsinhaber vergeben ist oder erlaubnisfrei entnommen wird.

Die Ermittlung der GWN aus Niederschlag ist unabdingbare Voraussetzung für Berechnungen des Grundwasserdargebots. Das Grundwasserdargebot entspricht aber nicht in jeder Region ausschließlich der GWN (→ s. Aquifertypen und Nutzungscharakteristik; siehe unter Anderem Anhänge. A.12 und A.17).

## 4 Wasserrechtliche Grundlagen

Um die anspruchsvollen Ziele der nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung zu erfüllen und Risiken der Zielerreichung des guten mengenmäßigen Grundwasserzustands vorausschauend vermeiden zu können, sind verschiedene regulatorische Bestimmungen (Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und Grundwasserverordnung (GrwV)) bereits definiert.

Im WHG werden die für die Mengenbewirtschaftung relevanten Bewirtschaftungsziele dargestellt. Nach § 47 WHG ist das Grundwasser u.a. so zu bewirtschaften, dass

- eine Verschlechterung seines mengenmäßigen Zustands vermieden wird;
- ein guter mengenmäßiger Zustand erhalten oder erreicht wird; dazu gehört insbesondere ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung.

Schon aus dieser Zieldefinition ergibt sich, dass die Erfassung von Entnahmen und Grundwasserneubildungsmengen grundlegende Voraussetzung ist.

Nach §§ 8-9 WHG bedarf das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser einer wasserrechtlichen Erlaubnis, die bei der zuständigen Behörde zu beantragen ist. Voraussetzung für eine Genehmigung ist wiederum, dass das „mengenmäßige“ Bewirtschaftungsziel für die Grundwasserkörper nach EG-WRRL B nach § 4 Absatz 2 GrwV nicht gefährdet wird. Demnach ist der mengenmäßige Zustand des Grundwassers gut, wenn

1. die Entwicklung der Grundwasserstände oder Quellschüttungen zeigt, dass die langfristige mittlere jährliche Grundwasserentnahme das nutzbare Grundwasserdargebot nicht übersteigt und
2. durch menschliche Tätigkeiten bedingte Änderungen des Grundwasserstandes zukünftig – sinngemäß – nicht zu negativen Beeinflussungen von Oberflächengewässern und Landökosystemen oder nachteiligen Veränderungen der Grundwasserströmungsrichtung führen.

Das bedeutet, dass die Behörde erstens die langfristige mittlere jährliche Grundwasserentnahme und zweitens das nutzbare Grundwasserdargebot kennen muss (zu den Begriffen siehe Kapitel 3). Notwendige Voraussetzung dafür ist, dass alle Grundwasserentnahmen mit Entnahmemengen im Bilanzraum bekannt sind. Darunter fallen genehmigte Entnahmen, die in Höhe der genehmigten Entnahmemenge berücksichtigt werden müssen sowie erlaubnisfreie Entnahmen mit aktueller Entnahmemenge:

- Schon bei der Genehmigung von Wasserrechten müssen seitens der Behörde erforderlichenfalls Nebenbestimmungen nach § 13 WHG festgelegt werden, um mögliche „nachteilige Wirkungen“ der Entnahme erfassen und kontrollieren zu können (Erfassung der Entnahmemengen, Grundwasserstände) sowie ggf. zu minimieren oder auszugleichen. Die Behörde kann auch Vorgaben machen, in welchem Format und in welchem Turnus die Daten zu übermitteln sind. Sollte sich herausstellen, dass tatsächliche Entnahmen langfristig signifikant unterhalb der genehmigten Menge bleiben, so sind die genehmigten Rechte ggf. anzupassen.

- Nach § 46 WHG üblicherweise als erlaubnisfrei gelten z. B. Grundwasserentnahmen, für den Haushalt, für den landwirtschaftlichen Hofbetrieb und für das Tränken von Vieh außerhalb des Hofbetriebs, sowie zur Bodenentwässerung landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzter Grundstücke, soweit keine signifikanten nachteiligen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt zu besorgen sind. Auch hier muss die genehmigende Behörde folglich beurteilen, ab welchem Kriterium „nachteilige Auswirkungen...“ zu besorgen sind, wann also auch diese üblicherweise erlaubnisfreien Entnahmen einer Erlaubnis bedürfen.

In jedem Falle trifft dies nach Anlage 1 GrwV für alle mengenmäßig als „gefährdet“ eingestuft und alle grenzüberschreitenden GWK zu. Für diese GWK ist eine vollständige Erhebung aller Grundwasserentnahmen erforderlich.

Auf Landesebene werden entsprechende Möglichkeiten in § 32 (1) LWG NRW geregelt. Demnach kann die zuständige Behörde für ein Gebiet bestimmen, dass für eine üblicherweise erlaubnisfreie Benutzung nach § 46 Absatz 1 Satz 1 WHG eine Erlaubnis oder eine Bewilligung erforderlich ist, soweit der gute mengenmäßige Zustand im Grundwasser nach § 4 Absatz 2 GrwV nicht sichergestellt ist.

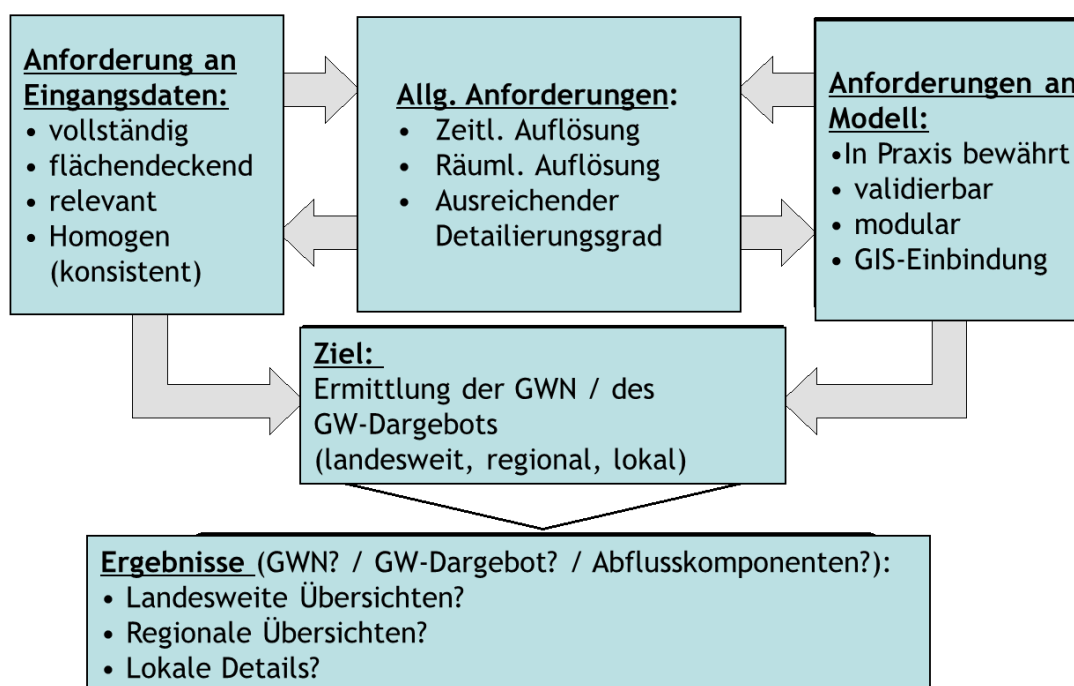
Nur auf Basis einer vollständigen und zeitnahen Erfassung von Entnahmemengen auch für erlaubnisfreie Entnehmer kann dann auch adäquat über die Genehmigung weiterer Grundwasserentnahmen befunden werden. Möglichkeiten zur Vervollständigung der Datengrundlage liegen dabei in der Anpassung der Erlaubnisfreiheit, oder in der Einführung einer generellen Anzeigepflicht auch für erlaubnisfreie Entnahmen (z. B. in nach § 32 LWG zu definierenden Gebieten) bzw. in einer Anpassung der Entgeltfreiheit nach WasEG. Weitere Details zu den wasserrechtlichen Grundlagen können Anhang A.1 entnommen werden.

## 5 Wasserhaushaltsmodelle für verschiedene Fragestellungen

Zur Simulation des Wasserhaushalts oder einzelner Bilanzglieder wurde in den vergangenen Jahrzehnten national wie auch international eine Vielzahl unterschiedlicher Modellsysteme entwickelt, die sich hinsichtlich ihres Komplexitätsgrad, ihrer Datenanforderungen, ihrer Anwendungsgebiete sowie der räumlichen und zeitlichen Auflösung und räumlichen und zeitlichen Ausdehnung unterscheiden können. Nicht in jedem hydrologischen Modell steht die Ermittlung der Grundwasserneubildung (GWN) im Vordergrund. So haben einige Modelle die Ermittlung des Grundwasserdargebots oder der Grundwasserbilanzen für bestimmte Bilanzräume auf dem jeweiligen Skalenniveau zum Ziel.

Die Beurteilung eines optimal auf eine spezielle Fragestellung ausgerichteten Modellansatzes setzt einen guten Überblick, ein genaues Modell- und Prozessverständnis und Kenntnis der Eingangsdaten voraus. Eine Auswahl des für die Fragestellung geeigneten Modells kann anhand verschiedener Kriterien getroffen werden (Abbildung 2).

Eine Übersicht über hydrologische Modellkonzepte und weiterführende Informationen zu den Einordnungskriterien liefert Beitrag 6 im Anhang A.6.



**Abbildung 2:** Vorgehen zur Auswahl eines „geeigneten“ Grundwasserneubildungsmodells  
(Quelle: Prof. Dr. Frank Wendland, Forschungszentrum Jülich)

Die in NRW im Einsatz befindlichen Modelle zur Ermittlung der Grundwasserneubildungshöhe bzw. des Grundwasserdargebots unterscheiden sich u.a. im Hinblick auf die zeitliche und räumliche Auflösung, die erforderlichen Eingangsdaten und den Verwendungszweck der Ergebnisse. Die Anforderungen an ein „geeignetes“ Modell auf Landesebene sind dabei skalenbedingt anders als die Anforderungen an ein „geeignetes“ Modell für kleine Einzugsgebiete.

Die Auswahl bzw. Eignung eines Modells hängt ab von:

1. Fragestellung → welche Abflusskomponenten (vgl. Abbildung 1) werden berechnet? Wird ausschließlich die Grundwasserneubildung berechnet? Erfolgt eine Abtrennung anderer Abflusskomponenten (Zwischenabfluss, Drainageabfluss bzw. urbaner Direktabfluss) von der Sickerwasserrate? Wird das Grundwasserdargebot berechnet?
2. Untersuchungsregion → Bundesland? Regierungsbezirk? Lokal? → Maßstabsbereich
3. Verfügbare Datengrundlagen vs. Datenanforderungen eines Modells → Konsistenz
4. räumliche Auflösung → aggregiert, (z. B. GWK-Ebene)? hoch aufgelöst?
5. zeitliche Auflösung → jährlich? monatlich? täglich?
6. vorgegebener Zeitrahmen (inkl. verfügbares Budget).

Bei einem Modellvergleich sollte stets auf die Anwendungsbereiche und Fragestellungen (und damit indirekt auf die Skalenbereiche), für die diese Modelle entwickelt und in der Praxis eingesetzt wurden, fokussiert werden. Generell müssen die Begrifflichkeiten auseinandergelassen werden, damit es bei einem eventuellen Modellvergleich keine Missverständnisse gibt: Sickerwasser ist nicht gleichzusetzen mit Grundwasserneubildung, Grundwasserneubildung ist nicht gleichzusetzen mit Grundwasserdargebot etc. (vgl. Kap. 3).

Um diesen Überblick (welches Modell ist für die Fragestellung geeignet?) ein wenig zu erleichtern, wurden die im Workshop präsentierten Modelle anhand einer Einordnungsmatrix eingeordnet. Dabei wurde versucht, einige der wichtigsten bzw. im wasserwirtschaftlichen Vollzug besonders häufig landesweit, regional oder lokal eingesetzten Modelle zur Ermittlung der GWN bzw. des Grundwasserdargebots in NRW vergleichend zu erfassen. Die Ergebnisse der Modelleinordnung sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Einträge in der Matrix verstehen sich dabei als grober Überblick und sollten nicht ohne Bezug zu den jeweils zugehörigen Begleittexten in Kapitel 6 und Anhang A betrachtet werden, auf die in der Matrix Bezug genommen wird.

Im Resultat konnten 12 verschiedene in NRW angewandte Methoden anhand der Matrix überblicksweise eingeordnet und gegenübergestellt werden. Dabei ist festzuhalten, dass es sich nicht um eine Gegenüberstellung von „Stärken und Schwächen“ der jeweiligen Modelle handelt. Vielmehr können unterschiedliche Modelle – etwa zur Analyse, Ursachenermittlung, Prozessaufklärung – einander ergänzend eingesetzt werden. Ähnliche Modelle können, etwa zur Absicherung der Ergebnisse oder zur Modellvalidierung, vergleichend eingesetzt werden.

**Tabelle 1:** Matrix zur Einordnung der in NRW angewendeten Modelle zur Berechnung bzw. Simulation der Grundwasserneubildung. Die Eintragungen dürfen nicht ohne Bezug zu den jeweils zugehörigen Begleittexten verstanden werden (s. Kap. 6 bzw. Anh. A).

Wasserhaus- haltmodell	FZ Jülich mGROWA	GD NRW GLADIS	EWLW GWneu	LINEG ARC-SIWA + FeFlow	Deltares IBRAHYM MetaSWAP + iMOD	LANUV 3D- GroßraumMo- dell BK-Revier	LANUV NRW- Bilanz-mo- dell	delta h RUBIN- FLUX + SPRING	NEW	Wasser- werks-Me- thode	Erftverband, LA- NUV, RWE Schröder & Wyrwich	BR Det- mold Dörhöfer & Joso- pait (1980)
Begleittexte	6.1	6.2	6.5.4	6.5.5	6.5.6	6.6.2	6.4	6.6.1	6.5.3	-	6.5.2	6.5.1
Anhang	A.7	A.8	A.10	A.11	A.21	-	A.12	A.13	A.3	A.9	A.9, A.14	A.2
Alle Abfluss- komponenten	X	(X) <sup>1)</sup>	X	X	X			X	X			
Sickerwasser	X	X		X	X			X	X			X
GW-Neubil- dung	X	(X) <sup>1)</sup>	X	X	X			X	X	X	X	
GW-Dargebot				X	X	X	X	X	X			
GW-Bilanz				X	X	X	X	X	X	X		
Anwendungs- bereich <sup>2)</sup>	B	B / R / L	(B) <sup>3)</sup> / R	R	(B) <sup>3)</sup> / R [D, NL, B]	R	B	(B) <sup>3)</sup> / R	R	L	R	R
Konsistenz Datengrundla- gen <sup>2)</sup>	B	B / R	B / R	R	[D, NL, B]	R	B	B / R	R	L	R	R
Räumliche Auflösung <sup>4)</sup>	H (100 m)	H (BK50) sH (BK5)	H (< 100 m)	H (zw. 10 u. 50 m)	H (< 250 m)	G (zw. 50 u. 1000 m)	H (< 100 m)	H (beliebig)	H (100 m)	G	H (Vektor)	> 250 m
Zeitliche Auf- lösung <sup>5)</sup>	T	T	J, M	M	T	J	Stationär, LMW	T	J	Stationär	LMW	LMW
Nutzer <sup>6)</sup>	LA, BR, VB	LA, BR, UWB, WVU	BR, UWB, WVU, VB	VB	[WML NL]	LA, VB, IND	LA	LA, WVU, IN	WVU	WVU	LA, VB, IND, WVU	BR
<sup>1)</sup> nicht flächendeckend alle Abflusskomponenten abgebildet, daher keine flächendeckende Berechnung der Gw-Neubildung												
<sup>2)</sup> B = Bundesland, R = Regional, L = Lokal, [D, NL, B] = Grenzüberschreitende Region zwischen Deutschland, Niederlande und Belgien												
<sup>3)</sup> Grundsätzlich auf Landesebene in NRW anwendbar. Anwendung bisher aber nur in anderen, vergleichbar großen Gebieten umgesetzt.												
<sup>4)</sup> sH = sehr hoch, H = hoch, G = gering												
<sup>5)</sup> LMW = Langjahresmittelwert, J = Jahr, M = Monat, T = Tag												
<sup>6)</sup> LA = LANUV, BR = Bezirksregierung, IND = Industrie, UWB = Untere Wasserbehörde, VB = Wasserverband, WVU = Wasserversorgungsunternehmen, [WML NL] = Waterleiding Maatschappij Limburg, Venlo, Niederlande												

Auf landesweiter Ebene stehen Grundwasserneubildungsdaten aus dem Modell mGROWA zur Verfügung (FZ Jülich, im Auftrag des LANUV). Ebenfalls landesweit verfügbar ist das GLADIS-Verfahren des GD NRW. Letzteres dient im Unterschied zum mGROWA-Modell jedoch nur zur Ermittlung der Sickerwasserrate, die nur unter bestimmten lokalen Voraussetzungen in etwa mit der Grundwasserneubildung gleichgesetzt werden kann. Unterschiede ergeben sich außerdem in der Art der Berechnung, und der räumlichen Auflösung. Während mGROWA auf Raster-Basis berechnet wird, verfolgt GLADIS einen Vektordaten-Ansatz mit Polygon-Verschneidung. Im Modell mGROWA erfolgt eine Berücksichtigung sämtlicher Abflusskomponenten, einschließlich künstlicher Drainagen in Bereichen geringer Flurabstände, sodass hier stets die Grundwasserneubildung ausgegeben wird, wohingegen die durch GLADIS berechnete Sickerwasserrate nur in bestimmten Bereichen mit der Grundwasserneubildung annähernd vergleichbar ist. Eine Besonderheit des Modells GLADIS wird durch den vektor-basierten, skalenübergreifenden Ansatz ermöglicht. Liegen in einem Teilgebiet genauere Informationen zu den Bodeneigenschaften vor (BK 5), so wird hier eine räumlich sehr detaillierte Auflösung möglich.

Für die Bemessung von Wasserrechten muss jedoch das nutzbare Grundwasserdargebot ermittelt werden. Entweder kann man, ausgehend von Grundwasserneubildungsdaten, mit pauschalierten Abschlägen rechnen („Sicherheitsabschläge“ – vgl. Kapitel 8.2); oder aber man verwendet zusätzliche Detailinformationen zu lateralen und sonstigen Zu-/Abflüssen, und bedient sich dazu geeigneter (lokaler, regionaler) Strömungs- bzw. Bilanzierungsmodelle.

Perspektivisch kommt für NRW als Übersichtsmodell hierfür das NRW Grundwasserbilanzmodell des LANUV in Frage (vgl. Kap. 6.4 bzw. Anhang A.12). Die Grundwasserneubildung wird von diesem Modell nicht berechnet, jedoch kann dieses Modell im Bedarfsfall ergänzend eingesetzt werden, um z. B. laterale Zu- und Abströme über Bilanzraumgrenzen, Leakage, Interaktion mit Oberflächengewässern zu analysieren. In dieser Hinsicht noch weitaus detaillierter verwendbar sind viele bisher regional oder lokal etablierte Grundwassermodelle, die zumeist instationär und 3D aufgebaut sind (vgl. z. B. Kap. 6.5.5, 6.5.6, 6.6.1 oder 6.6.2).

Inwieweit lokale bzw. regionale Ergänzungen durch Spezialmodelle notwendig sind, hängt von den Erfordernissen des jeweiligen Untersuchungsraumes ab. Beispiele für solche Aspekte, die eine Detailbetrachtung erfordern, sind (Verweise auf Kapitel mit weiterführenden Informationen in Klammern):

- geologisch komplexer Stockwerksbau mit Leakage-Effekten bzw. Entnahmen aus verschiedenen Grundwasserstockwerken (vgl. Beispiele der NEW (Kap. 6.5.3, Anhang A.3) und ahu (Anhang A.18), Rheinisches Braunkohlenrevier (Kap. 6.6.2) und Ibrahim-Modell (Kap. 6.5.6, A.21) sowie Aquifercharakteristiken in NRW (Anhang A.17))
- Wasserübertritte an Festgesteinsrändern (vgl. Aquifercharakteristiken in NRW im Anhang A.17)
- Effekte in urban geprägtem Raum (Flächenversiegelung, Drainagen durch oder Versickerung aus undichten Abwasserkanälen, vgl. Beispiel der EWLW im Kap. 6.5.4 bzw. Anhang A.10)



- Bergbauliche Einflüsse (Polder- oder Sümpfungsmaßnahmen, Infiltrationen; vgl. Beispiele der EWLW (Kap. 6.5.4 bzw. Anhang A.10), der LINEG (Kap. 6.5.5 bzw. Anhang A.11), Rheinisches Braunkohlenrevier (Kap. 6.6.2 und Anhang A.9) und Ibrahim-Modell (Kap. 6.5.6 bzw. Anhang A.21))
- Grenzübergreifende Grundwasserbewirtschaftung (vgl. Beispiel Ibrahim-Modelle (Kap. 6.5.6 bzw. Anhang A.21))

Ein systematischer Überblick über die relevanten Aquifercharakteristiken aus hydrogeologischer Sicht, ergänzt um Informationen zu Tiefengrundwassernutzungen, findet sich in Kapitel 6.3 und Anhang A.17. In den dort ausgewiesenen Räumen mit relevanten Wasserübertritten zwischen Grundwasserleitern oder Gewässern sowie in Gebieten mit relevanter anthropogener Überprägung sind größere Diskrepanzen zwischen Grundwasserneubildung aus mGROWA und dem nutzbaren Dargebot zu erwarten.

Für viele dieser Teilräume mit besonderen Anforderungen, die hier gelistet sind, existieren bereits gut etablierte Modelle auf lokaler oder regionaler Ebene vgl. Beispiele der EWLW (Kap. 6.5.4 bzw. Anhang A.10), der LINEG (Kap. 6.5.5 bzw. Anhang A.11), zum Ibrahim-Modell (Kap. 6.5.6 bzw. Anhang A.21),  $\Delta h$  (Kap. 6.6.1 bzw. Anhang A.13) oder zum Großraummodell im Rheinischen Braunkohlenrevier (Kap. 6.6.2). Insofern ergibt sich, dass die Modelle sehr gut ergänzend und in Kombination genutzt werden können, um bestmögliche Ergebnisse zu erzielen.

## 6 Ermittlung der Grundwasserneubildung

### 6.1 Landesweites Wasserhaushaltsmodell mGROWA

Bereits seit 2002 wird das Wasserhaushaltsmodell GROWA in Nordrhein-Westfalen für wasserwirtschaftliche und wasserrechtliche Zwecke eingesetzt (Hermann et al., 2014). Vor dem Kontext neuer Anforderungen wurde bis 2014 die zeitliche Auflösung verfeinert und das Bodenwasserhaushaltsmodul aufgebaut. Da die Wasserhaushaltsgrößen, die für die Bewirtschaftungsplanung des Grundwassers relevant sind, in monatlicher Auflösung ausgewertet wurden, erhielt das GROWA-Modell den Zusatz „m“ und wird seither als mGROWA bezeichnet. Mit dem Modell mGROWA (Herrmann et al., 2013) kann der Landschaftswasserhaushalt großer Gebiete (Bundesländer, Flussgebiete), in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung (100 m Raster, Tagesschritte), über lange Zeiträume (hydrologische 30-Jahresperioden) simuliert werden. Für wasserwirtschaftliche Planungszwecke können die Ergebnisse aus der hochaufgelösten Simulation auf verschiedenen Zeitskalen aggregiert und als Datenraster für eine GIS-gestützte Weiterverwertung aufbereitet werden, d. h. es können Monatssummen, Jahressummen oder langjährige Mittelwerte folgender Wasserhaushaltsgrößen produziert werden:

- Tatsächliche Evapotranspiration, Gesamtabfluss und Sickerwasserrate,
- Grundwasserneubildung,
- Komponenten des Direktabflusses als urbaner Direktabfluss, natürlicher Zwischenabfluss und Drainageabfluss; zusätzlich Ausweisung des Oberflächenabflusses,
- Bodenfeuchtedefizit und potentieller Beregnungsbedarf in Tagesschritten.

Weitere Details zum Modell mGROWA können Beitrag 7 im Anhang A.7 entnommen werden.

### 6.2 Modell zur Ermittlung der Sickerwasserrate GLADIS

Das Bodenwasserhaushalts-Modell GLADIS (**GLA** Direktabfluss und **S**ickerwasser) wurde seit den 1980er Jahren vom Geologischen Landesamt (GLA NRW, heute Geologischer Dienst NRW) mit technischer Unterstützung des Ingenieurbüros Hydrotec aus Aachen entwickelt und ab 2006 als GIS-Tool in ArcGIS eingebettet. Das Modell ermittelt u.a. Sickerwasserraten aus dem durchwurzelten Boden im langjährigen Mittel (1971 bis 2000) auf Tagesbasis.

Für 25 % der in NRW nach BK50 kartierten Flächen (8563 km<sup>2</sup>), bei denen die Grundwasserstände im 2-Meter-Raum vorliegen, kann die Sickerwasserrate aus dem effektiven Wurzelraum „We“ annähernd der Grundwasserneubildung gleichgesetzt werden, sofern keine Drainagen, Infiltrationen oder lateralen Zu-/Abflüsse vorhanden sind. Eine Berücksichtigung künstlicher Drainagen wurde in der Vergangenheit erprobt und aufgrund der sehr heterogen und nicht flächendeckend (digital) vorliegenden Datengrundlage für nicht aussagekräftig befunden. Eine systematische Ableitung dokumentierter Drainflächen aus vorhandenen mittel- und grobmaßstäbigen Bodenkarten war nicht zufriedenstellend. Hier ergeben sich dann größere Diskrepanzen zwischen Sickerwasser- und Neubildungsrate – und damit auch zwischen den mittels GLADIS und mGROWA errechneten Ergebnissen.

Für weitere knapp 2 % der in NRW nach BK50 kartierten Flächen (561 km<sup>2</sup>) liegen hohe und sehr hohe Staunässen vor, sodass hier direkte Abflüsse in die nächsten Vorfluter überwiegen. Bereiche mit potenziell negativer Grundwasserneubildung sind bei höher anstehendem Grundwasser möglich, werden aber im Falle der dort wahrscheinlich anzutreffenden anmoorigen und moorigen Substrate wegen der fehlenden Parametrisierungsmöglichkeit mit GLADIS nicht berechnet. Für die restlichen 73 % liegen große Flurabstände vor, sodass das Sickerwasser aus der durchwurzelten Bodenzone bis zur Grundwasseroberfläche noch eine teilgesättigte Zone durchsickern muss, die nicht mit konkreten Schichtdaten modelliert wird. Da hier potenziell auftretende Effekte (z. B. Interflow bei hohem Relief und geringer leitfähigen Schichten) daher nicht abgebildet werden, muss hier auf lokaler Ebene geprüft werden, ob die ermittelten Sickerwasserraten als Grundwasserneubildung angesetzt werden können.

Eine Besonderheit liegt in der engen Anbindung an die Bodenkarten mit der Möglichkeit zur skalenübergreifenden Verwendung der mittel- oder großmaßstäbigen Bodenkarte (1:50.000 BK50 oder 1:5000 BK5), je nach verfügbarer Auflösung der Bodendaten. Zur Validierung der Sickerwasserrate wurden Abgleiche mit Lysimeterdaten durchgeführt. Weitere Details zum Modell GLADIS können Beitrag 8 im Anhang A.8 entnommen werden.

### 6.3 Ermittlung und Quantifizierung von Leakage und lateralen Zu-/ Abströmen

Im Falle geologisch komplexerer Bilanzräume können Bilanzierungen lateraler und vertikaler Strömungen über die Grenzen des Bilanzraums hinweg erforderlich werden.

Beispiele für die Notwendigkeit zur Abschätzung von Leakage finden sich unter anderem in den Wechselfolgen grundwasserleitender und –stauender Schichten im Stockwerksbau der Niederrheinischen Bucht. Werden hier beispielsweise Entnahmen im zweiten Stockwerk geplant, muss anhand der natürlichen Druckdifferenzen zwischen erstem und zweitem Stockwerk das Leakage durch den ersten Stauer berechnet werden. Die resultierende Wassermenge steht der Entnahme zur Verfügung. Sollte unterhalb des zweiten GW-Leiter-Stockwerks ein drittes existieren, so ist anhand der natürlichen Druckdifferenz zwischen zweitem und drittem Stockwerk das Leakage durch den zweiten Stauer zu berechnen und vom verfügbaren Dargebot abzuziehen. Bei unterschiedlichen Verbreitungsgebieten der Stauer innerhalb des geplanten Einzugsgebietes wird die Berechnung entsprechend komplexer. Häufig werden dabei dreidimensionale Grundwasserströmungsmodelle zur Abschätzung des Dargebots erforderlich. Ein Beispiel für eine derartige Dargebotsbemessung kann Beitrag 3 in Anhang A.3 entnommen werden. Ein weiteres Beispiel ist Anhang A.18 zu entnehmen.

Auch laterale Zu-/Abströme tauchen im Falle komplexer geologischer Strukturen auf. Nicht immer kann somit eine geologische Grenze auch als hydrogeologisch dichte Grenze verstanden werden. **Laterale oder vertikale Grundwasserübertritte** zwischen Aquiferen sind besonders unter folgenden Bedingungen zu erwarten:

- Hydraulische Druckunterschiede
- Stockwerksbau, v.a. im Lockergestein
- Laterale Übergänge an den Festgesteinsrändern zum Lockergestein

- Vertikale oder laterale Übertritte an Störungen
- Entwässerung an Grenzen zwischen z. B. verkarstem Festgestein und Umgebung

Eine Zusammenfassung der Aquifercharakteristiken in NRW und daraus resultierender Bereiche mit lateralen Grundwasserübertritten zwischen Grundwasserleitern kann Beitrag 17 in Anhang A.17 entnommen werden.

Für eine Überprüfung der Rahmenbedingungen, die zum Auftreten lateraler Übertritte zwischen Grundwasserleitern führen können, kann das stationäre, landesweite 2D-Strömungsmodell hilfreich sein, das in aller Kürze im folgenden Kapitel 6.4 sowie im Detail in Beitrag 12 in Anhang A.12 vorgestellt wird. Ebenfalls hiermit möglich sind Abschätzungen von Überströmen über Bilanzraumgrenzen, die nicht an geologischen Grenzen orientiert wurden.

## 6.4 NRW-Grundwasserbilanzmodell

Im Rahmen des Kooperationsprojekts **GROWA+ NRW 2021** („Regionalisierte Quantifizierung der diffusen Stickstoff-Einträge in das Grundwasser und Modellierung des N-Transports und der Fließ- und Verweilzeiten im Grundwasser in Nordrhein-Westfalen“) wurde flächendeckend für das gesamte Bundesland Nordrhein-Westfalen eine als Rasterfläche auswertbare Grundwasser-oberfläche benötigt. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2017 im Auftrag des LANUV durch die Firma delta h ein zweidimensionales stationäres Grundwassermodell aufgebaut, welches sowohl die Lockergesteins- als auch die Festgesteinsgebiete in NRW abdeckt.

Neben anderen Wasserhaushaltskomponenten geht in das Modell die Grundwasserneubildung aus mGROWA ein. Das Modell kann für Grundwasserbilanzen und Dargebotsabschätzungen genutzt werden ebenso wie für die Abschätzung lateraler Strömungen über die Grenzen beliebig gewählter Bilanzräume. Weitere Details zum Aufbau und zur Anwendung des Modells können Beitrag 12 im Anhang A.12 entnommen werden. Bei konkreten Fragestellungen, die mithilfe des NRW-Grundwasserbilanzmodells beantwortet werden können, können entsprechende Informationen bei Fachbereich 52 im LANUV angefragt werden.

## 6.5 Regionalmodelle

Neben landesweiten Modellen zur Ermittlung der Grundwasserneubildung und anderen Bilanzgliedern, die bei Dargebotsabschätzungen Relevanz haben, existieren bei verschiedenen Akteuren zudem regional gültige Modelle, deren Datengrundlagen für verschiedene Teilräume des Landes NRW vorliegen. Dabei unterscheiden sich die Modelle explizit in ihrer Fragestellung für den definierten Teilraum. Einige dieser regional gültigen Modelle wurden im Workshop vorgestellt und diskutiert und sollen daher hier in den folgenden Unterkapiteln erwähnt werden.

### **6.5.1 Dörhöfer & Josopait (1980)**

Für eine konkrete Fragestellung zu einem wasserrechtlichen Antrag im Raum Versmold/Sassenberg/Füchtorf wurde zu Vergleichszwecken mit den unter 6.1 und 6.2 genannten ein an die Methode nach Dörhöfer & Josopait (1980) angelehntes Verfahren angewendet. Das eingesetzte Verfahren basiert dabei auf den folgenden fünf Grundlagenkarten, aus denen die Grundwasserneubildung vektorbasiert per GIS-Polygonverschneidung flächendifferenziert berechnet wurde:

1. Bodenbedeckungskarte mit Unterscheidung zur Landnutzung zwischen bebauten Flächen (Wohngebiete, Industriegebiete, Streubebauung), Waldflächen (Laub-, Nadel-, Mischwald), Acker/Grünland sowie Wasserflächen
2. Isohyeten-Karte im Maßstab 1:200.000 zur Niederschlagsverteilung in Abstimmung mit dem Deutschen Wetterdienst
3. Hangneigungs-Karte mit Unterscheidung vier verschiedener Hangneigungsklassen ( $0^{\circ}$ - $3^{\circ}$ ;  $3^{\circ}$ - $10^{\circ}$ ;  $10^{\circ}$ - $30^{\circ}$ ;  $>30^{\circ}$ )
4. Bodengruppen-Karte mit Einteilung der Böden in fünf Gruppen, unterschieden nach Wasserdurchlässigkeit bzw. nutzbarer Feldkapazität bzw. Sorptionsfähigkeit für Nährstoffe bzw. Ernteertrag bzw. Bodenwertzahl
5. Verdunstungs-Karte mit Unterscheidung verschiedener Kombinationen aus Landnutzung und Bodengruppe in neun verschiedenen Evapotranspirations-Stufen

Eine Abtrennung des Direktabflusses vom Gesamtabfluss erfolgt dabei über die Hangneigungskarte. Eine Abtrennung anderer Abflusskomponenten wird nicht vorgenommen, sodass im Ergebnis die Sickerwasserrate wiedergegeben wird, die in Bereichen größerer Flurabstände mit der Grundwasserneubildung gleichgesetzt werden kann. In Bereichen mit flurnahen Grundwasserständen kommen zudem Effekte des natürlichen Zwischenabflusses und des zusätzlichen, anthropogen bedingten Drainageabflusses zum Tragen, die bei dieser Methode unberücksichtigt bleiben. Weitere Details zum Pilotprojekt der Bezirksregierungen Münster und Detmold können dem Beitrag 2 in Anhang A.2 entnommen werden.

### **6.5.2 Schröder & Wyrwich (1990)**

Im Zeitraum 2009 – 2012 wurden im Rahmen einer vom Erftverband geleiteten „Arbeitsgruppe Grundwasserneubildung“ verschiedene im Rheinischen Braunkohlenrevier bis dato eingesetzte Verfahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung – darunter auch das Verfahren nach Schröder & Wyrwich (1990) vergleichend gegenübergestellt. Nach den Ergebnissen der Arbeitsgruppe Grundwasserneubildung (2012) geht das Verfahren nach Schröder & Wyrwich (1990) auf die Methode von Dörhöfer & Josopait (1980) zurück. Hierbei werden jedoch sechs anstatt fünf Landnutzungsklassen zugrunde gelegt sowie auch eine Flurabstandsklasse bei der Separation der Abflusskomponenten berücksichtigt, sodass dem natürlichen sowie anthropogen erzeugten Zwischenabfluss Rechnung getragen wird.

Auch hier werden Regionalisierungen langjähriger Mittelwerte der jährlichen Niederschlagssummen zugrunde gelegt und die Verdunstungshöhen unabhängig davon für verschiedene

Kombinationen aus Landnutzung und Bodenart angesetzt. Zum Einsatz kommt das Verfahren derzeit zur Ableitung der Grundwasserneubildung als abgestimmte Eingangsgröße für die Grundwasserströmungsmodelle des Rheinischen Braunkohlenreviers, die seitens des LANUV, der RWE Power AG und des Erftverbandes betrieben werden (vgl. auch Kap. 6.6.2). Die zeitliche Variation der ermittelten räumlich verteilten Grundwasserneubildung wird dazu durch eine Korrektur über Jahresfaktoren berücksichtigt. Weitergehende Informationen zum Ansatz nach Schröder & Wyrwich (1990) können Beitrag 9 im Anhang A.9, zur Ermittlung von Jahres- und Monatsfaktoren Beitrag 14 im Anhang A.14 entnommen werden.

### **6.5.3 NEW**

Anhand des Fallbeispiels eines wasserrechtlichen Antrages für die Wassergewinnung Amern wurde verdeutlicht, dass nicht allein die Grundwasserneubildung als Bemessungsgrundlage herangezogen werden kann. Im hier verwendeten „Nordraummodell der RWE Power AG“ wurden zur Bilanzierung des Grundwasserdargebots auch Ansprüche von Feuchtgebieten und anderer Grundwassernutzungen (öffentliche Wasserversorgung, gewerbliche Entnahmen, landwirtschaftliche Beregnung etc.) ebenso berücksichtigt wie Leakageraten zwischen den verschiedenen Grundwasserstockwerken, die hier aufgrund eines komplexen Stockwerksbaus durch grundwasserstauende Schichten voneinander abgegrenzt sind. Weitere Details zum Fallbeispiel können Beitrag 3 im Anhang A.3 entnommen werden.

### **6.5.4 GWneu (EWLW)**

Bei der Emscher Wassertechnik GmbH Lippe Wassertechnik GmbH wird zur Bearbeitung verschiedenster wasserwirtschaftlicher und wasserrechtlicher Fragestellungen das Bodenwasserhaushaltsmodell GWneu betrieben. Das Berechnungsverfahren ist ein vereinfachtes flächendifferenziertes Verfahren, das bei Berechnung des langjährigen Mittels ohne klimatische Bodenwasserbilanzen auskommt. Die einfache Anwendung durch Verwendung von Tabellen führt dazu, dass die Ergebnisse für alle Wasserhaushaltsgrößen leicht nachvollziehbar sind. Es besitzt besondere Anpassungen für urbane Räume (Befestigung, urbane Böden), ist aber ebenso in un bebauten Gebieten und Festgesteinsgebieten bzw. Mittelgebirge einsetzbar. Weitere Details zum Modell können Beitrag 10 im Anhang A.10 entnommen werden.

### **6.5.5 ARC-SIWA (ESRI, LINEG)**

Für das Verbandsgebiet der LINEG wurde in den 80er Jahren das erste Grundwassermodell zur Bemessung von Brunnenanlagen eingeführt, das im Laufe der Zeit immer wieder aktualisiert wurde. Heute betreibt die LINEG ein GW-Modell unter FEFLOW, das zwischen den Grenzen Rhein und Niers über 1000 km<sup>2</sup> umfasst und zur Lösung verschiedenster Fragestellungen herangezogen wird. Zur Ermittlung der Grundwasserneubildung dient das Modelltool ARC-SIWA, welches u. a. auf korrigierte Niederschlagsdaten und potentielle Evapotranspirationswerte zurückgreift.

Neben den klassischen Aufgaben der sondergesetzlichen Wasserverbände Nordrhein-Westfalens wie Abwasserbehandlung, Gewässerunterhaltung und -renaturierung hat die LINEG auch die Verpflichtung zur Grundwasserregulierung. Diese ist wegen der untertätigen Gewinnung von Steinkohle und Steinsalz und den damit verbundenen Bodensenkungen erforderlich. Daher betreibt die LINEG mittlerweile rd. 175 Polderanlagen, deren jährliche Fördermengen rd. 100 Mio. m<sup>3</sup> betragen. Zur Bemessung von Brunnenanlagen kommt das genannte Modell zum Einsatz. Weitere Details zum Modell können Beitrag 11 im Anhang A.11 entnommen werden.

### **6.5.6 Ibrahym-Modell (iMOD, MetaSWAP)**

Für ein Projekt zur Grenzüberschreitenden Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen auf der Rurscholle im Rheinischen Revier wurde ein in den Niederlanden betriebenes dreidimensionales, instationäres und gekoppeltes Grundwasserströmungsmodell auf Deutsche und Belgische Bereiche ausgeweitet. Die Berechnung der Grundwasserneubildung erfolgt durch den Programmcode MetaSWAP, der zur Modellierung der phreatischen Grundwasserströmung geeignet ist. Das vorhandene Modell wird auch für aktuelle Fragestellungen im grenzüberschreitenden Bewirtschaftungsraum der Rurscholle weiterhin angewendet. Weitere Details können der im Anhang A.21 beigefügten Kurzfassung entnommen werden.

## **6.6 Weitere Verfahren**

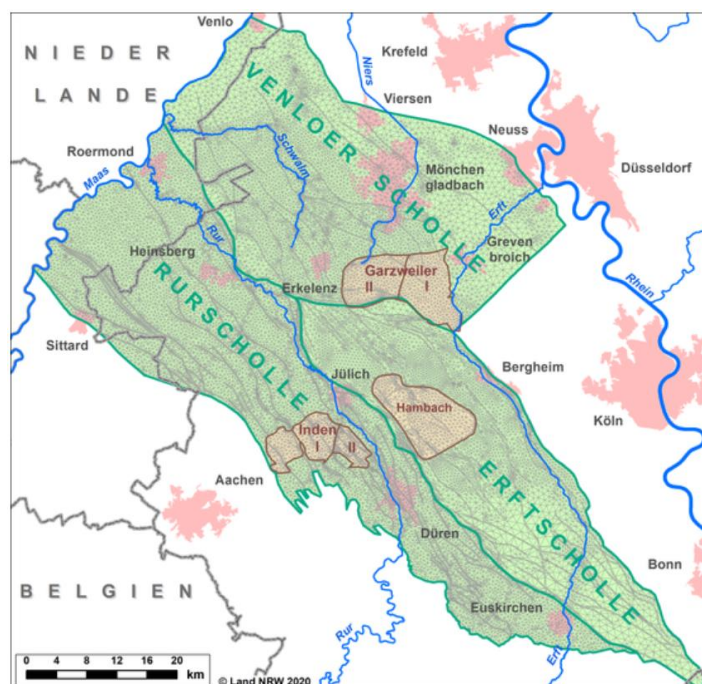
### **6.6.1 RUBINFLUX + SPRING**

Die von der delta h Ingenieurgesellschaft mbH entwickelte und betriebene sowie vertriebene Software SPRING wird von zahlreichen Anwendern zur hoch aufgelösten, stationären oder instationären sowie zwei- oder dreidimensionalen Grundwassermodellierung eingesetzt. Zur Berücksichtigung der Grundwasserneubildung ist eine direkte Koppelung mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell RUBINFLUX möglich. RUBINFLUX wurde für eine Studie zur Prognostizierung möglicher Auswirkungen von Veränderungen der Klimaparameter auf die mittleren und saisonalen Grundwasser- und Flurabstände in Zusammenarbeit mit der Ruhr-Universität Bochum im Auftrag der Stadt Düsseldorf entwickelt (Zepp et al., 2017).

Eine Besonderheit liegt hier in der gekoppelten Berechnung aller Komponenten des Direktabflusses. Die dabei berücksichtigten Grundwasserstände bzw. Flurabstände werden in direktem Austausch mit Oberflächengewässern modelliert. Somit sind zugleich Dargebotsabschätzungen und Bilanzierungen unter Berücksichtigung von Leakage und lateralen Strömungen möglich. Weitere Details zum Programmsystem können der im Anhang A.13 beigefügten Kurzfassung entnommen werden.

## 6.6.2 3D-Großraum-Grundwasserströmungsmodell des LANUV im Rheinischen Revier

Für wasserwirtschaftliche Fragestellungen im Zusammenhang mit der Braunkohlenförderung im Rheinischen Revier wird durch die Grundwasser Consulting Ingenieurgesellschaft GCI GmbH im Auftrag des LANUV ein instationäres 3D-Großraummodell betrieben (Abbildung 3). Das Modell wurde im Jahr 2007 aus den drei bestehenden Grundwassermodellen für die Venloer Scholle, die Erftscholle und die Rurscholle zu einem Modell zusammengesetzt und auf die Modellierungssoftware FEFLOW übertragen. Nach Modellanpassungen, Aktualisierung und Neukalibrierung steht das Modell für die Betrachtung des gesamten von aktivem Tagebau beeinflussten Teils des Rheinischen Reviers zur Verfügung.



**Abbildung 3:** Großraummodell des LANUV  
(Quelle: <https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/wasser/grundwasser/folgen-des-braunkohleabbaus/grundwassermodelle/grundwassergrossraummodell-rheinisches-revier>)

Vergleichbar mit dem Grundwassermodell der RWE Power AG und des Erftverbands wird das Großraummodell des LANUV in erster Linie für Grundwasserbewirtschaftungsfragen im Zusammenhang mit der Braunkohlenförderung eingesetzt. Als dazu erforderliche Eingangsgröße wird gemäß der Empfehlung der Arbeitsgruppe Grundwasserneubildung (2012) die flächendifferenziert ermittelte Grundwasserneubildung nach Schröder & Wyrwich (1990) eingesetzt (vgl. Kap. 6.5.2 und Anhang A.9). Aus zeitlicher Sicht stellen diese jedoch nur langjährige Mittelwerte dar. Da es sich beim Großraummodell des LANUV jedoch um ein instationäres Modell mit jährlicher Auflösung handelt, wird die jährliche Variation der Grundwasserneubildung durch Multiplikation mit den durch den Erftverband ermittelten Jahresfaktoren (vgl. Anhang A.14) berücksichtigt. Somit ergibt sich für jeden Modellknoten eine Zeitreihe der Grundwasserneubildung als Eingangsdatum zur Strömungsberechnung.



## 7 Zusätzliche Betrachtungen bei speziellen Anforderungen

Über die reine Berechnung der Grundwasserneubildung hinaus sind für Bewirtschaftungsfragen innerhalb der betrachteten Bilanzräume diverse weitere Aspekte zu beachten, die in verschiedenen Modellansätzen bereits berücksichtigt sein können. Diese Aspekte sollen hier zunächst aufgelistet werden. Dabei soll stets auf die Beiträge der Referentinnen und Referenten verwiesen werden, aus denen entsprechende Lösungsansätze hervorgehen. Schon bei der **Ermittlung der Grundwasserneubildung** sind unter anderem folgende Aspekte zu berücksichtigen, die je nach den lokalen Gegebenheiten eine große Rolle spielen können:

Liegen im Betrachtungsraum größere Anteile urban geprägter Flächen, so ist eine fundierte Abschätzung der Versiegelungsgrade unerlässlich. Je nach Art der gewählten Flächengestaltung können unterschiedliche Pflasterungen verschiedene Anteile des anfallenden Niederschlagswassers in die Bodenzone weitergeben. Eine Evapotranspiration aus dieser Bodenzone ist häufig ebenfalls stark verringert (Beispiel im Anhang A.10). Auch die Rolle undichter Abwasserkanäle kann bei intensiv urban geprägten Bilanzräumen als Bilanzglied mitunter nicht unbeachtet bleiben (Beispiel im Anhang A.10).

Liegen im Betrachtungsraum größere Anteile natürlich oder künstlich drainierter Flächen vor, in denen natürlicherweise ein sehr geringer Flurabstand vorherrscht, so ist der Unterscheidung zwischen ermittelten Sickerwasserraten und der Grundwasserneubildung besonderes Augenmerk erforderlich. Während einige der diskutierten Modelle zur Ermittlung der Sickerwasserrate dienen (vgl. z. B. Kap. 6.2 bzw. Anhang A.8), wird in anderen Fällen auch der Drainageabfluss bereits berücksichtigt (vgl. z. B. Kap. 6.1 bzw. Anhang A.7) und die tatsächliche Grundwasserneubildung berechnet (vgl. Kap. 3). Je nachdem, ob innerhalb des Bilanzgebietes große Flächen mit flurnahen Grundwasserverhältnissen vorliegen, können solche Modelle entsprechend stärker oder weniger stark voneinander abweichen (vgl. Anhang A.2).

### **Wahl des zu betrachtenden Bilanzraumes (Skaleneffekte, Grenzen)**

Zum einen können hier mitunter Skaleneffekte auftreten, die zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen der Bilanzierung führen können. Befinden sich in einer Region beispielsweise wenige größere Entnehmer, so kann eine Vergrößerung des Bilanzraumes dazu führen, dass eine große Entnahme rechnerisch über einen vergrößerten Gw-Neubildungsraum „verteilt“ wird. Die Bilanz wird dann „günstiger“ (Beispiel im Anhang A.2). Befinden sich in einer Region jedoch viele große Entnehmer in dichter räumlicher Nähe, so kann auch der umgekehrte Fall auftreten.

Die Wahl der Grenzen des Bilanzraumes kann sich ebenfalls auf das Ergebnis auswirken. Werden die Grenzen des Bilanzraumes zufällig (z. B. in Form eines Pufferraumes um die Entnahme) oder anhand politischer Verwaltungsgrenzen gewählt, so müssen die lateralen Überströme über die Grenzen berücksichtigt werden (Beispiele in den Anhängen A.2, A.5, A.9 und A.21). Auch wenn geologische Grenzen zur Definition des Bilanzraumes verwendet werden, muss darauf geachtet werden, ob es laterale Überströme über diese Grenzen geben kann (vgl. Kapitel 6.3 und Anhang A.17).

Werden Gewässer als Grenzen des Bilanzraumes gewählt, so muss abgeschätzt werden, ob und in welcher Menge eine Infiltration von Oberflächenwasser in das Grundwasser vorliegt oder ob und wie viel Grundwasser in das Oberflächengewässer abgegeben wird. Lediglich bei abgesicherten unterirdischen Wasserscheiden kann davon ausgegangen werden, dass keine Strömung über die Grenze des Bilanzraumes zu erwarten ist (Beispiele in Anhängen A.3 und A.18).

Bei ausgeprägtem Stockwerksbau innerhalb eines Bilanzraumes dürfen auch die hangenden und liegenden Begrenzungen des betrachteten GW-Stockwerks (überlagernde und unterlagernde Grundwasserstauer) nicht immer als gänzlich undurchlässige Bilanzraumgrenzen betrachtet werden (Beispiel im Anhang A.3).

### **Umgang mit Nutzungskonflikten bei konkurrierenden Grundwassernutzungen**

Bei der Bemessung der Wasserentnahmemengen auf der Grundlage des verfügbaren Angebotes sind die Ansprüche sämtlicher vorhandener „Grundwassernutzer“ (im weitesten Sinne) in ihrer Gesamtheit zu berücksichtigen, um mögliche Interessenskonflikte zwischen verschiedenen Entnahme-Kategorien und/oder naturschutzfachlichen Belangen von vornherein identifizieren und abwägen zu können:

Dabei ist zunächst erforderlich, alle Grundwasserentnehmer innerhalb der betrachteten Bilanzraumes zu kennen. Dabei muss, ausgehend von den Daten aus dem Wasserbuch oder den WasEG-Daten unterschieden werden zwischen Entnahmen aus tiefen Grundwasserstockwerken und oberem Stockwerk. Angaben zur Entnahmetiefe sind bisher jedoch weder im Wasserbuch noch in der WasEG-Datenbank vermerkt, so dass bisher separate Datenbanken (z. B. im Braunkohlerevier) berücksichtigt werden müssen. Eine Karte zum Vorkommen bedeutender Tiefengrundwassernutzungen findet sich in Abbildung 29 im Anhang A.17. Sind sehr viele erlaubnisfreie Entnehmer in einem Bilanzgebiet zu erwarten, so dürfen diese aufgrund summarischer Effekte nicht unberücksichtigt bleiben und müssen durch weitergehende Recherchen in Erfahrung gebracht bzw. abgeschätzt werden (Beispiel im Anhang A.2). Beispiele zum Umgang mit Inhabern mehrerer Wasserrechte finden sich im Anhang A.19.

Eine weitere Kategorie von „Grundwassernutzungen“ wird durch grundwasserabhängige Ökosysteme repräsentiert. Werden Feuchtbiotope in Gewässerursprungsbereichen durch austretendes Grundwasser gespeist und geprägt, so müssen die Wasserbedarfe dieser Ökosysteme in Form von Grundwassernutzungen ebenfalls als Bilanzglieder berücksichtigt werden. Beispiele für eine Berücksichtigung dieser Bilanzglieder sind unter anderem in Anhängen A.2, A.5, A.15 und A.19 zu finden. Ein entscheidender Aspekt hierbei ist neben der Dokumentation von Fördermengen auch die Auflage zur Überwachung der Entwicklung von Grundwasserständen an umliegenden Grundwassermessstellen, um zukünftigen Nachsteuerungsbedarf durch die Anpassung genehmigter Wasserentnahmen identifizieren zu können.

## 8 Standardisierungsansätze zur Bemessung von Wasserrechten

Um eine Vereinheitlichung der Vorgehensweise bei der Bemessung bzw. Bewertung wasserrechtlicher Anträge herbeizuführen wurden in verschiedenen Bereichen bereits Ansätze zur Standardisierung der Vorgehensweisen diskutiert bzw. definiert. So wurde beispielsweise für eine Teilregion in NRW eine Checkliste für Wasserrechtliche Anträge unter anderem zwischen Bezirksregierung Köln, Erftverband, und Landwirtschaftskammer NRW abgestimmt. In Niedersachsen wurde mit einem Mengengewirtschaftungserlass die politische Grundlage zur Standardisierung bereits geschaffen. Als weiterer Standardisierungsansatz wurde das neue DWA-Merkblatt M 590 vorgestellt. Diese Ansätze werden in den folgenden Abschnitten kurz umrissen und in den Beiträgen der Workshop-Referentinnen und Referenten weiter beschrieben.

### 8.1 Wasserrechtsverfahren im Erftverbandsgebiet

Im Rheinischen Braunkohlenrevier sind über die Empfehlungen der Arbeitsgruppe Grundwasserneubildung (Arbeitsgruppe Grundwasserneubildung, 2012) und ein Behördengespräch aus dem Jahr 2012 Festlegungen getroffen worden, dass die flächendifferenzierten Daten der Grundwasserneubildung nach GROWA (Niederschlag nach DWD) als einheitliche Beurteilungsgrundlage für wasserrechtliche Verfahren verwendet werden. Abweichungen von diesen Daten sind möglich, wenn belastbare Begründungen hierfür aufgezeigt werden. An wasserrechtliche Erlaubnisanträge, zum Beispiel für landwirtschaftliche Beregnungsbrunnen, werden, gestaffelt nach Jahreshöchstfördermengen, entsprechende Anforderungen an die Nachweise des nutzbaren Grundwasserdargebotes gestellt. Hierzu hat der Erftverband in Zusammenarbeit mit verschiedenen Wasserbehörden und der Landwirtschaftskammer im Jahr 2013 eine Checkliste erarbeitet (Erftverband, 2013, siehe Abbildungen 25 und 26 im Anhang A.15).

Hierin werden einerseits die Unterlagen aufgelistet, die wasserrechtlichen Anträgen für Beregnungsbrunnen beigelegt werden müssen (Lageinformationen und -pläne, Angaben zu Brunnenausbau und (geplanten) Fördermengen (mit Bedarfsnachweis)). Andererseits wird hier, in Abhängigkeit von der beantragten Förderleistung geregelt, welche zusätzlichen Auswertungen beizufügen sind:

Bei Fördermengen  $\leq 10.000 \text{ m}^3/\text{a}$ : Dargebotsnachweis nur bei Lage in Wasserschutzzone oder nahe grundwasserabhängiger Biotope erforderlich

Bei Fördermengen  $> 10.000 \text{ m}^3/\text{a}$  und  $\leq 50.000 \text{ m}^3/\text{a}$ : Dargebotsnachweis mit „Verträglichkeitsprüfung“ gegenüber Dritten (inkl. grundwasserabhängige Biotope)

Bei Fördermengen  $> 50.000 \text{ m}^3/\text{a}$ : Dargebotsnachweis mit „Verträglichkeitsprüfung“ gegenüber Dritten (inkl. grundwasserabhängige Biotope), Berechnung des Einzugsgebietes, Einbezug benachbarter Grundwassermessstellen

Zur Erstellung der Dargebotsnachweise wird darauf hingewiesen, dass diese „in der Regel durch einen Fachplaner zu erstellen“ sind. Insgesamt konnte eine hohe Akzeptanz der Vorgehensweise und damit ein hoher Standardisierungsgrad bei Antragstellern bzw. beratenden Ingenieurbüros erreicht werden. Weitere Details zum Standardisierungsansatz können Beitrag 15 im Anhang A.15, den zugehörigen Foliensatz sowie der Literatur (Erftverband, 2013) entnommen werden.

## 8.2 Mengenbewirtschaftungserlass in Niedersachsen

Anlässlich der Erstveröffentlichung des Runderlasses zur „Mengenmäßigen Bewirtschaftung des Grundwassers“ des Niedersächsischen Umweltministeriums vom 25.06.2007 wurde auf Veranlassung des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU) vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) unter Mitwirkung des MU, des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und der unteren Wasserbehörden (UWB) eine Verfahrensweise zur Abschätzung des Nutzbaren Dargebots entwickelt. Diese Verfahrensweise liegt auch der regelmäßigen Neuberechnung des Nutzbaren Dargebots mit aktualisierten Eingangsparametern für die Neuveröffentlichung des Runderlasses zu Grunde.

Bei der Verfahrensweise wurde zunächst für jeden Grundwasserkörper die Entwicklung des jährlichen Dargebots für einen zurückliegenden Zeitraum berechnet. Anschließend wurde das Trockenwetterdargebot als Mittelwert der Dargebote trockensten Jahre (unterhalb des 20. Perzentilwertes) berechnet. Im Weiteren Prozess wurden drei weitere Abschläge in Abzug gebracht, um geringen Ergiebigkeiten, Versalzungen und ökologischen Belangen Rechnung zu tragen:

- Für geringer ergiebige Grundwasserleiter („Ergiebigkeitsklasse 3“ nach der Karte der Entnahmebedingungen) wird ein Ergiebigkeitsabschlag auf Basis des Flächenanteils innerhalb der betrachteten Fläche in Abzug gebracht. Für diese Flächenanteile wird das verfügbare Trockenwetterdargebot um weitere 80 % verringert.
- Ein Versalzungsabschlag von 100 % bzw. 50 % des Trockenwetterdargebots wird in vollständig bzw. teilweise versalzten Teilflächen (Versalzungsklassen 1 und 2) in Abzug gebracht.

Es ergibt sich das gewinnbare Grundwasserdargebot. Durch Abzug bereits genehmigter Entnahmen (digitales Wasserbuch) ergibt sich wiederum die gewinnbare Grundwasserdargebotsreserve.

- Zur Ermittlung der nutzbaren Grundwasserdargebotsreserve muss zuletzt der Öko-Abschlag zur Berücksichtigung grundwasserabhängiger Ökosysteme wie folgt ermittelt werden:
  - Ermittlung von Flächenteilen mit kapillarem Aufstieg
  - Ermittlung von Flächenanteilen grundwassernaher Böden
  - Daraus Ermittlung der ökologischen Sensitivitätsklasse
  - Je nach ökologischer Sensitivitätsklasse kann der Abschlag zwischen 70 % und 90 % der technisch gewinnbaren Trockenwetterdargebotsreserve liegen, sodass nur zwischen 30 % und 10 % als nutzbare Dargebotsreserve verbleiben.

Übersteigen die genehmigten Entnahmen bereits das Trockenwetterdargebot, so wird der „Grundwasserkörper unter Beobachtung“ gesetzt und nur 1 % des Trockenwetterdargebots zur Sicherstellung des Genehmigungsspielraumes als Nutzbare Dargebotsreserve angesetzt.

Anschließend wurden die Bilanzräume anhand von Verwaltungsgrenzen weiter untergliedert. In Form eines Ampelsystems dienen die so ermittelten, gebietsbezogenen Grundwasserbilanzen den unteren Wasserbehörden als Grundlage für die Festlegung zur Erfordernis der Berechnung weiterer detaillierterer Bilanzierungen.

Grundsätzlich liegen entsprechende Datengrundlagen in NRW in Form folgender Kartenwerke bzw. Datenbanken vor:

- mGROWA-Modell zur Auswertung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildung auch für Trockenwetterverhältnisse
- GWK-Abgrenzungen als Bilanzräume zur Berechnung GWK-bezogener Trockenwetterdargebote je GWK
- Hydrogeologische Karte HK 100 zur Abschätzung von Ergiebigkeitsklassen für Ergiebigkeitsabschläge
- Versalzungen sind in NRW von geringerer Relevanz, dafür können Übertritte an der Grenze zwischen Locker- und Festgestein relevant werden
- Genehmigte und aktuelle Entnahmemengen aus digitalem Wasserbuch bzw. WasEG-Datenbank (erlaubnisfreie Entnahmemengen bisher weitgehend unbekannt)
- Flächen mit kapillarem Aufstieg und grundwassernahen Böden (Grundwasserstufen) aus digitaler Bodenkarte BK50

Weitere Details zur Vorgehensweise können Beitrag 5 im Anhang A.5 sowie der offiziellen Internetquelle (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2014) entnommen werden.

### **8.3 DWA-Merkblatt zur Bemessung des Bewässerungsbedarfs und dessen Anwendung in Niedersachsen**

Die Veränderung der räumlichen und zeitlichen Verteilung von Niederschlägen und der Verdunstungshöhen infolge des Klimawandels haben einen starken Anstieg des Bewässerungsbedarfs in Landwirtschaft und Gartenbau zur Folge. Zugleich wurden Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung (u.a. wegen Anforderungen an den mengenmäßigen Zustand des Grundwassers nach WRRL) zunehmend kritisch bewertet.

Da in den einzelnen Bundesländern mitunter sehr unterschiedliche Bewertungs- und Vorgehensweisen zum Umgang mit dieser Situation vorliegen, wurde im Rahmen einer Arbeitsgruppe der DWA ein neues Merkblatt M 590 „Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung“ entwickelt, das im Juni 2019 veröffentlicht wurde.

Ziel des Merkblatts war insbesondere die Entwicklung von bundesweit relativ leicht anwendbaren Methoden zur Ermittlung des mittleren jährlichen Zusatzwasserbedarfs in Abhängigkeit von spezifischen Boden-, Klima- und Kulturdaten und unter Berücksichtigung wasserrechtlicher Vorgaben. Dabei sollten sowohl die Anforderungen der Bewässerungspraxis als auch Grundsätze der Wasserwirtschaftsverwaltung berücksichtigt werden, um auf dieser Grundlage die oftmals konträren Interessen sachgerecht und fair abwägen zu können.

Hauptfokus des Merkblatts liegt dabei auf der Ermittlung des Bewässerungsbedarfs, dessen Abschätzung bzw. Nachweis zu den Hauptaspekten wasserrechtlicher Anträge aufseiten der Antragssteller zählt. Das Merkblatt weist aber auch auf die Notwendigkeit dargebotsseitiger Betrachtungen hin: „Eine Übernutzung der jeweiligen Grundwasserkörper ist zu vermeiden. Dazu ist die beantragte Entnahme auf das nachhaltig verfügbare Dargebot [Anm. d. Red.: entspricht dem nutzbaren Grundwasserdargebot] abzustimmen.“ Methodisch verweist das Merkblatt dazu (z. B. für den Niedersächsischen Fall) auf den Runderlass „Mengenmäßige Bewirtschaftung des Grundwassers“ des Niedersächsischen Umweltministeriums (Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz, 2014; vgl. Kap.8.3).

Weitere Informationen zum Inhalt des Merkblatts DWA M 590 können Beitrag 16 im Anhang A.16 sowie dem DWA-Merkblatt selbst entnommen werden (DWA, 2019). Ein Beitrag zur Genehmigungspraxis in NRW aus Sicht der Landwirtschaftskammer NRW mit thematischem Bezug zur bedarfsseitigen Ermittlung von Berechnungsmengen ist Beitrag 4 in Anhang A.4 zu entnehmen.

## **9 Einfluss des Klimawandels auf die Grundwasserneubildung bzw. auf das nutzbare Grundwasserdargebot**

Gerade in den letzten Jahren wurde deutlich, wie sich eine Veränderung der Klimaverhältnisse auf die Verfügbarkeit der Grundwasserressourcen und den Wasserbedarf auswirken können. Werden Niederschlagsmengen vermehrt zeitlich konzentriert oder räumlich anders verteilt und steigen Temperaturen und Evapotranspiration, so steigt auch der Bedarf, zur Sicherung einer kontinuierlichen Wasserzufuhr auch in langanhaltenden Trockenperioden auf das Grundwasser zurückgreifen zu können (DWA, 2019; Heidt & Müller, 2012; Engel et al., 2014; Herrmann et al., 2016; vgl. auch Kap. 8.3 sowie Anhänge A.4, A.16, A.20).

Um diesem auch zukünftig weiter steigenden Bedarf zur Grundwassernutzung zu entgegen sind auch Prognosen zur Entwicklung der Grundwasserneubildung erforderlich. Grundsätzlich können Veränderungen in der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Niederschläge und Verdunstungshöhen aufgrund der steigenden Lufttemperaturen zu einer verkürzten Grundwasserneubildungsphase führen. Dazu werden Simulationsrechnungen zur Entwicklung der Grundwasserneubildung für verschiedene atmosphärische Klimaprojektionen mithilfe des Modells mGROWA durchgeführt. Zur Ermittlung einer möglichen Spannweite zur Entwicklung der Grundwasserneubildung wurden dabei verschiedene Kombinationen globaler und regionaler Klimamodelle berechnet und auf die Robustheit der Aussage geprüft.

Im Ergebnis der Modellierungen kann festgehalten werden, dass in NRW in der vergangenen Dekade eine im Vergleich zur Periode 1981-2010 unterdurchschnittliche Grundwasserneubildung stattgefunden hat. Auch zukünftig können solche bis zu einer Dekade dauernden „Grundwasserdürren“ auftreten. Aus den Modellierungen geht jedoch auch hervor, dass die Ergebnisse der Klimaprojektionen nicht dauerhaft auf einem niedrigeren Grundwasserneubildungsniveau enden müssen. Es ergibt sich „kein robustes Änderungssignal“, sodass nach derzeitigem Kenntnisstand bis zum Ende des 21. Jahrhunderts langfristig im 30-jährigen Mittel nicht von einer signifikanten Änderung des Niveaus der Grundwasserneubildung auszugehen ist.

Die reine Betrachtung zur Entwicklung der Grundwasserneubildung und des Grundwasserdargebots kann zudem über Betrachtungen zum Beregnungsbedarf erweitert werden. Dazu kann das Bodenfeuchtedefizit in Abhängigkeit von Niederschlag, Evaporation und Fruchtfolge simuliert werden. Durch eine solche Erweiterung werden auch kurzfristige Prognosen zum Beregnungsbedarf ermöglicht und können weitere langfristige Entwicklungen analysiert werden. Weitere Informationen zu den Simulationen zur Änderung der Grundwasserneubildung infolge des Klimawandels können Beitrag 20 im Anhang A.20 entnommen werden.

## 10 Fazit

Mehrheitlich wurde im Ergebnis der Workshoptage der Wunsch nach landesweiten Leitlinien zur Vergabe von Wasserrechten geäußert. Dabei wurde jedoch auf folgende Aspekte hingewiesen:

- Die Methoden müssen auch für praktische Fragestellungen schnell und einfach anwendbar sein.
- Die Grundwasserneubildung (z. B. aus einem landesweit einheitlichen Modell, z. B. mGROWA) wird als Grundlage immer benötigt. Die Daten des mGROWA finden in allen Teilen von NRW verbreiteten Einsatz. Die vereinfachte Gegenüberstellung von Neubildungsrate zur Summe der Entnahmen auf Ebene von GWK ist jedoch nicht sachgerecht. Eine Begrenzung ist notwendig, die dem langfristig nutzbaren Dargebot und der Summe aus genehmigten und erlaubnisfreien Entnahmemengen Rechnung trägt.
- Eine flächendeckende landesweite Modellierung der Grundwasserneubildung einschließlich der übrigen Abflusskomponenten ist mit dem mGROWA-Modell vorhanden. Diese vereinfachte Betrachtungsweise reicht jedoch nur in wenigen Fällen aus. In anderen Fällen sind und bleiben Detailbetrachtungen mit anderen Methoden zur Berücksichtigung zusätzlicher Aspekte erforderlich. In diesen Fällen dient das mGROWA-Modell häufig als Grundlage für die Überprüfung hinsichtlich weiterer Anforderungen (z. B. Ermittlung Dargebot; Verfeinerung um spezifische Eingangsdaten).

Nach übereinstimmender Ansicht der Teilnehmenden aus NRW ist ein Erlass oder eine anderweitige landesweite Regelung zur Mengenbewirtschaftung in NRW sinnvoll. Diese Regelung sollte v.a. die zentrale Erfassung von Wasserrechten, Entnahmen, Wasserstandsdaten und Einleitungen in das Grundwasser in HygrisC verbindlich regeln. Die Datenerfassungstechnik sollte verbessert werden (Schnittstelle, evtl. web-Lösung). Ein „Dürremanagement“ reicht nicht aus. Auch eine Konzentrierung auf bestimmte Gebiete in NRW reicht nicht aus. Die Regelung wird flächendeckend und dauerhaft benötigt, schon als Grundlage für erforderliche Bewirtschaftungsvorgaben im Falle von Nutzungskonkurrenzen. Für die Erfassung und ggf. Regulierung von Bewässerungsmengen wurden verschiedene Vorschläge erarbeitet (siehe Ergebnisse der Gruppenarbeit in Anhang B).

Von den in Kapitel 4 und Anhang A.1 zusammengefassten regulatorischen Anforderungen (Anzeige- und Erlaubnispflicht nach WHG (bzw. § 32 LWG); Monitoring und Übermittlung / digitale Zusammenführung der Entnahmen- und Wasserstandsdaten im Rahmen wasserrechtlicher Nebenbestimmungen nach § 13) muss stringent und einheitlich Gebrauch gemacht werden. Insgesamt lassen sich aus dem Workshop die folgenden Ergebnisse festhalten:

- Die Mehrheit der Teilnehmenden des Workshops spricht sich für einen landesweiten Erlass oder anderweitige landesweite Regelungen aus, um die genehmigten Entnahmemengen in Relation zum nutzbaren Dargebot zu begrenzen. Dazu wäre ein einheitliches Ableitungsschema hilfreich, welches jedoch die Möglichkeit offenlassen sollte, lokale / regionale Besonderheiten spezifisch zu regeln.
- Als Grundlage könne auf das Vorgehen in Niedersachsen (Mengenbewirtschaftungserlass, vgl. Kapitel 8.2 bzw. Anhang A.5) zurückgegriffen werden.



- Ebenfalls mithilfe eines landesweiten Erlasses oder anderweitiger landesweiter Regelungen könne eine Vereinheitlichung und Vervollständigung der Erfassung von Entnahmemengen erzielt werden, die zur adäquaten Bestimmung des verfügbaren Grundwasserangebots als dringend erforderlich angesehen wird. Dazu werden auch DV-technische Lösungen zur (Direkt-)Eingabe von Fördermengen erforderlich. Unabdingbar sind Regelungen zur behördlichen Plausibilitäts-Kontrolle. Jährliche Entnahmemengen sind dabei nicht ausreichend. Problematisch sind die bestehenden erlaubnis- und entgeltfreien Entnahmetatbestände. Diese Datenlücken müssen geschlossen werden (z. B. Anpassung WasEG, Erfassungspflichten, HygrisC).
- Auf die Wichtigkeit landesweiter Datengrundlagen (Entnahmedaten, Grundwasserneubildung, Grundwasserstände) wird hingewiesen
- Auch wird mehrheitlich darauf hingewiesen, dass zur Erfüllung der Bewirtschaftungsziele nach WHG (vgl. Kapitel 4 bzw. Anhang A.1) seitens der Behörden noch stringenter von Nebenbestimmungen (Vorgaben für das Monitoring, Erhebung Referenzdaten, Festlegung Grenzwerte, Ergebnisübermittlung) Gebrauch gemacht werden muss. Dies ist auch notwendig, um etwaige Auswirkungen auf den guten mengenmäßigen GW-Zustand feststellen und regulatorisch eingreifen zu können.

## 11 Literatur

- Ad-hoc-AG Boden (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Aufl., 438 S., Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.
- Arbeitsgruppe Grundwasserneubildung (2012): Flächendifferenzierte Ermittlung der Grundwasserneubildung im Rheinischen Braunkohlenrevier. – Abschlussbericht, Erftverband. – [<http://erftverband.de/wp-content/uploads/2014/10/3-3-gw-neubildung-bericht.pdf>]
- Bergström, S.; Forsman, A. (1973): Development of a conceptual deterministic rainfall-runoff model. - Nordic Hydrology 4, 147-170.
- Beven, K. J.; Kirkby, M. J. (1979): A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. – Hydrological Sciences Bulletin 24(1), 43-69.
- Bucher, B. (1999): Die Analyse von Grundwasserganglinien mit dem Wiener-Mehrkanal-Filter. – Grundwasser, 4, 113 – 118.
- Crawford, N. H.; Linsley, R.K. (1966): Digital Simulation in Hydrology: Stanford Watershed Model IV. – Stanford University Technical Report 39.
- Dörhöfer, G.; Josopait, V. (1980): Eine Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. – Geologisches Jahrbuch, Reihe C, Heft 27, 45 – 65, Schweizerbart, Hannover, Stuttgart.
- DVWK (2002): Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. – Merkblatt ATV-DVWK-M 504 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 144 S., GFA, Hennef.
- DWA (2019): Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung. – Merkblatt DWA-M 590 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., 83 S., DWA, Hennef.
- Engel, N.; Müller, U.; Schäfer, W. (2012): BOWAB - Ein Mehrschicht-Bodenwasserhaushaltsmodell. GeoBerichte - Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, 20: 85-98.
- Erftverband (2013): Checkliste für Anträge auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis zur Grundwasserentnahme für die landwirtschaftliche Beregnung.
- Glugla, G.; Fürtig, G. (1997): Dokumentation zur Anwendung des Rechenprogrammes ABIMO. - Bundesanstalt für Gewässerkunde, Außenstelle Berlin, 19 S.
- Haude, W. (1955): Zur Bestimmung der Verdunstung auf möglichst einfache Weise.- Mitt. dt. Wetterdienst 11, 1-24; Bad Kissingen
- Healy, R. W.; Cook, P.G. (2002): Using groundwater levels to estimate recharge. – Hydrogeology Journal 10, 91-109.
- Heidt, L.; Müller, U. (2012): Veränderung der Beregnungsbedürftigkeit in Niedersachsen als Folge des Klimawandels. – WasserWirtschaft 1-2/2012, 80-84.

- Herrmann, F.; Chen, S.; Heidt, L.; Elbracht, J.; Engel, N.; Kunkel, R.; Müller, U.; Röhm, H.; Vereecken, H.; Wendland, F. (2013): Zeitlich und räumlich hochaufgelöste flächendifferenzierte Simulation des Landschaftswasserhaushalts in Niedersachsen mit dem Model mGROWA. – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 57(5), 206-224. DOI: 10.5675/HyWa\_2013,5\_2
- Herrmann, F.; Chen, S.; Kunkel, R.; Wendland, F. (2014): Auswirkungen von Klimaänderungen auf das nachhaltig bewirtschaftbare Grundwasserdargebot und den Bodenwasserhaushalt in Nordrhein-Westfalen. Forschungszentrum Jülich GmbH – [[https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/auswirkungen\\_klimaaenderungen\\_auf\\_grundwasserdargebot\\_und\\_bodenwasserhaushalt\\_nrw.pdf](https://www.flussgebiete.nrw.de/system/files/atoms/files/auswirkungen_klimaaenderungen_auf_grundwasserdargebot_und_bodenwasserhaushalt_nrw.pdf)].
- Herrmann, F.; Hübsch, L.; Elbracht, J.; Engel, N.; Keller, L.; Kunkel, R.; Müller, U.; Röhm, H.; Vereecken, H.; Wendland, F. (2017): Mögliche Auswirkungen von Klimaänderungen auf die Grundwasserneubildung in Niedersachsen. – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 61(4), 245-261. DOI: 10.5675/HyWa\_2017,4\_3
- Herrmann, F.; Keller, L.; Kunkel, R.; Vereecken, H.; Wendland, F. (2015): Determination of spatially differentiated water balance components including groundwater recharge on the Federal State level – A case study using the mGROWA model in North Rhine-Westphalia (Germany). – *Journal of Hydrology: Regional Studies* 4, 294-312. DOI: 10.1016/j.ejrh.2015.06.018
- Herrmann, F.; Kunkel, R.; Ostermann, U.; Vereecken, H.; Wendland, F. (2016): Projected impact of climate change on irrigation needs and groundwater resources in the metropolitan area of Hamburg (Germany). – *Environmental Earth Sciences* 75(14). DOI: 10.1007/s12665-016-5904-y
- Huebener, H.; Hoffmann, P.; Keuler, K.; Pfeifer, S.; Ramthun, H.; Spekat, A.; Steger, C.; Warach-Sagi, K. (2017): Deriving user-informed climate information from climate model ensemble results. *Advances in Science and Research*, 14: 261-269. DOI: 10.5194/asr-14-261-2017
- Hydrotec (1994): Ermittlung flächendetaillierter und zeitabhängiger Werte der Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet der Schwalm. – Unveröffentlichtes Gutachten.
- Hydrotec (2020): NASIM 5.0 mit Geodatenhaltung. – [<https://www.hydrotec.de/nasim-5-0-ist-verfuegber/>]
- König, C.M.; Becker, M.; Diehl, A.; Seidel, T.; Rosen, B.; Rüber, O.; Zimmermann, C. (2019): SPRING, Benutzerhandbuch, Version 5. – [<https://spring.delta-h.de/>].
- Kunkel, R.; Wendland, F. (2002): The GROWA98 model for water balance analysis in large river basins – the river Elbe case study. – *Journal of Hydrology* 259, 152-162.
- Liebscher, H.J.; Keller, R. (1979): Abfluss. – In: DFG: Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland: 90 – 159.
- Meßer, J. (1997): Auswirkungen der Urbanisierung auf die Grundwasser-Neubildung im Ruhrgebiet unter besonderer Berücksichtigung der Castroper Hochfläche und des Stadtgebietes Herne. – DMT-Berichte aus Forschung und Entwicklung, Heft 58, Bochum.

- Neumann, J. (2004): Flächendifferenzierte Grundwasserneubildung von Deutschland – Entwicklung und Anwendung des makroskaligen Verfahrens HAD-GWNeu. – Dissertation Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 137 S.; Halle.
- NEW AG (2012): Wetter und Wasser. Wasserhaushalt in Mönchengladbach. – Öffentliche Broschüre.
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2014): Verfahrensweise zur Abschätzung des Nutzbares Dargebots von Grundwasserkörpern und seine Aufteilung auf die Teilkörper der unteren Wasserbehörden. – [[https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/78608/Verfahrensweise\\_zur\\_Abschaetzung\\_des\\_Nutzbaeren\\_Dargebots\\_von\\_Grundwasserkoerpern\\_und\\_seine\\_Aufteilung\\_auf\\_die\\_Teilkoeper\\_der\\_unteren\\_Wasserbehoerden.pdf](https://www.umwelt.niedersachsen.de/download/78608/Verfahrensweise_zur_Abschaetzung_des_Nutzbaeren_Dargebots_von_Grundwasserkoerpern_und_seine_Aufteilung_auf_die_Teilkoeper_der_unteren_Wasserbehoerden.pdf)]
- Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2015/2018): Mengemäßige Bewirtschaftung des Grundwassers. – RdErl. d. MU v. 29.05.2015 – 23-62011/010 – VORIS 28200 – geändert durch RdErl. d. MU vom 13.11.2018, Nds. MBl. S. 1502. – [<https://www.umwelt.niedersachsen.de/grundwasser/bewirtschaftung/mengemaelige-bewirtschaftung-des-grundwassers-8270.html>]
- Pancholi, V. (2015): Seminar on hydrological modelling. – [<https://www.slideshare.net/vishvamPancholi/seminar-on-hydrological-modelling>].
- Pfeifer, S.; Bülow, K.; Gobiet, A.; Hänslers, A.; Mudelsee, M.; Otto, J.; Rechid, D.; Teichmann, C.; Jacob, D. (2015): Robustness of Ensemble Climate Projections Analyzed with Climate Signal Maps: Seasonal and Extreme Precipitation for Germany. *Atmosphere*, 6(5): 677-698. DOI: 10.3390/atmos6050677Wasserhau
- Refsgaard, J.C.; Storm B. (1995): MIKE SHE. – In: *Computer models of Watershed Hydrology*, V. P. Singh [Ed.]. – Water Resources Publications, Colorado, USA, 809-846.
- Renger, M.; Strebel, O.; Giesel, W. (1974): Beurteilung bodenkundlicher, kulturtechnischer und hydrologischer Fragen mit Hilfe von Wasserbilanz und bodenphysikalischen Kennwerten. - *Z. Kulturtech. und Flurbereinig.*, 15; 353 – 366; Bremen.
- Scheffer, F.; Schachtschabel, P. (1984): *Lehrbuch der Bodenkunde*. 11. Aufl. – Stuttgart (Enke).
- Schröder, M.; Wyrwich, D. (1990): Eine in Nordrhein-Westfalen angewendete Methode zur flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildung. – *Deutsche Gewässerkundliche Mitteilungen* 34 (1/2):12-16, Koblenz.
- Schulla, J.; Jasper, K. (1998): *Modellbeschreibung WaSiM-ETH*. – [[http://www.wasim.ch/downloads/doku/wasim/wasim\\_1998\\_de.pdf](http://www.wasim.ch/downloads/doku/wasim/wasim_1998_de.pdf)]
- USGS (2020): *Precipitation Runoff Modeling System (PRMS)*. – [<https://www.usgs.gov/software/precipitation-runoff-modeling-system-prms>].
- Vermeulen, P.T.M.; op den Kelder, T. (2020): *The impact of Groundwater Extractions in the Roer Valley Graben* – [[www.limburg.nl/publish/pages/963/the\\_impact\\_of\\_groundwater\\_extractions\\_in\\_the\\_roer\\_valley\\_graben\\_1.pdf](http://www.limburg.nl/publish/pages/963/the_impact_of_groundwater_extractions_in_the_roer_valley_graben_1.pdf)]

- Vermeulen, P.T.M.; Roelofsen, F.J.; Minnema, B.; Burgering, L.M.T.; Verkaik, J.; Rakotonirina, A.D. (2018): iMOD User Manual. Version 4.4, 2019. Deltares, The Netherlands. – [[oss.deltares.nl/web/imod/user-manual](https://oss.deltares.nl/web/imod/user-manual)].
- Van Walsum, P.E.V.; Groenendijk, P. (2008): Quasi steady-state simulation of the unsaturated zone in groundwater modeling of lowland regions. *Vadose Zone J.* 7, 769–781.
- Zepp, H.; König, C.M.; Kranl, J.; Becker, M.; Werth, B.; Rathje, M. (2017): Implizite Berechnung der Grundwasserneubildung (RUBINFLUX) im instationären Grundwasserströmungsmodell SPRING. Eine neue Methodik für regionale, räumlich hochaufgelöste Anwendungen. – *Grundwasser* 22(2), 113-126.

## A. Kurzfassungen der Präsentationen

### A.1. Beitrag 1 – Wasserrechtliche Grundlagen

Autorin: Dr. Sabine Bergmann, LANUV NRW

#### Gewässerbewirtschaftung (WHG)

Nach § 6 des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG, 2010) sind Gewässer nachhaltig zu bewirtschaften. Die **sieben Ziele der nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung** umfassen:

1. Erhalt von Funktions- u. Leistungsfähigkeit im Naturhaushalt, Schutz vor Verschlechterung,
2. Schutz vor Beeinträchtigungen des Wasserhaushalts, dazu zählen die von Gewässern abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete, sowie Ausgleichsmaßnahmen,
3. Nutzung der Gewässer zum Wohl der Allgemeinheit, auch im Einklang mit Einzelinteressen,
4. Erhaltung und Schaffung der Nutzungsmöglichkeiten insbesondere für die öffentliche Wasserversorgung,
5. Verbeugung möglicher Folgen des Klimawandels,
6. Erhalt natürlicher und schadloser Abflussverhältnisse, Rückhaltung des Wassers in der Fläche, Hochwasserschutz und
7. Schutz der Meeresumwelt.

Wenn das Wasser nach Menge oder Beschaffenheit nicht für alle Benutzungen ausreicht oder zumindest eine Benutzung beeinträchtigt ist und wenn das Wohl der Allgemeinheit es erfordert, können nach § 22 WHG („**Ausgleich zwischen konkurrierenden Gewässerbenutzungen**“) Art, Maß und Zeiten der Gewässerbenutzung im Rahmen von Ausgleichsverfahren geregelt oder beschränkt werden. Der Ausgleich ist unter Abwägung der Interessen der Beteiligten und des Wohls der Allgemeinheit sowie unter Berücksichtigung des Gemeingebrauchs nach pflichtgemäßem Ermessen festzulegen.

Die **Bewirtschaftungsziele für das Grundwasser** sind in Kapitel 4 (WHG), §§ 46-48 geregelt. Nach § 47 WHG ist das Grundwasser so zu bewirtschaften, dass

1. eine Verschlechterung seines mengenmäßigen und seines chemischen Zustands vermieden wird;
2. alle signifikanten und anhaltenden Trends ansteigender Schadstoffkonzentrationen (...) umgekehrt werden;
3. ein guter mengenmäßiger und ein guter chemischer Zustand erhalten oder erreicht werden; zu einem guten mengenmäßigen Zustand gehört insbesondere ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung.

Die Ziele sind bis zum 22. Dezember 2015 zu erreichen. Fristverlängerungen und Ausnahmen (Festlegung weniger strenger Umweltziele) sind nur in bestimmten Fällen bzw. begrenzt möglich (Ausnahmetatbestände nach §§ 30, 31 WHG).

### **Wasserrechtliche Erlaubnisverfahren**

Nach § 8 WHG bedarf die Benutzung eines Gewässers grundsätzlich einer Erlaubnis (oder Bewilligung). Nach § 9 fallen darunter auch das Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten und Ableiten von Grundwasser. Nach der § 1 Zuständigkeitsverordnung Umweltschutz (ZustVU) sind die unteren Umweltschutzbehörden (in diesem Fall untere Wasserbehörden) sachlich zuständig für den Vollzug hinsichtlich wasserrechtlicher Anträge, soweit nichts anderes bestimmt ist. Davon abweichend sind die Bezirksregierungen als obere Umweltschutzbehörden zuständig bei Anträgen im Zusammenhang mit Anlagen nach Anhang I ZustVU für die öffentliche Wasserversorgung bei Entnahme von mehr als 600.000 m<sup>3</sup>/a sowie mit den sogenannten „Zaunanlagen“.

**Erlaubnisfreie Benutzungen des Grundwassers** nach § 46 sind: Entnehmen, Zutagefördern, Zutageleiten oder Ableiten von Grundwasser für folgende Zwecke:

1. für den Haushalt, für den landwirtschaftlichen Hofbetrieb, für das Tränken von Vieh außerhalb des Hofbetriebs oder in geringen Mengen zu einem vorübergehenden Zweck,
2. für Zwecke der gewöhnlichen Bodenentwässerung landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzter Grundstücke,

soweit keine signifikanten nachteiligen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt zu besorgen sind; (...). Durch Landesrecht kann nach Absatz 3 bestimmt werden, dass (...) eine Bewilligung in den Fällen der v.g. Absätze erforderlich ist.

Damit können bislang „erlaubnisfreie“ Tatbestände im Bedarfsfall auch weiter eingegrenzt werden. Insbesondere muss darauf hingewiesen werden, dass entgegen verbreiteter Auffassung das Viehtränkwasser nicht per se erlaubnisfrei entnommen werden kann, sondern nur, wenn das Vieh auf der Weide gehalten wird, und generell darf es nach WHG erlaubnisfreie Entnahmen nur geben, wenn keine signifikanten Auswirkungen auf den Wasserhaushalt zu besorgen sind. Erhebliche Mengen können jedoch dem Grundwasser über Bodenentwässerungsmaßnahmen entzogen werden. Theoretisch kann die Wasserbehörde jedoch auch hier von Absatz 3 (Erfordernis einer Bewilligung) Gebrauch machen, wenn dies entsprechend Absatz 2 geboten ist.

### **Grundsätze der Wasserversorgung (WHG)**

Bei der Gewässerbewirtschaftung genießt die öffentliche Wasserversorgung einen Vorrangstatus. Die Bestimmungen für die öffentliche Wasserversorgung sind in §§ 50 ff geregelt. Nach § 50 Absatz 1 WHG ist die der Allgemeinheit dienende Wasserversorgung (öffentliche Wasserversorgung) als eine Aufgabe der Daseinsvorsorge definiert. Präzisierungen für das Land NRW regelt § 37 LWG in der jeweils geltenden Fassung. Eine geplante Änderung von Absatz (2) soll dabei regeln, dass die öffentliche Wasserversorgung nur dann Vorrang vor

anderen Wasserentnahmen hat, wenn das zutage geförderte Wasser vorrangig zur Trinkwasserversorgung genutzt wird.

Nach § 50 Absatz 2 gilt für die Gewinnung des Rohwassers für die öffentliche Wasserversorgung das Ortsnäheprinzip: Soweit überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit dem nicht entgegenstehen, ist der Wasserbedarf der öffentlichen Wasserversorgung vorrangig aus ortsnahen Wasservorkommen zu decken. Mit Wasser aus ortsfernen Wasservorkommen darf der Bedarf insbesondere dann gedeckt werden, wenn eine Versorgung aus ortsnahen Wasservorkommen nicht in ausreichender Menge oder Güte oder nicht mit vertretbarem Aufwand sichergestellt werden kann. Diese Regelung setzt allerdings voraus, dass die Menge der örtlichen Grundwasserressource (nutzbares Grundwasserdargebot) sowie der Bedarf bekannt sind. Im Gegenzug haben aufgrund dieser Bevorzugung die Träger der öffentlichen Wasserversorgung auf einen sorgsamen Umgang mit Wasser hinzuwirken (§ 50 Absatz 3).

### **Anforderungen des guten mengenmäßigen Zustands (GrwV)**

Nach § 4 Grundwasserverordnung (GrwV, 2010) hat die zuständige Behörde den mengenmäßigen Zustand des Grundwassers als gut oder schlecht einzustufen. Die Definition findet sich in § 4 Absatz 2 GrwV. Der mengenmäßige Zustand des Grundwassers ist gut, wenn

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

Dies wiederum setzt voraus, dass die Behörde erstens die langfristige mittlere jährliche Grundwasserentnahme und zweitens das nutzbare Grundwasserdargebot kennt. Drittens: Bei den beschriebenen Auswirkungen fallender Grundwasserstände handelt es sich um Symptome eines – ggf. auch nur lokal vorhandenen – Bilanzdefizits. Der gute Zustand wird nach § 4 Absatz 2 Nr. 2 nicht erst dann verfehlt, wenn die Symptome einer Übernutzung der Ressource Grundwasser (trockenfallendes Gewässer; Schädigung eines grundwasserabhängigen Landökosystems; Zustrom von salz- oder schadstoffhaltigem Wasser durch lateralen oder vertikalen Zustrom infolge der Entnahmen) bereits erkennbar bzw. eingetreten sind.



Vielmehr muss durch geeignete hydrogeologische Konzeptmodelle (CIS-Leitfäden Nr. 26 zur Umsetzung der EG-Grundwasserrichtlinie) bereits die Möglichkeit des zukünftigen Eintretens solcher (auch nur lokaler) Auswirkungen eines bilanziellen Defizits aufgrund einer Gewässerbenutzung behördlich feststellbar sein. Der gute mengenmäßige Zustand kann also, selbst wenn die langfristige mittlere jährliche Entnahme das nutzbare Grundwasserdargebot nicht übersteigt, nur dann ausgewiesen werden, wenn sichergestellt ist, dass die genannten Bewirtschaftungsziele für die mit dem Grundwasser verbundenen Oberflächengewässer, grundwasserabhängigen Landökosysteme und für die Qualität des Grundwassers aufgrund menschlicher Tätigkeiten, die sich auf Grundwasserstände, Quellschüttung oder Fließrichtung des Grundwassers auswirken können, auch zukünftig nicht verfehlt werden. Es bestehen also hohe Ansprüche an Daten- und Fachgrundlagen und es werden geeignete Konzeptmodelle vorausgesetzt.

### **Anforderungen an die Datenerhebung zur Feststellung des Risikos**

Nach § 3 GrwV müssen Grundwasserkörper, bei denen das Risiko besteht, dass sie die Bewirtschaftungsziele nach § 47 des WHG (s.o.) nicht erreichen, von der Behörde als „gefährdet“ eingestuft werden. Von einem solchen Risiko ist nach § 3 GrwV u.a. auszugehen, wenn zu erwarten ist, dass (...) die mittlere jährliche Grundwasserentnahme das nutzbare Grundwasserdargebot übersteigt. Für gefährdete Grundwasserkörper nach Absatz 1 ist eine weitergehende Beschreibung nach Anlage 1 Nummer 2 und Nummer 3 GrwV durch die zuständige Behörde vorzunehmen, um das Ausmaß des Risikos, dass sie die Bewirtschaftungsziele nicht erreichen, genauer beurteilen zu können, und um zu ermitteln, welche Maßnahmen in das Maßnahmenprogramm nach § 82 des Wasserhaushaltsgesetzes aufzunehmen sind. Nach § 3 Absatz 3 hat die zuständige Behörde zum 22. Dezember 2013 und danach alle sechs Jahre diese weitergehende Beschreibung nach Absatz 2 zu überprüfen und zu aktualisieren.

Diese Beschreibung (allgemeine Beschreibung nach Anlage 1 GrwV), die für alle GWK erforderlich ist, muss mindestens enthalten:

- 1.1 Lage und Grenzen der Grundwasserkörper,
- 1.2 Belastungen, denen der Grundwasserkörper ausgesetzt sein kann, einschließlich:
  - 1.2.1 diffuser Schadstoffquellen,
  - 1.2.2 punktueller Schadstoffquellen,
  - 1.2.3 Grundwasserentnahmen,
  - 1.2.4 künstlicher Grundwasseranreicherungen,
- 1.3 eine allgemeine Charakteristik der Deckschichten über dem Grundwasser im Einzugsgebiet, aus dem die Grundwasserneubildung erfolgt,
- 1.4 Grundwasserkörper, von denen Oberflächengewässerökosysteme oder Landökosysteme direkt abhängig sind (...) sowie Landnutzungs-, Einleitungs- und Entnahmedaten. (...).

Des Weiteren sind die Auswirkungen relevanter menschlicher Tätigkeiten auf das Grundwasser zu beschreiben (weitergehende Beschreibung). Dabei sind, soweit für die Beurteilung des Grundwasserkörpers bzw. der Grundwasserkörpergruppe bzw. zur Einschätzung des Risikos relevant, nach Anlage 1 (Nr. 2 +3) der Grundwasserverordnung 2010 (2017) folgende Informationen einzuholen:

- 2.1 geologische Eigenschaften,
- 2.2 hydrogeologische Eigenschaften,
- 2.3 Eigenschaften der Deckschichten und Böden des Einzugsgebiets, aus dem die Grundwasserneubildung erfolgt, (...),
- 2.4 Schichtungen im Grundwasser,
- 2.5 Bestandsaufnahme der Oberflächengewässer- und Landökosysteme, die mit dem Grundwasser hydraulisch verbunden sind,
- 2.6 Abschätzung der Grundwasserfließrichtung und der Wasseraustauschraten zwischen dem Grundwasserkörper und den in hydraulischer Verbindung stehenden Oberflächengewässern,
- 2.7 ausreichende Daten für die Berechnung der langfristigen mittleren jährlichen Grundwasserneubildung,
- 2.8 Beschreibung der chemischen Zusammensetzung des GW, einschließlich der Einträge aus menschlichen Tätigkeiten; (...).

Für alle über die Staatsgrenzen in hydraulischer Hinsicht hinausreichenden („grenzüberschreitenden“) sowie für alle nach § 3 GrwV als „gefährdet“ eingestuftten Grundwasserkörper sind, soweit für die Beurteilung relevant, nach § 2 Absatz 1 und § 3 Absatz 2 darüber hinaus folgende Informationen zu erfassen und aufzubewahren:

- 3.1 Entnahmestellen, aus denen  $\geq 10$  m<sup>3</sup>/Tag entnommen oder  $\geq 50$  Personen versorgt werden, und zwar:
  - 3.1.1 Lage der Entnahmestelle,
  - 3.1.2 mittlere jährliche Entnahmemenge,
  - 3.1.3 chemische Zusammensetzung des entnommenen Wassers.
- 3.3 Unmittelbare Einleitungen von Wasser in das Grundwasser, und zwar:
  - 3.3.1 Lage der Einleitungsstelle,
  - 3.3.2 Einleitungsmengen,
  - 3.3.3 chemische Zusammensetzung u. physikalische Beschaffenheit des eingeleiteten Wassers.

- 3.4 Landnutzung der Gebiete, in denen die Grundwasserneubildung erfolgt, einschließlich (...) die durch menschliche Tätigkeiten verursachten Veränderungen im Hinblick auf die Grundwasserneubildung, wie zum Beispiel Ableitung von Regenwasser und Abflüsse von versiegelten Flächen, künstliche Anreicherung, Einstau und Entwässerung.

**Wie kommt nun die „zuständige Behörde“ an alle diese Daten und Erkenntnisse?**

*Und wie bzw. inwieweit kann sie regulatorisch eingreifen, wenn ein Risiko besteht, dass die Bewirtschaftungsziele bereits oder künftig nicht erreicht werden?*

Zum einen kann sie „freiwillig“ tätig werden, und kann – soweit unter Einhaltung des Datenschutzes nach DSGVO überhaupt möglich – alle diese Daten auf freiwilliger Basis bei den Gewässernutzern besorgen und diese in einer Datenbank zusammenführen, so dass die für die Beurteilung des Zustands und Risikos benötigten Daten dauerhaft zur Verfügung stehen. Zum anderen kann sie, nach § 13 Absatz 1 Nr. 2c WHG, Nebenbestimmungen zur Feststellung und Beobachtung der Gewässereigenschaften und –nutzungen erlassen, bzw., soweit nicht dieselbe Behörde für die Erteilung des Wasserrechts zuständig ist wie für die Einstufung des Grundwasserzustands, könnte die für die Beurteilung des Zustands des Wasserkörpers zuständige bzw. eine ihr übergeordnete Behörde die für das Wasserrecht zuständige Behörde per Rechtsvorschrift oder Erlass dazu „ertüchtigen“, dass sie im Dienste derselben Sache entsprechende Nebenbestimmungen erlässt. Denn:

Nach § 13 Absatz 1 WHG kann die für die Bewilligung einer Gewässerbenutzung zuständige Behörde „Inhalts- und Nebenbestimmungen“ zu wasserrechtlichen Erlaubnissen auch nachträglich, sowie zu dem Zweck festsetzen, um nachteilige Wirkungen (...) zu vermeiden oder auszugleichen. Insbesondere kann die zuständige Behörde: 1. (...), 2. Maßnahmen anordnen, die

- a) in einem Maßnahmenprogramm nach § 82 enthalten oder zu seiner Durchführung erforderlich sind,
- b) geboten sind, damit das Wasser mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt sparsam verwendet wird,
- c) der Feststellung der Gewässereigenschaften vor der Benutzung oder der Beobachtung der Gewässerbenutzung und ihrer Auswirkungen dienen,
- d) zum Ausgleich einer auf die Benutzung zurückzuführenden nachteiligen Veränderung der Gewässereigenschaften erforderlich sind. Nach Nr 4 kann sie dem Benutzer angemessene Beiträge zu den Kosten von Maßnahmen auferlegen, um eine mit der Benutzung verbundene Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit zu vermeiden oder auszugleichen.

## **Fazit**

Um die anspruchsvollen Ziele der nachhaltigen Gewässerbewirtschaftung erfüllen, und Risiken der Zielerreichung des guten mengenmäßigen Grundwasserzustands vorausschauend vermeiden zu können, wird von diesen o.g. regulatorischen Möglichkeiten (Anzeige- und Erlaubnispflicht nach WHG (bzw. auch § 32 LWG); Monitoring und Übermittlung / digitale Zusammenführung der Entnahmen- und Wasserstandsdaten im Rahmen wasserrechtlicher Nebenbestimmungen nach § 13 WHG) vermehrt Gebrauch gemacht werden müssen. Des Weiteren kommt im Falle konkurrierender Gewässernutzungen dem Aufbau bzw. der Weiterentwicklung geeigneter konzeptioneller Modelle, incl. der Ermittlung der Grundwasserneubildung und des nutzbaren Dargebots und der Ermittlung und Beobachtung der mit dem Grundwasser verbundenen Schutzgebiete, Gewässer, Grundwasserströmungen, Intrusionen und Leakage-raten sowie lateralen Grundwasserzuströme sowohl landesweit als auch lokal und regional im Rahmen der einzelnen wasserrechtlichen Erlaubnisse eine zunehmende Bedeutung zu. Besondere Herausforderungen bestehen für das Datenmanagement, aufgrund unterschiedlicher Zuständigkeiten, und bei grenzüberschreitenden Wasserkörpern zudem noch in administrativer Hinsicht.

## **A.2. Beitrag 2 – Pilotprojekt – Wasserwirtschaftliche Situation im Raum Versmold/Sassenberg/Füchtorf**

**Autor: Erich Hormann, Bezirksregierung Detmold**

### **Veranlassung**

Im Raum Versmold/Sassenberg liegen zwei Grundwasserentnahmen, öffentlich und betrieblich so nah beieinander, dass es zu Überlappungen der Absenkungsbereiche kommt. Aufgrund der letzten Trockenjahre haben sich die Absenkungsreichweiten weiter ausgedehnt. Die Ermittlung der Mindererträge wird von einigen Landwirten kritisch gesehen, die zugrunde gelegte Grundwasserneubildungsrate wird teilweise in Frage gestellt. Ist die Besorgnis gerechtfertigt, dass für den Grundwasserkörper 3\_06 ein mengenmäßig kritischer Zustand entstehen kann? Zur Beantwortung dieser Frage wurde die BR Detmold mit folgendem Pilotprojekt beauftragt:

**Berechnung des Dargebotes für einen definierten Planungsraum unter Einbeziehung aller genehmigten und erlaubnisfreien Grundwasserentnahmen sowie verschiedener Verfahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung**

### **Planungsräume und Grundwasserentnahmen**

Für das Gebiet wurden 3 Planungsräume (Wasserschutzgebiet, klein und groß) definiert, für die unter Beteiligung der Unteren Wasserbehörden Gütersloh und Warendorf und auch der BR Münster sämtliche Grundwasserentnahmen ermittelt wurden. Die erlaubnispflichtigen Wasserrechte wurden aus dem digitalen Wasserbuch selektiert. Für die erlaubnisfreien Entnahmen (gem WHG, § 46) wurden die Fördermengen nach Tierzahlen bzw. nach Anzahl und Größe der landwirtschaftlichen Betriebe ermittelt. Die Entnahmemengen für die sehr vielen noch betriebenen Hausbrunnen wurde nach Angabe der Gesundheitsämter geschätzt. Für die größeren Entnahmen > 3000 m<sup>3</sup>/a wurden die Daten aus dem WASEG (Wasserentnahmeentgeltgesetz) entnommen.

### **Grundwasserneubildung und Dargebot**

Neben dem in NRW anerkannten Verfahren GROWA/mGROWA wurden zusätzlich die Verfahren GLADIS (Sickerwasserrate nach DIN 19687, GD NRW) und das flächendifferenzierte Verfahren nach Dörhöfer & Josopait (1980; Uni Hannover) für die Berechnung der Grundwasserneubildung herangezogen. Sämtliche Neubildungsverfahren ergeben Mittelwerte für eine 30-jährige Zeitreihe von 1961-1990 (Dörhöfer & Josopait), 1971-2000 (GLADIS) und mGROWA für 1981-2010. Aufgrund der verschiedenen Zeitreihen und der unterschiedlichen Methodik sind die Ergebnisse nicht exakt vergleichbar. Insbesondere der Abzug für Dränungen beim Verfahren mGROWA ist mit ca. 100 mm sehr entscheidend. Da Drainagen erlaubnisfrei sind und hierzu keine verwendbaren belastbaren Unterlagen vorliegen, sind hierdurch große Unsicherheiten erklärbar. Gleichwohl sind bei vorhandenen und funktionierenden Drainagen hohe Abzüge gerechtfertigt. Unter Abzug der Grundwasserentnahmen wurde das Dargebot für die Planungsräume ermittelt und als Übersicht in Tabelle 2 aufgelistet.

## **Fazit**

- Für die Bewirtschaftung des Grundwassers sind sämtliche erlaubnispflichtigen Entnahmen sowie die Fördermengen in Datenbanken zu dokumentieren, das gilt auch insbesondere für die steigende Zahl von Feldberechnungen
- Bei der Ermittlung der Neubildungsraten können die Ansätze von mGROWA für Gebiete mit Dränabfluss nicht ungeprüft übernommen werden. Diese Daten sind mit der Sickerwasserrate und dem Dränabfluss unter Einbeziehung der lokalen Verhältnisse und weiteren Verfahren zu plausibilisieren.
- Für das nutzbare Dargebot sind entsprechend der lokalen Verhältnisse Abschläge für Trockenjahre sowie Sicherung und Erhalt von grundwasserabhängigen Landökosystemen zu berücksichtigen
- Auf der Ebene von großen Planungsräumen, bzw. auch für das Gebiet eines Grundwasserkörpers gibt es keine Veranlassung, Anträge auf Grundwasserentnahme zu versagen, der Bilanzüberschuss ist hier i. A. ausreichend groß. In kleinen Planungsräumen und insbesondere in Wasserschutzgebieten ist jedoch eine sorgfältige Dargebotsprüfung erforderlich.

**Tabelle 2:** Planungsräume, Entnahmen, Grundwasserneubildung (GWN) nach den verschiedenen Verfahren (mGr = mGROWA; Dörh/J = Dörhöfer & Josopait) und Dargebot

<b>Planungsraum</b>	<b>Fläche km<sup>2</sup></b>	<b>Entnahmen Mio m<sup>3</sup>/a</b>	<b>GWN mGr</b>	<b>GWN Gladis</b>	<b>GWN Dörh/J</b>	<b>Dargebot Mio m<sup>3</sup>/a</b>
Wasserschutzgebiet	8,4	2,163	204	293	298	1,7 – 2,5
Planungsraum klein	40	3,023	172	267	284	6,7 – 13,1
Planungsraum groß	166	4,052	153	284	267	22,7 – 53,8

### A.3. Beitrag 3 – Praktische Vorgehensweise bei der Ermittlung des Grundwasserdargebotes im Rahmen eines Wasserrechtsantrages – Fallbeispiel WG Amern

Autorin: Katharina Greven, NEW NiederrheinWasser GmbH

Für den Wasserversorger ist im Rahmen eines Erlaubnis- / Bewilligungsantrages die praktische Anwendung der Grundwasserneubildungsverfahren zur Dargebotsbilanzierung interessant. Die Bilanzierung erfolgt auf Bilanzgebiets- und Einzugsgebietsebene. Das Bilanzgebiet muss dabei anhand der Fragestellungen des Antrags und den Umgebungsbedingungen abgesteckt werden. Das heißt, das Bilanzgebiet kann bei gekoppelten Wasserrechten / Einzugsgebieten oder bei Fragestellungen, die ein Feuchtgebiet betrachten, über das im Antrag betrachtete Einzugsgebiet hinausgehen. Im vorgestellten Beispiel der Wassergewinnung Amern konnte das maßgebliche Einzugsgebiet auch als Bilanzgebiet betrachtet werden.

Anhand der Tonverbreitungen des GD NRW, der Tonmächtigkeit (BK50) und den ermittelten Druckdifferenzen (aus den gemessenen Grundwasserständen) werden für das Bilanzgebiet einzelne Teilgebiete ausgewiesen. Diese werden bei den anschließenden Berechnungen separat betrachtet. Die tatsächliche Nutzung oder Versiegelung der Flächen geht in diese Unterteilung nicht mit ein. Grundlage der folgenden Berechnungen (Abbildung 4) ist das Nordraummodell der RWE Power AG. Dieses beinhaltet bei der Bilanzierung die Grundwasserneubildung, Leakage, Infiltrationen und Förderungen für den betrachteten Grundwasserleiter und (falls vorhanden) für die hangenden und liegenden.

#### Wasserbilanz für das potentielle Einzugsgebiet

Fläche: 13,2 km<sup>2</sup>  
 GW-Neubildung: 7,94 (l/s\*km<sup>2</sup>)  
 GW-Dargebot: 3,31 Mio. m<sup>3</sup>/a

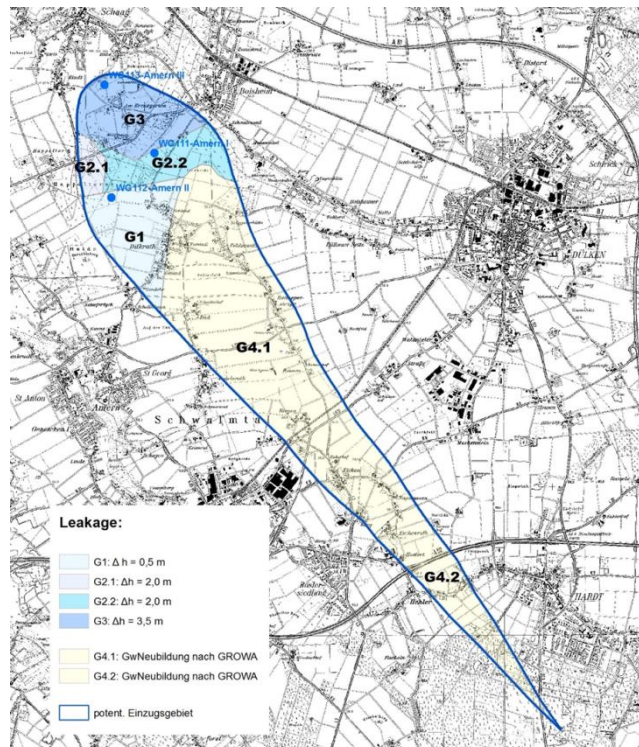
Input (+) / Output (-)	Fläche (km <sup>2</sup> )	GW-Neubildung (l/s*km <sup>2</sup> )	Grundwassermenge (m <sup>3</sup> /a)
<b>GW-Dargebot</b>			
Regeneration aus GW-Neubildung	13,20	7,94	3.305.225
<b>Sonstige Zuflüsse</b>			
Infiltrationsmengen			0
<b>GW-Anspruch Feuchtbiotope</b>			
Berechnung nach Basisplan III (EV)	0		0
<b>Grundwassernutzungen</b>			
Wasserrechte öffentl. Wasserversorgung			-2.500.000
Rechte für gewerbl. Wasserentnahmen			-50.000
Landwirtschaftliche Beregnung			-280.736
Sonstige Entnahmerechte			0
<b>Abfluss in tiefere Grundwasserleiter</b>			
Leakage in Horizont 6 B			-150.939
<b>Bilanzsumme</b>			<b>323.551</b>

Abbildung 4: Wasserbilanz des potentiellen Einzugsgebietes

Auf Bilanzebene wird das gesamte Grundwasserstockwerk betrachtet, welches als Bilanzsumme einen positiven Wert aufweisen soll. Zur Ermittlung des Grundwasserdargebots im Bilanzgebiet wird zunächst die Regeneration aus Grundwasserneubildung über die gesamte Fläche ermittelt. Dieser wird das Wasserhaushaltsmodell mGROWA zu Grunde gelegt. Der Rasterdatensatz wird mit dem Bilanzgebiet verschnitten. Anstatt von mGROWA könnten ebenfalls andere Wasserhaushaltsmodelle für die Berechnung der Grundwasserneubildung als Eingangsdatensatz verwendet werden. Von der sich aus der Grundwasserneubildung ergebenden Dargebotsmenge werden Grundwassernutzungen, Ansprüche für Feuchtgebiete sowie das Leakage in das liegende Grundwasserstockwerk abgezogen und Zuflüsse hinzugerechnet.

Nachfolgend wird das Dargebot des Förderhorizonts betrachtet. Auch dieser Betrachtung liegt das Nordraummodell zugrunde. Im vorgestellten Beispiel handelt es sich um den lokal dritten Grundwasserleiter, welcher durch zwei Reuvertone im Nordwesten des Einzugsgebietes von dem oberen Grundwasserleiter (Horizont 16) und dem Zwischenmittel (Horizont 11D) getrennt wird. Im südwestlichen Bereich des Einzugsgebietes sind diese Tone nicht vorhanden, sodass dort ein zusammenhängender Grundwasserleiter vorliegt.

Die Geologie bzw. die Ausbreitung der Tone geht in die Unterteilung der Gebiete mit ein. Ebenso die Druckdifferenzen zu den hangenden und liegenden Grundwasserleitern (Abbildung 5). Bei dem Beispiel der Wassergewinnung Amern ergeben sich so aufgrund von unterschiedlichen Druckdifferenzen mit dem Horizont 6B zwei Teilgebiete, bei denen die Reuvertone nicht ausgebildet sind.



**Abbildung 5:** Darstellung der Teilgebiete im EZG Amern



Für diese Bereiche ist somit die Grundwasserneubildung zur Ermittlung des Dargebots anzusetzen. Da jedoch nicht das gesamte Dargebot aus der Neubildung dem Förderhorizont zuströmt, muss der Abfluss in den Förderhorizont über das Teilstromverfahren ermittelt werden. Dieses ermittelt die anteiligen Abflüsse anhand der Mächtigkeit der Grundwasserleiter im Bereich des Tonausbisses und deren Durchlässigkeitsbeiwert. Der für den Horizont 11B-8 berechnete Abfluss wird bei der Bilanzierung für die beiden Teilgebiete G4.1 und G4.2 als Zufluss angesetzt. Bei den restlichen Teilgebieten geht die Leakagemenge in den Horizont 11B-8 als Zufluss bei der Bilanzierung ein. Das Leakage wird anhand der Flächengröße, der Druckdifferenz, der Mächtigkeit der Tone und deren Durchlässigkeitsbeiwert für jedes Teilgebiet berechnet. Anhand der selben Berechnung erfolgt die Ermittlung der Leakagemenge aller Teilgebiete in den Horizont 6B als Abfluss aus dem Förderhorizont. Durch die Addition der Zuflüsse und Subtraktion der Abflüsse wird schließlich das Grundwasserdargebot des Förderhorizonts ermittelt (Abbildung 6). Da in der Bilanz des Förderhorizonts die wasserrechtliche Entnahme nicht enthalten ist, sollte die Dargebotssumme größer sein als diese.

## Berechnung des Grundwasserdargebotes in Horizont 11B - 8

Basis: Grundwasserverhältnisse 2017

	Flächengröße (km <sup>2</sup> )	Abfluss aus GW- Neubildung (m <sup>3</sup> /a) horizontspezifischer kf	Leakagemenge Q <sub>L</sub> in Hor. 11B-8 (m <sup>3</sup> /a) Druckdiff. 2017	Leakagemenge Q <sub>L</sub> in Hor. 6B (m <sup>3</sup> /a)	GW-Dargebot (m <sup>3</sup> /a)
Teilgebiet G1	1,52	0	230.607	16.399	214.208
Teilgebiet G2.1	0,29	0	152.424	915	151.509
Teilgebiet G2.2	1,00	0	295.650	3.154	292.496
Teilgebiet G3	1,52	0	565.431	0	565.431
Teilgebiet G4.1	7,44	1.147.842	0	90.445	1.057.397
Teilgebiet G4.2	1,43	262.550	0	40.026	222.524
Summe		1.410.392	1.244.112	150.939	
Summe Dargebot:					<b>2.503.565</b>

Abbildung 6: Grundwasserdargebot des Förderhorizonts

Im Rahmen dieser Bilanzberechnung werden zahlreiche vereinfachende Annahmen getroffen, sodass es im Rahmen des Erlaubnis- / Bewilligungsantrags sinnvoll ist, die Berechnung anhand von weiteren Analysen gegenzuprüfen. Daher werden beobachtete Daten, wie Grundwasserganglinien im Untersuchungsgebiet, analysiert, Feldversuche, wie beispielsweise Pumpversuche, durchgeführt und je nach Fragestellungen Modellrechnungen und Strömungssimulationen angefertigt. Erst bei einem Dargebotsüberschuss und in der Zusammenschau aller Auswertungen wird der Antrag weiterverfolgt.

## **A.4. Beitrag 4 – Vollzugspraxis im Umgang mit wasserrechtlichen Erlaubnissen aus Sicht der Landwirtschaftskammer**

**Autor: Michael Rütten, LWK, Bezirksstelle für Agrarstruktur (BfA)  
Düsseldorf**

Zur quantitativen und qualitativen Absicherung ihrer Produktion benötigt die regionale Landwirtschaft Grundwasser für die Bewässerung ihrer Nutzflächen. Daher beobachten die Landwirte die hinsichtlich Ihres Dargebotes zunehmende schlechte Bewertung von Grundwasserkörpern mit Sorge. Auch die Landwirtschaftskammer NRW nimmt die Befürchtung der (Fach-)Öffentlichkeit zur Kenntnis, dass im Rahmen des Klimawandels künftig das Grundwasserdargebot nicht mehr so umfangreich zur Verfügung steht. Die Aussagen des Deutschen Wetterdienstes zu den Klimaanomalien bestätigen über einen relativ langen Zeitraum (ab 1881) die deutliche Zunahme der Temperatur. Erfreulicherweise konnte der Deutsche Wetterdienst jedoch keinen Rückgang der Gesamtniederschläge über diesen langen Zeitraum feststellen. Von daher kann man optimistisch sein, dass die letzten beiden trockenen Jahre keine nachhaltige Klimaveränderung darstellen. Im Wesentlichen bedingt durch die Trockenheit ist in den letzten beiden Jahren eine deutliche Zunahme bei der Beantragung von wasserrechtlichen Erlaubnissen für den Brunnenneubau zu beobachten. Neben diesen Neuanlagen wurden aber viele Bestandsanlagen nachträglich legalisiert bzw. bestehende Erlaubnisse verlängert. Hierzu leisten neue Rechtsvorschriften, das Förderwesen und ganz wesentlich auch die Qualitätssicherungssysteme (Zertifizierungen) der Abnehmerseite Ihren Beitrag.

Am Beispiel des Berechnungsschwerpunktes Niederrhein wurde erläutert, dass in der gemäßigten Klimazone NRW's quantitativ nur 1 – 2 % des Wasserdargebotes von der Landwirtschaft zur Absicherung Ihrer Kulturen benötigt wird. Dies steht in einem völligen Gegensatz zu dem hohen landwirtschaftlichen Verbrauch in wärmeren Klimazonen und ist eine wesentliche Begründung, auch in einem dicht besiedelten Land wie NRW eine eigene Produktion vorzuhalten. Aktuell geht die Landwirtschaftskammer NRW von einem Gesamtbewässerungsbedarf von ca.  $60 \times 10^6 \text{ m}^3$  oder ca. 1 % der Gesamtwasserrechte im Land NRW aus. Gleichwohl stammt dieses zu verteilende Grundwasser überwiegend von den landwirtschaftlichen Nutzflächen. Keine andere Flächennutzungsform, wie das Ackerland, ermöglicht eine höhere Versickerung bzw. Grundwasserneubildung. Folglich hat die derzeit massiv forcierte Änderung der Flächennutzung auch spürbare Auswirkungen auf das Grundwasserdargebot. In den letzten 25 Jahren nahm die landwirtschaftliche Nutzfläche in NRW jährlich um fast  $66 \text{ km}^2$  ab (ca. 9.200 Fußballfelder). Dies entspricht bei einer reduzierten Grundwasserneubildung von nur  $100 \text{ l/m}^2$  einer jährlichen Dargebotsreduzierung von ca.  $6,6 \times 10^6 \text{ m}^3$  Landesweit. Oder anders ausgedrückt, der gesamte Bewässerungsbedarf der Landwirtschaft entspricht in etwa der Dargebotsreduzierung aus der Änderung der Flächennutzung von 9 Jahren.

Im Vorlauf zum wasserrechtlichen Antrag sollen die Landwirte grundsätzliche Fragen klären:

- Ist die Nutzung erlaubnispflichtig (§ 46 WHG, Abs.1)?
- Welche Flächen / Kulturen sollen bewässert werden?
- Ist ausreichend Grundwasser vorhanden?
- Werden Dritte oder grundwasserabhängige Biotope beeinträchtigt?

Bei diesen notwendigen grundsätzlichen Überlegungen unterstützt die Beratung der Landwirtschaftskammer NRW die Landwirte. Die Antragstellung erfolgt bei den zuständigen unteren Wasserbehörden (UWB'en) der Landkreise bzw. kreisfreien Städte. Seit einigen Jahren hat sich hierbei eine abgestimmte Vorgehensweise bewährt. Unter Federführung des Erftverbandes wurde eine Checkliste erarbeitet, in der die zur Bearbeitung eines wasserrechtlichen Antrages notwendigen Unterlagen zusammengestellt wurden. Die Landwirtschaftskammer NRW hat seinerzeit diese Checkliste mitgetragen und nutzt sie bis heute als Arbeitsgrundlage.

Im Rahmen dieser Bearbeitung ermittelt / überprüft die LWK den tatsächlichen Wasserbedarf bezogen auf ein durchschnittliches Trockenjahr. Hierzu werden die angegebenen Bewässerungsflächen gesichtet, ob sie tatsächlich landwirtschaftlich im beantragten Umfang genutzt werden. Weiter prüft die LWK die Plausibilität der aufgeführten Fruchtfolge und ermittelt an Hand von Erfahrungswerten aus der Beratungspraxis den benötigten Wasserbedarf der Entnahmestelle. Selbstverständlich nimmt die LWK hierbei im Bedarfsfall auch Rücksprache mit den Antragstellern und berücksichtigt noch betriebliche Besonderheiten, die relevant sein können. Zuständig für die Bearbeitungen von wasserrechtlichen Erlaubnissen sind bei der Landwirtschaftskammern NRW die Bezirksstellen für Agrarstruktur:

- Arnsberg:  
Frau Schink, Dünnefeldweg 13, 59872 Meschede (Tel.: 0291/9915-60)
- Köln:  
Herr Hesse, Rütger-von-Scheven-Str. 44, 52349 Düren (Tel.: 02421/5923-79)
- Ostwestfalen-Lippe:  
Gisela Müller, Bohlenweg 3, 33034 Barkel (Tel.: 05272/3704-164)
- Düsseldorf:  
Michael Rütten, Gereonstr. 80, 41747 Viersen (Tel.: 02162/3706-82)
- Münsterland:  
Heribert Tenspolde, Borkener Str. 25, 48653 Coesfeld (Tel.: 02541/910270)

## **A.5. Beitrag 5 – Verfahren zur Abschätzung des nutzbaren Dargebots von Grundwasserkörpern – Status Quo und Ausblick**

**Autor: Katrin Damm und Axel Lietzow, Niedersächsisches Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG Niedersachsen)**

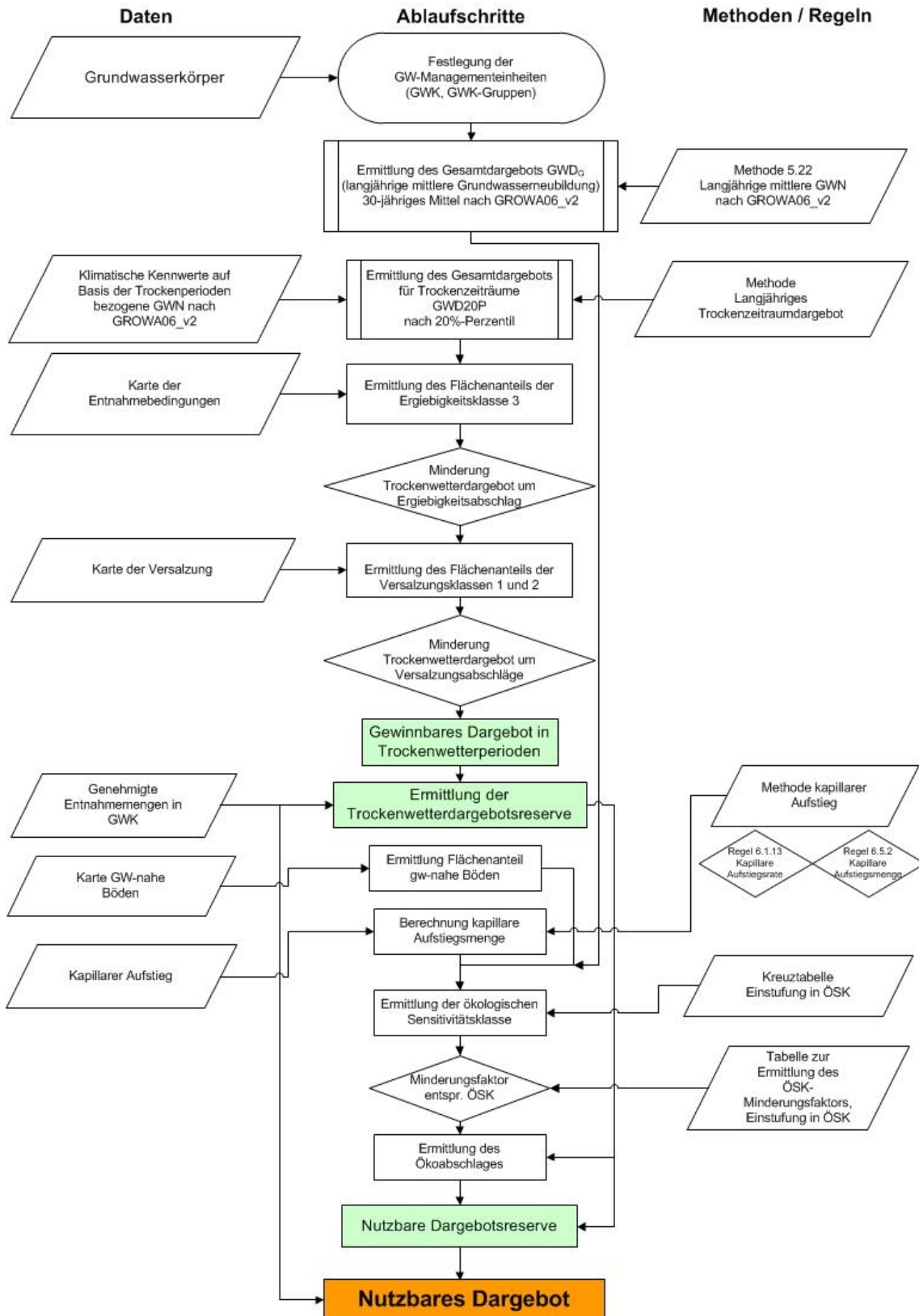
Die Verfahrensweise zur Abschätzung des Nutzbaren Dargebots wurde vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) auf Veranlassung des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz (MU) unter Mitwirkung von Vertretern des MU, des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und zeitweise der unteren Wasserbehörden (UWB) anlässlich der Erstveröffentlichung des Runderlasses des MU zur „Mengenmäßigen Bewirtschaftung des Grundwassers“ v. 25.6.2007 entwickelt. Diese Verfahrensweise liegt auch der regelmäßigen Neuberechnung des Nutzbaren Dargebots mit aktualisierten Eingangsparametern für die Neuveröffentlichung des Runderlasses zu Grunde.

Die grundlegenden Einheiten zur Bewirtschaftung des Grundwassers gemäß den Zielen und Grundsätzen des WHG und der GrwV sind die Grundwasserkörper (GWK). Wesentliche Grundlagen für eine nachhaltige Bewirtschaftung der GWK sind die genehmigten Entnahmemengen und die noch Nutzbare Dargebotsreserve; die Summe bildet das Nutzbare Dargebot. Das Nutzbare Dargebot wird auf der Grundlage des nachfolgend beschriebenen Verfahrens unter Berücksichtigung folgender Ziele abgeschätzt:

- Sicherung der Wasserversorgung in mehrjährigen Trockenwetterperioden
- Sicherung und Erhaltung grundwasserabhängiger Landökosysteme und Oberflächengewässer

Aufgrund der Verwaltungsstruktur des Landes Niedersachsen – Wasserrechte werden durch die unteren Wasserbehörden auf der Ebene der Gebietskörperschaften (Landkreise, kreisfreie und selbstständige Städte) erteilt – war es gewünscht, die Grundwasserkörper weiter aufzuteilen und die Nutzbare Dargebotsreserve der GWK flächenproportional auf diese Verwaltungseinheiten zu übertragen. Aus der Verschneidung der Grenzen der GWK mit den Gebietsgrenzen der zuständigen unteren Wasserbehörden ergeben sich dadurch Teilkörper, für die durch flächenproportionale Aufteilung die Nutzbare Dargebotsreserve abgeschätzt wird. Sie dient als Beurteilungshilfe für die Genehmigungsbehörde bei der Frage, ob die Erhaltung oder Erreichung des guten mengenmäßigen Zustands eines Grundwasserkörpers durch die beantragte Nutzung des Grundwassers gefährdet ist.

Der Verfahrensablauf zur Abschätzung des Nutzbaren Dargebots in GWK ist in folgender Abbildung skizziert (Abbildung 7; Stand 2014) sowie ausführlich beschreiben im Runderlass des Niedersächsischen Ministeriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz (2015/2018) sowie unter: <https://www.umwelt.niedersachsen.de/grundwasser/bewirtschaftung/mengenmaeige-bewirtschaftung-des-grundwassers-8270.html>



**Abbildung 7:** Ablaufdiagramm zur Abschätzung des Nutzbaren Dargebotes der GWK (Stand 2014)

## A.6. Beitrag 6 – Wasserhaushaltsmodelle für verschiedene Fragestellungen

**Autoren: Dr. Sabine Bergmann, LANUV NRW und Prof. Dr. Frank Wendland, Forschungszentrum Jülich, IBG-3 Agrosphäre**

### Allgemeine hydrologische Modellkonzepte

Aus Abbildung 1 wird deutlich, dass die GWN bzw. der grundwasserbürtige Abfluss Bilanzgrößen des Landschaftswasserhaushalts und damit des aktiven hydrologischen Wasserkreislaufs sind. Zur Simulation des Wasserhaushalts oder einzelner Bilanzglieder wurde in den vergangenen Jahrzehnten national wie auch international eine Vielzahl unterschiedlicher Modellsysteme entwickelt. Je nach der Art der zu beantwortenden Fragestellung weisen hydrologische Simulationsmodelle Spezialisierungen auf. Modelle zur Ermittlung der GWN sind eine dieser Spezialisierungen hydrologischer Modelle.

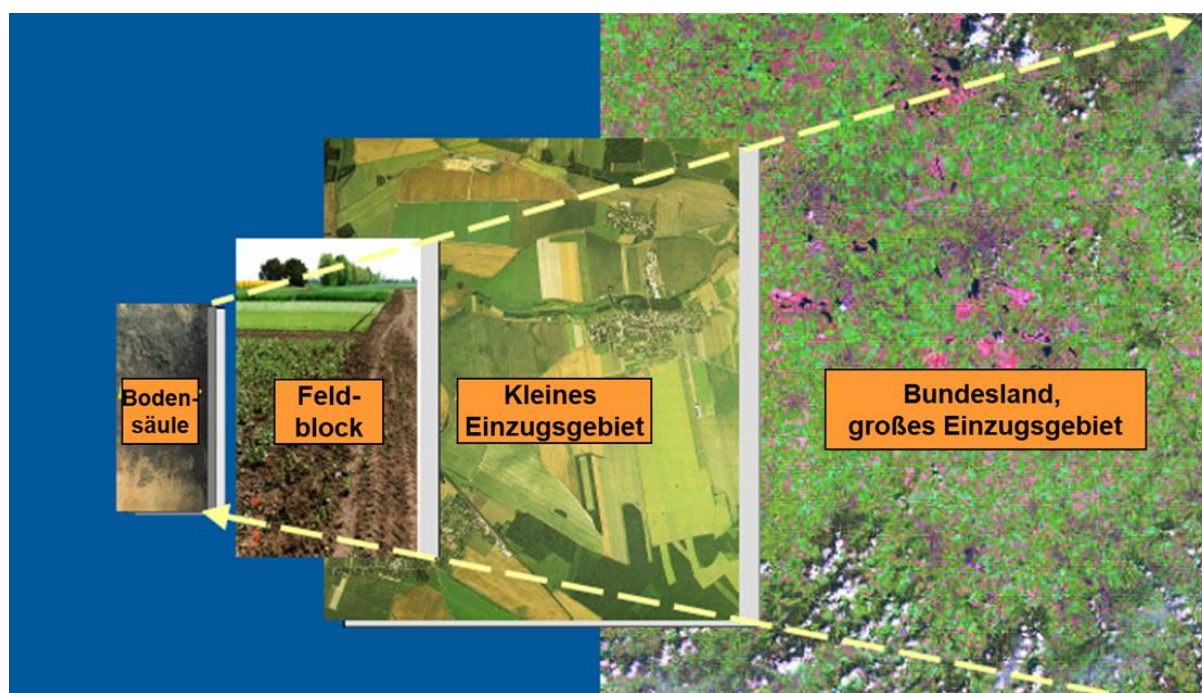
Bei den hydrologischen Modellen kann unterschieden werden zwischen:

- **Physikalisch basierte Modelle:** Hier werden die hydrologischen Prozesse als Differentialgleichungen beschrieben, die den Sickerwasserfluss in der ungesättigten Zone (instationäre Strömung) durch den Boden und den Transport in der gesättigten Zone durch den Aquifer abbilden (z. B. MIKE SHE: Refsgaard & Storm, 1995 or WaSIM-ETH: Schulla & Jasper 1998). Einsatzfelder sind vor allem die Simulation der Verdunstungs- und Abflussprozesse sowie der Bodenwasserdynamik in hoher zeitlicher Auflösung.
- **Niederschlags-Abfluss-Modelle:** Diese simulieren die durch hydrologische Prozesse determinierte Speicherung von Energie und Wasser im jeweiligen Kompartiment (Vegetation, Schneedecke, Boden) auf Basis entsprechend hoch aufgelöster Klimadaten. Berechnet wird die Abflusseparation ausgehend vom Niederschlag in einem Einzugsgebiet, z. B. TOPMODEL (Beven & Kirkby, 1979), PRMS (USGS, 2020), NASIM (Hydrotec, 2020). Einsatzfelder sind vor allem die Simulation von Hochwasserereignissen und, daraus abgeleitet, der Hochwasservorhersage.
- **Deterministische (deskriptive) Modelle:** Dahinter verbirgt sich ein System von miteinander verbundenen Speicherkomponenten, z. B. verschiedener Bodenhorizonte. Diese Modelle basieren auf (vereinfachenden) physikalischen Gesetzmäßigkeiten (z. B. SWM (Crawford & Linsley, 1966), HBV (Bergström & Forsman 1973), mGROWA (Herrmann et al., 2013)). Typische Einsatzfelder sind hier vor allem Abflussvorhersagen für Einzugsgebiete (SWM, HBV), oder Grundwasserneubildungsprognosen (mGROWA).
- **Empirische Modelle:** Diese Modelle bilden die Effekte hydrologischer Prozesse durch einfache Regressionsbeziehungen ab, die aus einer Vielzahl von Beobachtungen abgeleitet worden sind (z. B. GROWA (Kunkel & Wendland, 2002) oder ABIMO (Glugla & Fürtig, 1997)). Sie wurden vor allem in den 90er und frühen 20er Jahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung eingesetzt.

Es gibt in der Hydrologie unterschiedliche Modellkonzepte mit unterschiedlichem Komplexitätsgrad, unterschiedlichen Datenanforderungen, etc. **Nicht in jedem hydrologischen Modell steht die Ermittlung der Grundwasserneubildung (GWN) im Vordergrund**, und wieder **andere Modelle haben die Ermittlung des Grundwasserdargebots oder der Grundwasserbilanzen** für bestimmte Bilanzräume auf dem jeweiligen Skalenniveau zum Ziel. Komplexe (physikalisch basierte) Bodenwasserhaushaltsmodelle sind für die Ermittlung der GWN oder ggf. des Grundwasserdargebots zumeist nicht geeignet.

### Wasserhaushaltsmodelle für verschiedene (im Allg.) skalenabhängige Fragen

Die in NRW im Einsatz befindlichen Modelle zur Ermittlung der Grundwasserneubildungshöhe bzw. des Grundwasserdargebots unterscheiden sich u.a. im Hinblick auf die zeitliche und räumliche Auflösung, die erforderlichen Eingangsdaten und den Verwendungszweck der Ergebnisse ganz erheblich. Die Anforderungen an ein „geeignetes“ Modell auf Landesebene sind dabei skalenbedingt sicherlich anders als die Anforderungen an ein „geeignetes“ Modell für kleine Einzugsgebiete (s. Abbildung 8).



**Abbildung 8:** Wasserhaushaltsmodelle für verschiedene (skalenabhängige) Fragen

Die Beurteilung eines optimal auf eine spezielle Fragestellung ausgerichteten Modellansatzes setzt einen guten Überblick, ein genaues Modell- und Prozessverständnis und Kenntnis der Eingangsdaten voraus. Beim Vergleich verschiedener Modelle ist die Skalenabhängigkeit zu berücksichtigen. In diesem Falle können die Ergebnisse unterschiedlicher Modelle z. B. zur gegenseitigen Kontrolle von Ergebnissen / Teilergebnissen, oder zur Ursachenermittlung bzw. Prozessanalyse genutzt werden.

Beispielsweise kann ein landesweites Modell zur Ermittlung der Grundwasserneubildung (z. B. mGROWA) eine Referenz darstellen, welche durch die Ergebnisse eines zusätzlich betriebenen Detailmodells (z. B. zur Ermittlung des Grundwasserdargebots), ggf. notwendiger Abschläge für Schutzgebiete, o.ä., verfeinert werden. Die verschiedenen Modelle stehen daher in der Regel nicht in Konkurrenz zueinander, sondern ergänzen sich und können als „Baukasten“ verstanden werden.

**Die Auswahl bzw. Eignung** eines Modells zur Ermittlung der GWN oder ggf. des Grundwasserdargebots hängt ab von:

1. **Fragestellung** → ausschließlich Grundwasserneubildung? Alle Abflusskomponenten? Grundwasserdargebot?
2. **Untersuchungsregion** → Bundesland? Bezirksregierung? Lokal? → Maßstabsbereich
3. **Verfügbare Datengrundlagen vs. Datenanforderungen eines Modells** → Konsistenz
4. **Nutzer der Ergebnisse** → LANUV? Bezirksregierung? Umweltämter? Lokale Nutzer?
5. **räumliche Auflösung** → aggregiert, (z. B. GWK-Ebene)? hoch aufgelöst?
6. **zeitliche Auflösung** → jährlich? monatlich? täglich?
7. **vorgegebener Zeitrahmen** (inkl. verfügbares Budget).

Um diesen Überblick (welches Modell ist für die Fragestellung geeignet?) ein wenig zu erleichtern, werden die im Workshop präsentierten Modelle in eine Einordnungsmatrix eingeordnet (Tabelle 3). Dabei wird versucht, einige der wichtigsten bzw. im wasserwirtschaftlichen Vollzug besonders häufig landesweit, regional oder lokal eingesetzten Modelle zur Ermittlung der GWN bzw. des Grundwasserdargebots in NRW vergleichend zu erfassen.

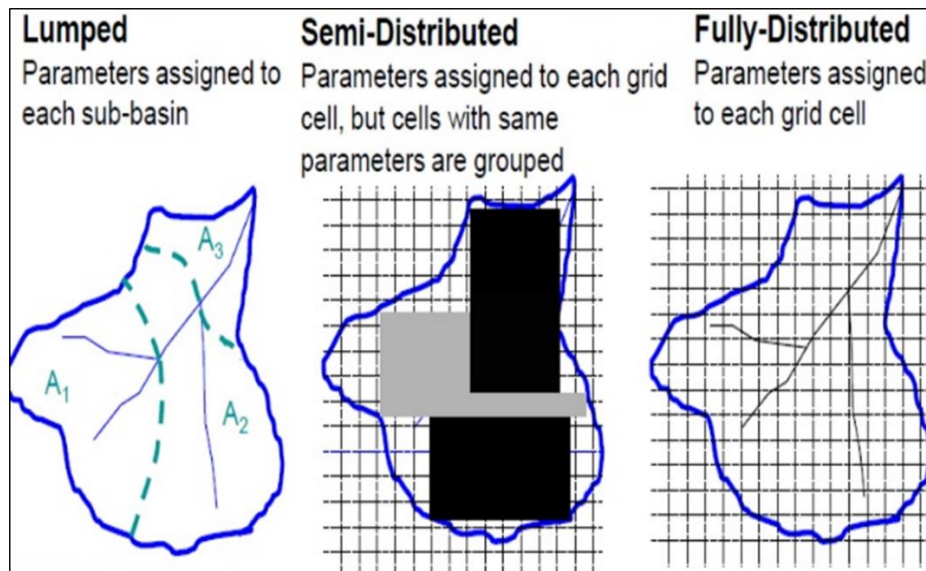
**Tabelle 3:** Matrix zur Einordnung der im Workshop „Grundwasserneubildung“ präsentierten, innerhalb von NRW eingesetzten Wasserhaushaltsmodelle zur Ermittlung der GWN oder ggf. des Grundwasserdargebots, nach Zielgröße; Skalierung.

	<b>NRW-weite Modelle</b> (räuml./ zeitl. Auflösung)	<b>Regionalmodelle</b> (räuml./ zeitl. Auflösung)
<b>Sickerwasser</b>		
<b>Grundwasserneubildung</b>		
<b>übrige Abflusskomponenten:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesamtabfluss (AG)</li> <li>• Direktabfluss (AD) <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Oberflächenabfluss (AO)</li> <li>○ Zwischenabfluss (AZ)</li> <li>○ Drainageabfluss (ADr)</li> <li>○ Direktabfluss aus urbanen Räumen (AU)</li> </ul> </li> <li>• Grundwasserabfluss (AG)</li> </ul>		
<b>Grundwasserdargebot</b>		
<b>Grundwasserbilanz</b>		



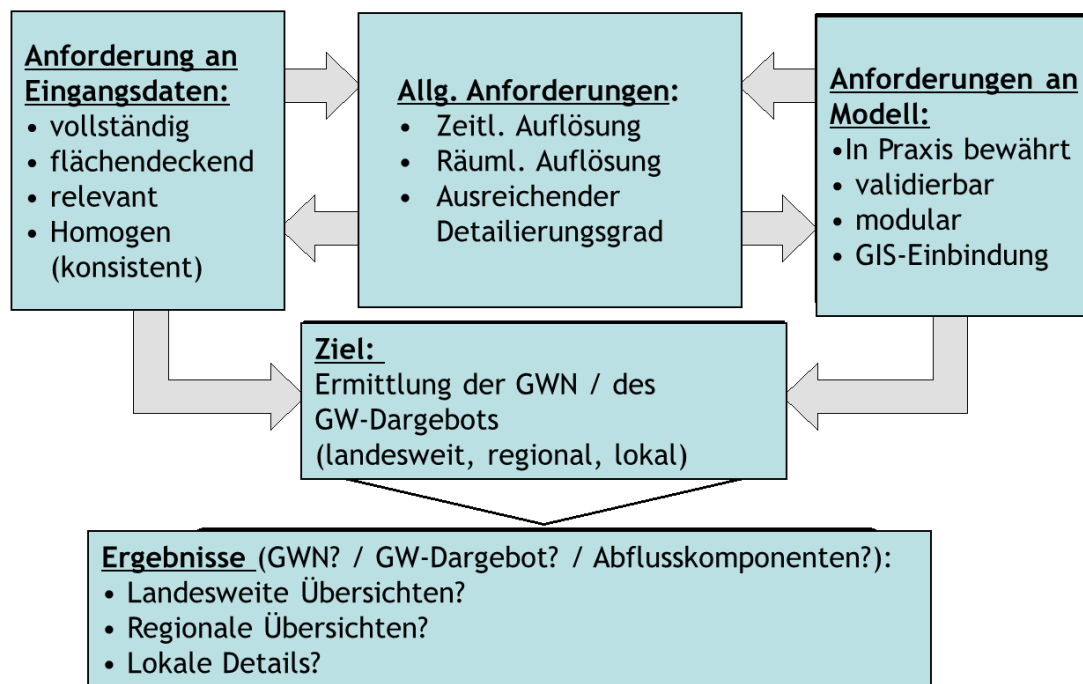
Im Vordergrund bei der Einteilung der Modelle steht die notwendige Klarstellung der Ziel- und Eingangsgrößen. Weiterhin ist die Darstellung der räumlichen und zeitlichen Auflösung der Modellparameter und die jeweilige Komplexität (großräumiges Übersichtsmodell, kleinräumiges Detailmodell) wichtig. Zusätzlich kann zwischen stationären / instationären, 2- und 3-dimensionalen Modellen, sowie nach Zielgruppen und Zielsetzungen differenziert werden. Außerdem kann bei den **Modelltypen** gemäß Abbildung 9 unterschieden werden zwischen:

- Lumped models: Modellparameter werden undifferenziert pro Teil-Einzugsgebiet ermittelt → ein Modellergebnis pro Teil-Einzugsgebiet.
- Semi-Distributed models: Die Modellparameter beziehen sich zwar auf Rasterflächen, Rasterzellen mit übereinstimmenden Parametern werden jedoch gruppiert → ein Modellergebnis pro gruppierter Flächeneinheit.
- Fully Distributed models: Die Modellparameter werden bei der Modellierung pro Rasterzelle ermittelt → ein Modellergebnis pro Rasterzelle.



**Abbildung 9:** Modelltypen, unterschieden in Teileinzugsgebietsmodelle („lumped“), und Rastermodelle mit unterschiedlicher räumlicher Auflösung (fully distributed: Modellierung pro Rasterzelle; semi-distributed: Modellierung pro gruppierter Flächeneinheit; Quelle: Pancholi, 2015).

Schlussendlich lässt sich das Vorgehen zur Auswahl eines „geeigneten“ Grundwasserneubildungsmodells oder ggf. auch eines Ansatzes zur Ermittlung des Grundwasserdargebots anhand folgenden Fließschemas verdeutlichen (Abbildung 10).



**Abbildung 10:** Vorgehen zur Auswahl eines „geeigneten“ Grundwasserneubildungsmodells  
(Quelle: Prof. Dr. Frank Wendland, Forschungszentrum Jülich)

## Fazit

- Generell müssen die Begrifflichkeiten klar auseinandergelassen werden, damit es bei einem eventuellen Modellvergleich keine Missverständnisse gibt: Sickerwasser ist nicht gleichzusetzen mit Grundwasserneubildung, Grundwasserneubildung ist nicht gleichzusetzen mit Grundwasserdargebot etc.
- Eine Gegenüberstellung von „Stärken und Schwächen“ der jeweiligen Modelle erscheint nicht zielführend. Unterschiedliche Modelle können - etwa zur Analyse/Ursachenermittlung/Prozessaufklärung - einander ergänzend, und ähnliche Modelle können, etwa zur Absicherung der Ergebnisse / Modellvalidierung, vergleichend eingesetzt werden.
- Bei einem Modellvergleich sollte stets auf die Anwendungsbereiche und Fragestellungen (und damit indirekt auf die Skalenbereiche), für die diese Modelle entwickelt und in der Praxis eingesetzt wurden, fokussiert werden.

Dazu wurden die obige Matrix zur Einordnung der Modelle und das Schema zum Vorgehen für die Auswahl eines geeigneten GWN-Modells bzw. Verfahrens zur Ermittlung des Grundwasserdargebots unter Berücksichtigung von Fragestellung und Randbedingung (Datenverfügbarkeit, technische Anforderung etc.) erstellt.

Mithilfe dieser Erläuterungen und Schemata soll die Interpretation und Anwendung von Grundwasserneubildungsmodellen bzw. geeigneter Verfahren zur Ermittlung des Grundwasserdargebots künftig erleichtert werden.

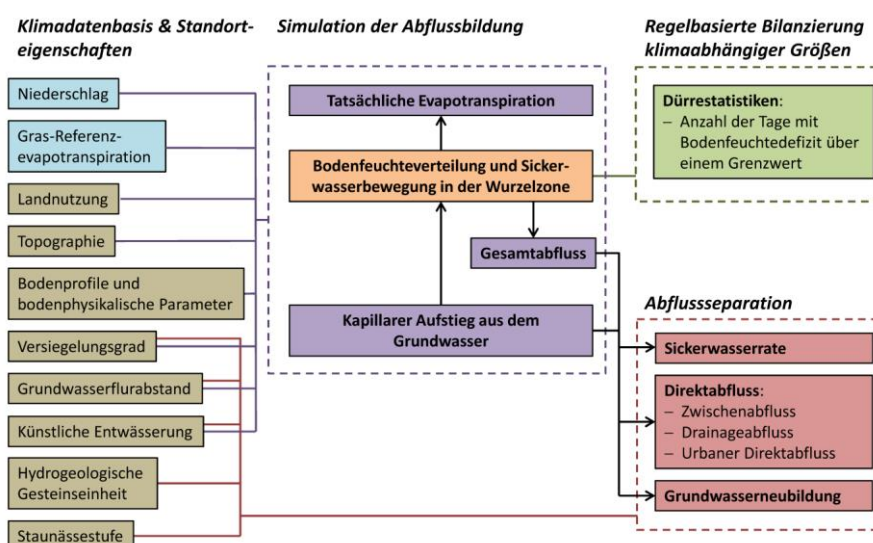
## A.7. Beitrag 7 – Flächendifferenzierte Simulation des Landschaftswasserhaushalts in Nordrhein-Westfalen mit mGROWA

**Autoren: Dr. Frank Herrmann, Dr. Björn Tetzlaff, Dr. Tim Wolters und Prof. Dr. Frank Wendland, Forschungszentrum Jülich, IBG-3 Agrosphäre**

Mit dem Modell mGROWA (Herrmann et al., 2013) kann der Landschaftswasserhaushalt großer Gebiete (Bundesländer, Flussgebiete), instationär und flächendifferenziert, in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung (100 m Raster, Tagesschritte), über lange Zeiträume (hydrologische 30-Jahresperioden) simuliert werden. Für wasserwirtschaftliche Planungszwecke können die Ergebnisse aus den hochaufgelösten Simulation auf verschiedenen Zeitskalen aggregiert und als Datenraster für eine GIS-gestützte Weiterverwertung aufbereitet werden, d. h. es können Monatssummen, Jahressummen oder langjährige Mittelwerte folgender Wasserhaushaltsgrößen produziert werden:

- Tatsächliche Evapotranspiration, Gesamtabfluss und Sickerwasserrate,
- Grundwasserneubildung,
- Komponenten des Direktabflusses als urbaner Direktabfluss, natürlicher Zwischenabfluss und Drainageabfluss; zusätzlich Ausweisung des Oberflächenabflusses,
- Bodenfeuchtedefizit und potentieller Beregnungsbedarf.

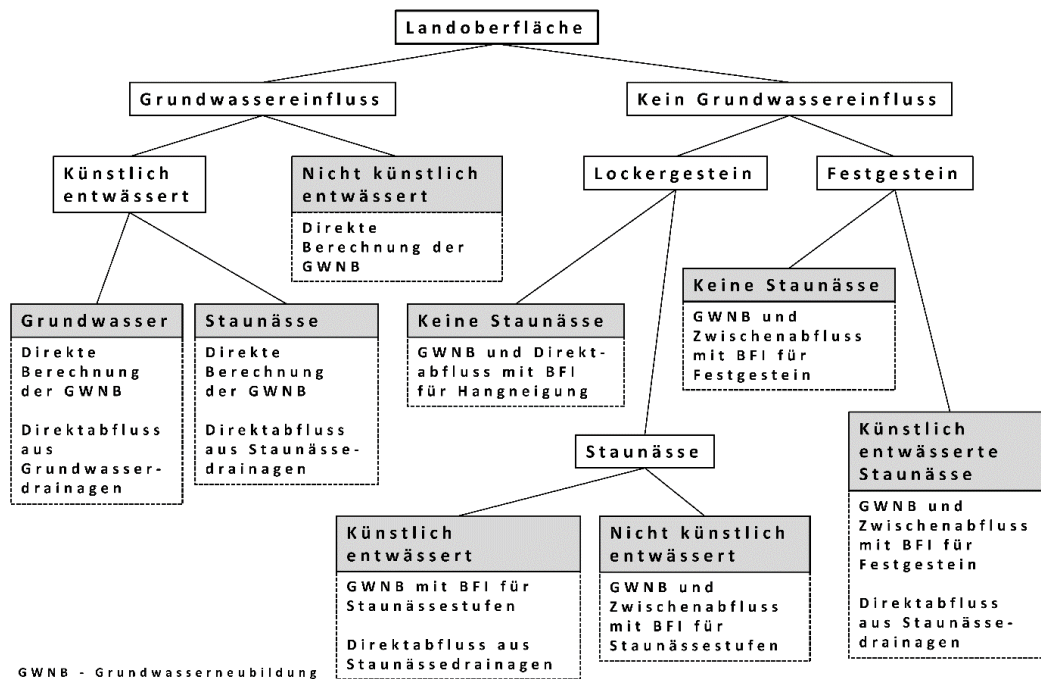
Die Abbildung 11 zeigt das im Modell mGROWA derzeit in seiner Implementierung für das Land Nordrhein-Westfalen realisierte Konzept. Eine detaillierte Beschreibung der Modellkomponenten sowie der Gleichungen, Datengrundlagen und Parameter kann auch Herrmann et al. (2014) und Herrmann et al. (2015) entnommen werden.



**Abbildung 11:** Modellkonzept des Wasserhaushaltsmodells mGROWA in der Implementierung für Nordrhein-Westfalen.

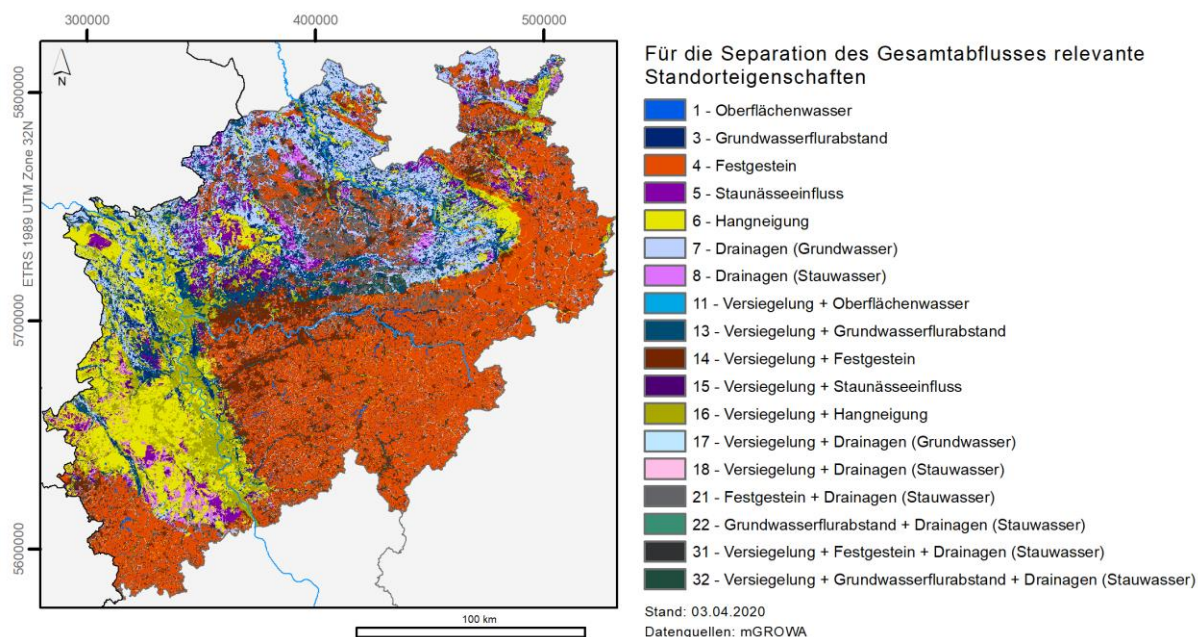
Das Modell mGROWA kann mit Klimadaten (Niederschlag, potentielle Evapotranspiration über Gras ET<sub>0</sub>) verschiedenster Herkunft betrieben werden. Gegebenenfalls kann eine Anpassung von Parametern an spezielle Berechnungsverfahren für ET<sub>0</sub> im Rahmen einer Vorprozessierung erfolgen. Die Modellierung für das Bundesland Nordrhein-Westfalen basiert derzeit auf den öffentlich verfügbaren Raster- und Stationsdaten des DWD (CDC). Als Kern der Simulation des Bodenwasserhaushalts – und damit der tatsächlichen Evapotranspiration sowie der Abflussbildung – wurde in mGROWA das Mehrschicht-Bodenwasserhaushaltsmodell BOWAB (Engel et al., 2012) integriert. Zusätzlich zur Simulation des Bodenwasserhaushalts in Tages-schritten wird ein kapillarer Aufstieg aus dem Grundwasser berechnet, wobei zeitlich variable Grundwasserflurabstände als untere Randbedingung eingehen. In diesem Zusammenhang wird auch ein Drainageabfluss über Grundwasserdrainagen bilanziert. Die tatsächliche Evapotranspiration wird abhängig vom Bodenwassergehalt in den 5 Modellschichten mit Hilfe spezifischer Parameter für die Landnutzungs- und Vegetationstypen des für NRW hinterlegten ATKIS Basis-DLMs berechnet. Versiegelte Flächen werden mit einer speziellen Methodik behandelt und sind durch ein hochaufgelöstes Raster der Versiegelungsgrade abgebildet (Copernicus Land Monitoring Service, High Resolution Layer Imperviousness, 2012, 20 m).

Auf Basis der simulierten Abflussbildung wird im Modell mGROWA der Gesamtabfluss in Komponenten des Direktabflusses und die Grundwasserneubildung separiert. Je nach lokalen Standorteigenschaften ergeben sich diese Größen auf direktem Rechenweg oder sie werden mittels empirisch gewonnener raster-basierter BFI-Werte (Verhältnis von Grundwasserneubildung zu Gesamtabfluss) berechnet. Die Abbildung 12 zeigt den im Rahmen der Abflusseparation im Modell mGROWA verwendeten Entscheidungsbaum.



**Abbildung 12:** Entscheidungsbaum in der mGROWA-Abflusseparation zur Bestimmung der für die Berechnung der Grundwasserneubildung und einzelner Direktabflusskomponenten relevanten Standorteigenschaften.

Aus diesem Entscheidungsbaum ergibt sich für Nordrhein-Westfalen eine Karte der räumlichen Verteilung der im Modell mGROWA für die Separation des Gesamtabflusses relevanten Standorteigenschaften (Abbildung 13). Diese ermöglicht in der Praxis eine Rückverfolgung der für individuelle Rasterzellen eines Untersuchungsgebietes verwendeten Methodik sowie der dazu vorliegenden Datengrundlagen. Mit dieser Karte (Abbildung 13) wird auch eine realistische Bewertung der Unsicherheiten, die aus Datengrundlagen resultieren, ermöglicht, sowie die Relevanz verschiedener Komponenten des Direktabflusses zusätzlich zur Grundwasserneubildung im Rahmen von Dargebotsbetrachtungen offensichtlich.

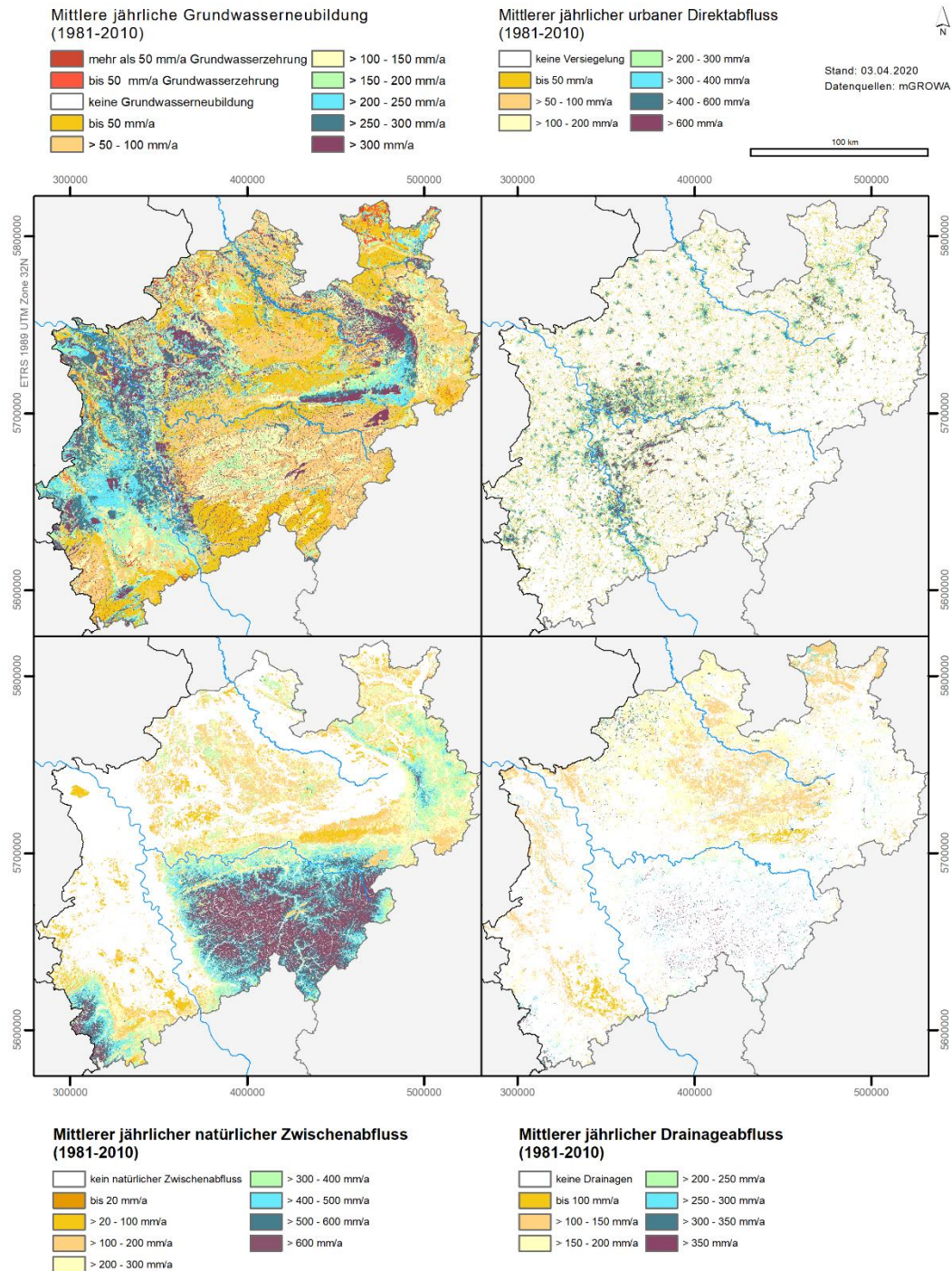


**Abbildung 13:** Räumliche Verteilung der in mGROWA für die Separation des Gesamtabflusses relevante Standorteigenschaften.

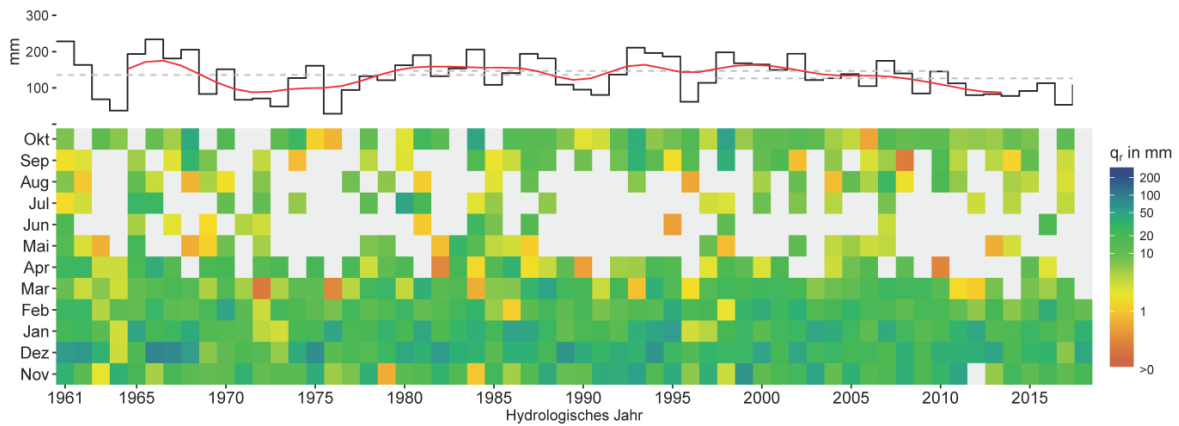
Die Abbildung 14 zeigt exemplarisch für die hydrologische Periode 1981-2010 die für Dargebotsbetrachtungen in hohem Maße relevanten Karten der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung, des mittleren jährlichen urbanen Direktabflusses, des mittleren jährlichen natürlichen Zwischenabflusses und des mittleren jährlichen Drainageabflusses.

Die Abbildung 15 zeigt eine Zeitreihendarstellung der mit mGROWA simulierten Grundwasserneubildung. Hinter dieser Darstellung stehen die über ganz Nordrhein-Westfalen und die jeweiligen Zeitschritte aggregierten räumlichen Muster der Grundwasserneubildungskarte aus Abbildung 14. Ein durch die Dynamik der Sickerwasserbewegung gesteuerter Jahresgang ist ausgeprägt, d. h. Grundwasserneubildung findet hauptsächlich im Winterhalbjahr statt. In sehr regenreichen Sommerhalbjahren kann jedoch eine Grundwasserneubildung auch über mehrere Sommermonate auf einem eher für Wintermonate typischen Niveau stattfinden. Die Veränderung der langjährigen Mittelwerte liegt auf einem für die Grundwasserbewirtschaftung durchaus relevanten Niveau (136 mm/a, 147 mm/a, 126 mm/a).

Ein U-Test (Mann-Whitney-Wilcoxon-Test), mit dem geprüft wurde ob zwischen den Dekaden 1998-2007 und 2008-2017 ein signifikanter Unterschied vorliegt, ergab  $\alpha=0,998$ , d. h. eine signifikant veränderte Verteilung der jährlichen Grundwasserneubildung auf einem geringeren Niveau in der letzten Dekade.

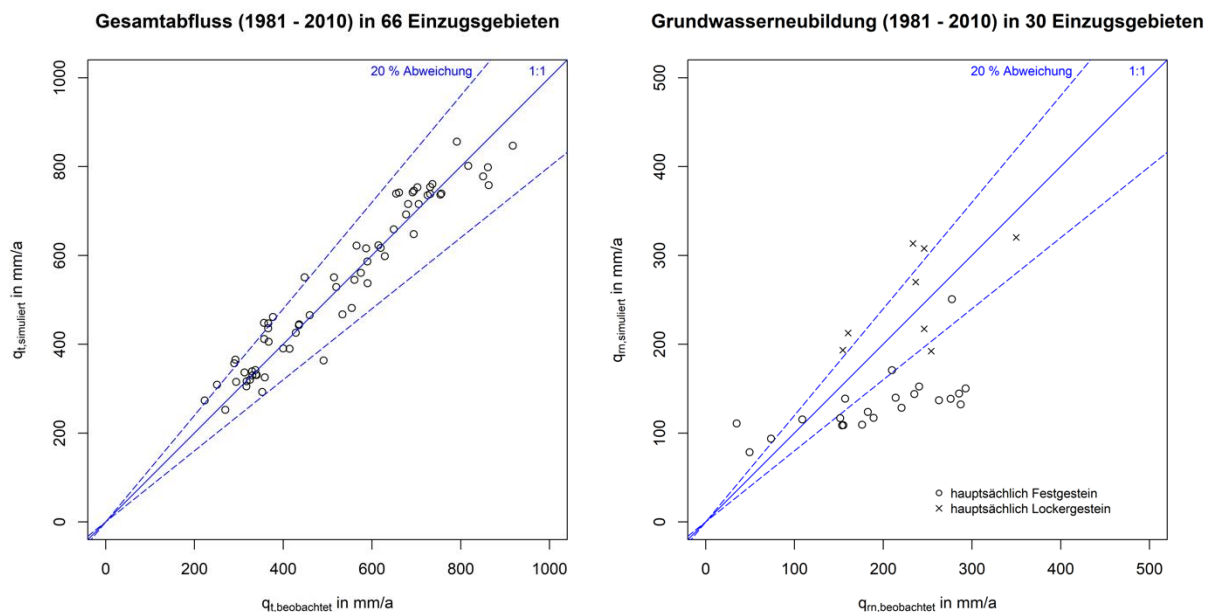


**Abbildung 14:** Auf Basis der mGROWA-Simulation berechnete mittlere jährliche Grundwasserneubildung (links oben), mittlerer jährlicher urbaner Direktabfluss (rechts oben), mittlerer jährlicher natürlicher Zwischenabfluss (links unten) und mittlerer jährlicher Drainageabfluss (rechts unten) jeweils für die Periode 1981-2010.



**Abbildung 15:** Zeitreihendarstellung der Grundwasserneubildung in NRW von 1961 bis 2017 berechnet mit mGROWA unter Verwendung von beobachteten DWD-Klimadaten. Der obere Teil zeigt Jahressummen, langjährige Mittelwerte (grau gestrichelte Linien) und eine Tiefpass-gefilterte Kurve (rot), der untere Teil die tatsächlichen Monatssummen als Raster-Hydrograph.

Die Güte der mit mGROWA simulierten Wasserhaushaltsgrößen Gesamtabfluss und Grundwasserneubildung wurde in insgesamt 66 geeigneten Einzugsgebieten durch Vergleiche mit dem beobachteten Abflussregime evaluiert. Diese Evaluierung erfolgte durch Gegenüberstellung der langjährigen Mittelwerte des simulierten und des beobachteten Gesamtabflusses (MQ-Werte) bzw. der simulierten Grundwasserneubildung und des berechneten Anteils des Basisabflusses am beobachteten MQ-Wert (Abbildung 16). Als Ergebnis dieser Evaluierung konnte festgestellt werden, dass für das Bundesland Nordrhein-Westfalen eine sehr gute Modelleffizienz erreicht wird.



**Abbildung 16:** Evaluierung des mit mGROWA ermittelten mittleren jährlichen Gesamtabflusses und der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung in der Periode 1981-2010.

## **A.8. Beitrag 8 – Vektordaten-basiertes Verfahren zur Ermittlung der Sickerwasserrate im langjährigen Mittel GLADIS (GD NRW)**

**Autor: Dr. Thomas Schöbel, Geologischer Dienst NRW**

**GLADIS (GLA-Direktabfluss und Sickerwasser)** ist das Bodenwasserhaushalts-Modell des GD NRW, das Sickerwasserraten aus dem durchwurzelten Boden im langjährigen Mittel (1971 bis 2000) auf Tagesbasis ermittelt. Es ist in ArcGIS integriert und wurde an Lysimeterdaten überprüft.

Für 25 % der in NRW nach BK50 kartierten Flächen (8563 km<sup>2</sup>), bei denen die Grundwasserstände im 2-Meter-Raum vorliegen, kann die Sickerwasserrate aus dem effektiven Wurzelraum „We“ annähernd der Grundwasserneubildung gleichgesetzt werden, sofern keine Drainagen, Infiltrationen oder lateralen Zu-/Abflüsse vorhanden sind. Eine Berücksichtigung künstlicher Drainagen wurde in der Vergangenheit erprobt und aufgrund der sehr heterogen und nicht flächendeckend (digital) vorliegenden Datengrundlage für nicht aussagekräftig befunden. Eine systematische Ableitung dokumentierter Drainflächen aus vorhandenen mittel- und großmaßstäbigen Bodenkarten war nicht zufriedenstellend.

Für weitere knapp 2 % der in NRW nach BK50 kartierten Flächen (561 km<sup>2</sup>) liegen hohe und sehr hohe Staunässen vor, sodass hier direkte Abflüsse in die nächsten Vorfluter überwiegen. Bereiche mit potenziell negativer Grundwasserneubildung sind bei höher anstehendem Grundwasser möglich, werden aber im Falle der dort wahrscheinlich anzutreffenden anmoorigen und moorigen Substrate wegen der fehlenden Parametrisierungsmöglichkeit mit GLADIS nicht berechnet. Für die restlichen 73 % liegen große Flurabstände vor, sodass das Sickerwasser aus der durchwurzelten Bodenzone bis zur Grundwasseroberfläche noch eine teilgesättigte Zone durchsickern muss, die nicht mit konkreten Schichtdaten modelliert wird. Da hier potenziell auftretende Effekte (z. B. Interflow bei hohem Relief und geringer leitfähigen Schichten) daher nicht abgebildet werden, muss hier auf lokaler Ebene geprüft werden, ob die ermittelten Sickerwasserraten als Grundwasserneubildung angesetzt werden können.

Eingangsdaten:

**Bodenartspezifische Kennwerte** werden aus der mittel- oder großmaßstäbigen Bodenkarte (skalenübergreifend als Vektordaten) nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Ad-hoc-AG Boden, 2005) je Bodeneinheit oder Einzelfläche für den nutzungsspezifischen Wurzelraum abgeleitet.

**Flächenspezifische Klimaparameter-Tageswert-Zeitreihen** für Niederschlag, Luftfeuchte, Temperatur und Haude-Verdunstung (Haude 1954) werden im Programmteil KLIMA aus naheliegenden Niederschlags- und Klimastationen entfernungsgewichtet (ArcGIS-Kriging) abgeleitet und gespeichert. Dafür stehen für NRW ca. 400 Niederschlags- und ca. 42 Klimastationen mit Tageswertzeitreihen der Jahre 1951 bis 2000 zur Verfügung.



Die **Reliefdaten** Höhe und Neigung werden aus dem **DGM 5** von Geobasis NRW abgeleitet und jeder Einzelfläche zugewiesen. Auf dieser Grundlage wird der **Direktabfluss** (Modul **DI**-**rekt**) nach dem Verfahren nach Dörhöfer & Josopait (1980) abgeleitet und vermindert neben der nutzungsspezifischen **Interzeption** die tägliche Niederschlagsmenge, die in den Boden eindringen kann. Die Interzeption liegt zwischen 5 % der Niederschläge für Acker- und Grünland und 15 - 20% der Niederschläge für Misch- bzw. Nadelwald.

Simulationsverfahren:

Die **Sickerwassersimulation (Modul GLASI)** kann auf Tagesbasis entsprechend der Angaben in den Bodenkarten 1 bis max 6 Bodenschichten bis 2 Meter Erkundungstiefe berücksichtigen. Standardmäßig wird die Sickerwassersimulation für den Bereich der effektiven Durchwurzelungstiefe („We“) durchgeführt, da man davon ausgehen kann, dass darunter keine Verdunstungseinflüsse mehr vorhanden sind und so das Sickerwasser weiter in die ungesättigte Zone gelangen kann. Ein dort möglicher kapillarer Aufstieg wird berücksichtigt.

Die **potenzielle Verdunstung nach Haude (1954)** wird im effektiven Wurzelraum („We“) bodenfeuchteabhängig nach dem Ansatz von Renger et al. (1974) auf die **aktuelle Verdunstung** (= tatsächliche Evapotranspiration) korrigiert.

Die **Wasserleitfähigkeit** (gesättigte Wasserleitfähigkeit  $k_f$ ) der Schichten im Boden wird ebenfalls durch die aktuelle Bodenfeuchte beeinflusst. Je trockener die Schicht, umso stärker wird die Wasserleitfähigkeit reduziert (ungesättigte Wasserleitfähigkeit  $k_u$ ). Diese Zusammenhänge werden in GLASI durch Zahlenreihen aus Wassergehalt und Reduktionsfaktoren nachgebildet, die nach Scheffer & Schachtschabel (1984) für Sande, Lehme und Tone abgeleitet wurden. Im GD NRW wurde analog noch eine 4. Gruppe der schluffig-lehmigen Sande entwickelt. Jede Bodenart wird einer dieser Gruppen zugeordnet.

Die **Flurabstände** werden aus den Angaben der Bodenkarten ermittelt. Der Abstand (Saum) zwischen Grundwasseroberfläche und der Unterkante der effektiven Durchwurzelungstiefe steuert den **kapillaren Aufstieg** in Abhängigkeit von Bodenfeuchte und Bodenart.

Nutzungsszenarien / Landnutzung:

Standardmäßig werden drei **Nutzungsszenarien** 1. Acker-Fruchtfolge, 2. Grünland und 3. Mischwald für alle dargestellten Bodenflächen berechnet. Da Moorböden bzw. stark humose Böden nicht parametrisiert werden können, werden sie nicht simuliert, aber kenntlich gemacht. Die Berücksichtigung von drainierten Flächen erscheint nur in großmaßstäbigen Kartierungen bei ausreichender Datenlage sinnvoll.

Für Siedlungs- und versiegelte Flächen können im Nachgang zur Simulation mit Kenntnis der lokalen Gegebenheiten und Fachwissen Korrekturen vorgenommen werden.

Ausblick:

Künftig sollte KLIMA / GLADIS in die Lage versetzt werden, Niederschlags- und Klimadaten bis mindestens 2020 nutzen zu können. Da brauchbare Klimastationen bzw. Zeitreihen ausreichender Länge regional immer schlechter verfügbar sind, ist zu überlegen, ob auf die DWD-Rasterdaten aus dem CDC gewechselt werden muss. Damit verbunden wäre auch ein Wechsel der Verdunstungsermittlung, da der DWD die Gras-Referenzverdunstung als Raster anbietet. Die Anpassung an die verschiedenen Landnutzungen ist dann obligatorisch.

KLIMA / GLADIS bleibt auch zukünftig ein Simulationsmodell für die Sickerwasserrate im und aus dem Boden (bzw. aus dem effektiven Wurzelraum „We“), was nach BK50 (s.o.) für 25 % der Landesfläche annähernd der Grundwasserneubildung entspricht. Es bleibt ein Modell mit enger Anbindung an die Bodenkarten der verschiedenen Maßstabebenen. Also auch 1:5000 und größer, ist damit also feiner aufgelöst, was die Bodendaten betrifft.

## **A.9. Beitrag 9 – Flächendifferenzierte Ermittlung der Grundwasserneubildung im Rheinischen Revier - Ergebnisse der AG Grundwasserneubildung (2012) und Erfahrungsbericht**

**Autor: Stefan Simon, Erftverband**

Im Rahmen der vom Erftverband geleiteten Arbeitsgruppe Grundwasserneubildung (2009-2012) wurden eine Vielzahl von Verfahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung im Rheinischen Braunkohlenrevier auf der Ebene von hydrogeologischen Teilräumen als auch auf Einzugsgebietsebene vergleichend gegenübergestellt und validiert. Es wurden zudem Empfehlungen zum weiteren Einsatz der Verfahren ausgesprochen. Der Abschlussbericht der Arbeitsgruppe Grundwasserneubildung steht unter <https://www.erftverband.de/grundwasserneubildung/> zum Download zur Verfügung.

Die Arbeitsgruppe Grundwasserneubildung hat empfohlen, in den im Rheinischen Braunkohlenrevier betriebenen klein- und großräumigen Grundwassermodellen eine Vereinheitlichung der Eingangsdaten zur Grundwasserneubildung vorzunehmen und hierbei auf die Berechnungsergebnisse nach Schröder & Wyrwich (1990) (Zeitraum: 1961-2000) zurückzugreifen. Diese durch den Erftverband neu abgeleiteten flächendifferenzierten Daten der Grundwasserneubildung decken auch den niederländischen Teilraum bis zur Maas ab. Zwischenzeitlich konnte eine Aktualisierung und Vereinheitlichung der Grundwasserneubildung in den Grundwassermodellen des LANUV, des Erftverbandes und der RWE Power AG erreicht werden.

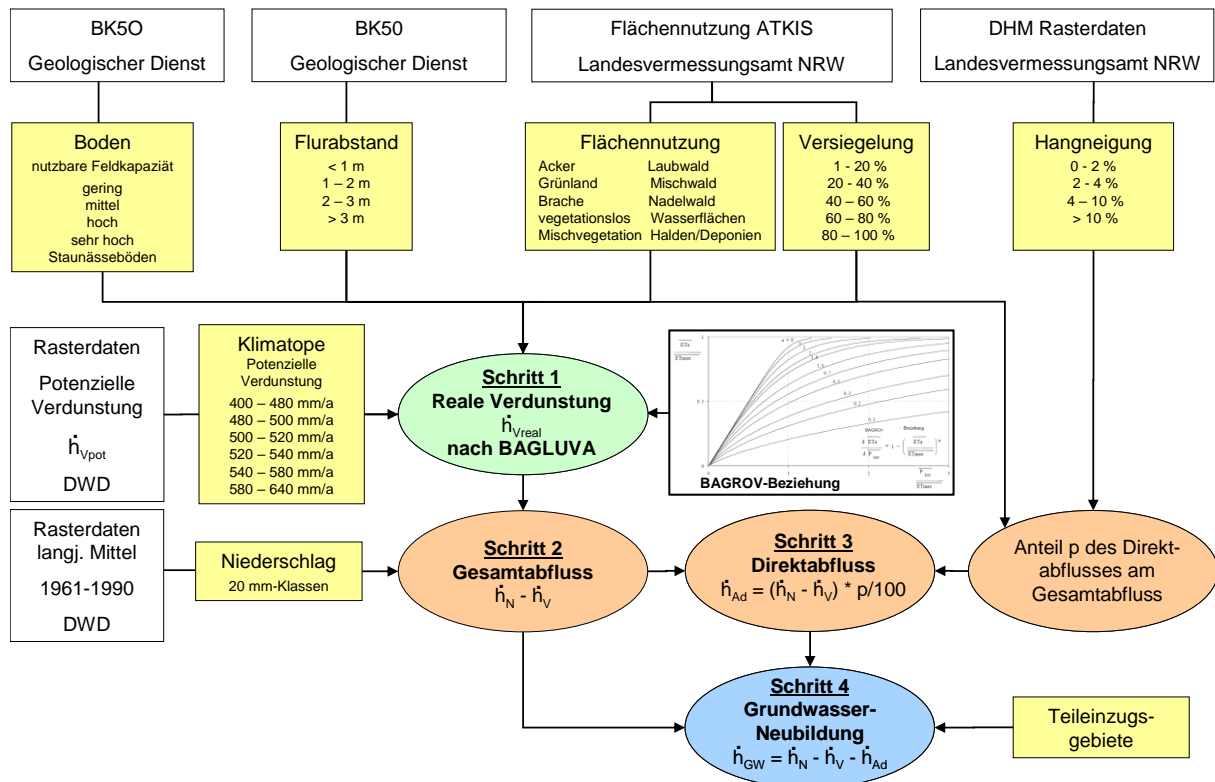
Für Dargebotsbilanzierungen im Rahmen von wasserrechtlichen Erlaubnis- und Bewilligungsverfahren sollten einheitlich die mit dem Verfahren GROWA (Niederschlag nach DWD, Zeitraum: 1961-2000) berechneten Grundwasserneubildungsraten verwendet werden. Durch die entsprechende Festlegung im Jahresgespräch Braunkohle im Jahr 2012 und die kostenfreie Bereitstellung der Rasterdaten der Grundwasserneubildung durch den Erftverband konnte die Beurteilungsgrundlage für Grundwasser- und Dargebotsbilanzierungen weitgehend vereinheitlicht werden.

Zukünftig sollten die mit dem Wasserhaushaltsmodell mGROWA berechneten flächendifferenzierten Daten der Grundwasserneubildung (Zeitraum: 1981-2010) für die Bearbeitung wasserwirtschaftlicher Fragestellungen und die Aufstellung von Grundwasserbilanzen im Rheinischen Braunkohlerevier einheitlich verwendet werden. Es wird angeregt, die Berechnungen mit mGROWA auch auf den niederländischen Teilraum bis zur Maas auszudehnen, um die bislang in den großräumigen Grundwassermodellen enthaltenen Daten nach Schröder & Wyrwich (1990) mittelfristig ersetzen zu können.

## A.10. Beitrag 10 – Grundwasserneubildung im urban und bergbaulich überprägten Raum am Beispiel der Emscher-Lippe-Region

**Autor: Dr. Johannes Meßer, Emscher Wassertechnik GmbH  
Lippe Wassertechnik GmbH**

Das Berechnungsverfahren GWneu ist ein vereinfachtes flächendifferenziertes Verfahren, das bei Berechnung des langjährigen Mittels ohne klimatische Bodenwasserbilanzen auskommt. Die einfache Anwendung durch Verwendung von Tabellen führt dazu, dass die Ergebnisse für alle Wasserhaushaltsgrößen leicht nachvollziehbar sind. Es besitzt besondere Anpassungen für urbane Räume (Befestigung, urbane Böden), ist aber ebenso in unbebauten Gebieten und Festgesteinsgebieten bzw. Mittelgebirge einsetzbar. In Abbildung 17 sind die berücksichtigten Eingangsdaten dargestellt. Die Verdunstung basiert auf dem Verfahren BAGLUVA (DVWK, 2002). Von besonderer Bedeutung ist die Entkopplung der Eingangsparameter Flurabstand und Boden, wodurch eine Auswirkungsprognose bei Flurabstandsveränderungen, z. B. durch Grundwasserentnahmen, möglich ist. Für die Direktabflussabtrennung vom Überschusswasser (Niederschlag minus Verdunstung) ist keine Auswertung von Abflussdaten notwendig, zumal der Abfluss in Gewässern, insbesondere im urbanen Raum, oftmals durch wasserwirtschaftliche Eingriffe beeinflusst ist.



**Abbildung 17:** Eingangsdaten und Berechnungsgang

Im Zusammenhang mit der Erstellung der flächendifferenzierten Grundwasserneubildungskarte für den Hydrologischen Atlas von Deutschland (HAD) wurde ein Vergleich der Verfahren durchgeführt (Neumann, 2004). Hierbei wurden die Verfahren Dörhöfer & Josopait (1980), Liebscher & Keller (1979), Schröder & Wyrwich (1990), GROWA 98 und GWneu (Meßer, 1997) miteinander verglichen. Dabei kommt Neumann (2004) zu dem Schluss: Auf der Grundlage der betrachteten 106 Einzugsgebiete zeigt der Ansatz GWneu (Meßer, 1997), bezogen auf Trendverlauf und Korrelation, die beste Anpassung aller genannten Modellversionen, während die Modifikationen nach Schröder & Wyrwich (1990), GROWA 98 sowie Dörhöfer & Josopait (1980) größere Streuungen und systematische Abweichungen zeigen.

In den vergangenen 25 Jahren erfolgte ein vielfältiger Einsatz des Berechnungsverfahrens vor allem zur Kalibrierung numerischer Grundwassermodelle. Allein bei Emschergenossenschaft und Lippeverband wurden über 100 Modelle, sowohl Detailmodelle als auch Großraummodelle, damit kalibriert ohne größere Anwendungsprobleme. Darüber hinaus wurde es bei Wasserrechtsverfahren, Bilanzierung von Quelleinzugsgebieten und einer Vielzahl von Fragestellungen des urbanen Wasserhaushaltes angewendet.

Der urbane Wasserhaushalt ist gekennzeichnet durch zahlreiche Besonderheiten: In Bezug auf die Einträge sind es die Niederschlagszunahme durch größere Aerosolgehalte, die Regenwasserversickerung, Einfuhr von Wasser aus dem Umland, Leckagen aus Kanälen (Abwasser- und Schiffahrtskanäle) und Wasserzufuhr aus tieferen Stockwerken. Die Verringerung der Vegetationsflächen führt zur Abnahme der Transpiration und die Eingriffe in den Wärmehaushalt zur Erhöhung der (potenziellen) Evapotranspiration auf den verbleibenden Grünflächen. Ebenso beeinflussen urban-industrielle Böden und veränderte Flurabstände die Evapotranspiration. Die Befestigung der Flächen führt zur Zunahme des Direktabflusses und Verringerung der Grundwasserneubildung. Gebietsfremde Einleitungen (Kläranlagen, Grubenwasser) erhöhen den Trockenwetterabfluss der Vorfluter. Über undichte Kanäle und Dränagen zur Trockenhaltung unterirdischer Bauwerke wird Fremdwasser zu den Kläranlagen und von dort in die Vorfluter abgeleitet.

Durch Einflüsse des Menschen im urbanen Raum (auch darüber hinaus) weichen die aktuellen Bodeneigenschaften z.T. deutlich von den ursprünglichen (z. B. in der BK50 dargestellten) ab. Dies betrifft die Grundwassertiefe (GWTiefe) und die nutzbare Feldkapazität, die auf Anschüttungsböden in der BK50 oft auch gar nicht benannt ist. Im Ruhrgebiet bestehen beispielsweise zwei Drittel der Flächen aus anthropogen veränderten Böden, darunter z. B. Regosole aus Steinkohlenberge und Bauschutt oder Hortisole.

Viele befestigte Flächen besitzen eine Grundwasserneubildung, weil sie durchlässige Beläge besitzen (z. B. Betonverbundsteine) oder nicht an die Kanalisation angeschlossen sind (z. B. Geräteschuppen in den Gärten, Straßen im Außenbereich). In Abhängigkeit vom Boden und dem Flurabstand ist der Einfluss der Befestigung auf die Grundwasserneubildung sehr unterschiedlich (Abbildung 18). Um z. B. im Falle einer Bebauung den Eingriff in den Wasserhaushalt beurteilen zu können und konkret den Einfluss auf die Grundwasserneubildung zu kompensieren, bietet GWneu einfache Anwendungsmöglichkeiten. Es gilt bei sensiblen Flurabständen und grenzwertigen Durchlässigkeiten eine Überkompensation durch die Regenwasserversickerung zu vermeiden.

In Bezug auf den Jahresverlauf der Grundwasserneubildung kann über klimatische Bodenwasserbilanzen eine Aufteilung auf die Monate erfolgen. Auch hier bietet der urbane Raum zahlreiche Besonderheiten. Vegetationslose Flächen, wie z. B. Güterbahnhöfe, weisen über alle Monate relativ hohe Grundwasserneubildungsraten auf, während in vegetationsbestandenen Flächen die Grundwasserneubildung vor allem im Winterhalbjahr stattfindet, bzw. bei geringen Flurabständen im Sommer sogar eine Zehrung aus dem Grundwasser erfolgt. Zudem kommt es bei befestigten Flächen durch die Versickerung in den Fugen ganzjährig zu einer geringen Grundwasserneubildung, da keine Vegetation das Sickerwasser aus dem Boden entnehmen kann.

Am Beispiel des Einzugsgebietes der Emscher kann der (grundwasserbürtige) Wasserhaushalt für ein hochurbanes Gebiet verdeutlicht werden. Die Grundwasserneubildungsrate beträgt im unterirdischen Einzugsgebiet, das deutlich vom oberirdischen abweicht,  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , während der Trockenwetterabfluss (Median) mit  $11,7 \text{ m}^3/\text{s}$  mehr als dreimal so hoch ist.

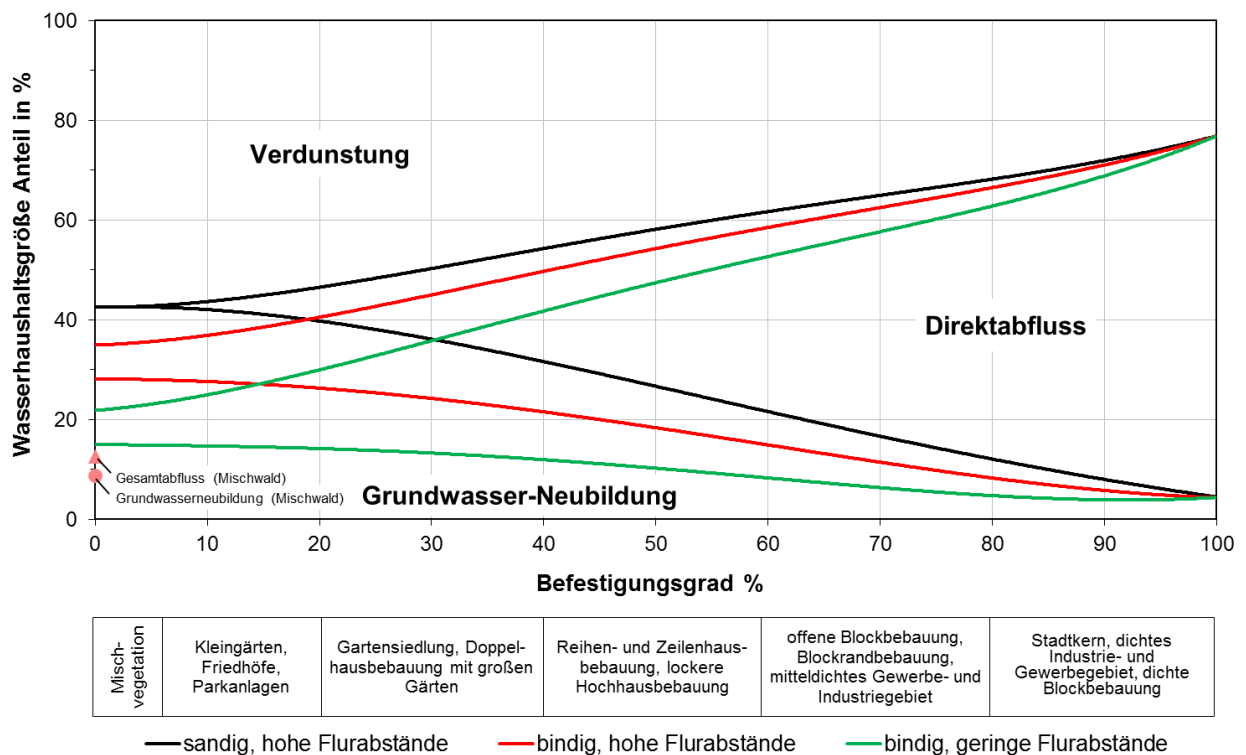


Abbildung 18: Befestigung und Wasserhaushaltsgrößen

Etwa ein Drittel der Grundwasserneubildung wird als Fremdwasser über die Kläranlagen abgeführt (undichte Kanalisation, Dränagen, Rückhaltebecken, Fehllanschlüsse von Gräben). Weitere Verlustgrößen sind die Tiefenversickerung in tiefere Stockwerke (Turon, Karbon) und Grundwasserentnahmen. Auf der anderen Seite kommen Einleitungen aus den Kläranlagen (verwendetes Trinkwasser aus dem Ruhr- und Lippeeinzugsgebiet), Grubenwassereinleitungen des Bergbaus und Versickerungen aus den Schifffahrtskanälen zum Trockenwetterabfluss dazu. Nach Bilanzierung aller wesentlichen Einflussgrößen, unterstützt durch die numerischen Modelle, ergibt sich eine schlüssige Bilanz für den Trockenwetterabfluss der Emscher.

Bei der Berechnung der Grundwasserneubildung bzw. Bilanzierung für einen Untersuchungsraum sind dem Bearbeitungsmaßstab und der Fragestellung angepasste sachgerechte Eingangsdaten (insbesondere Flächennutzung und Boden) besonders wichtig. Zuverlässige Eingangsdaten sind vor allem für die Flurabstände wichtig, da sie sowohl die Verdunstung als auch den Direktabfluss beeinflussen. Beispielsweise erhöht sich bei zunehmenden Flurabständen, z. B. durch eine Grundwasserentnahme, die Grundwasserneubildung, wenn es sich im Ursprungszustand um semiterrestrische Böden handelt. Erfahrungsgemäß ist das verwendete Berechnungsverfahren oft weniger sensitiv als die Güte der Eingangsdaten. Ein Vergleich des Basisabflusses in den Vorflutern mit der Grundwasserneubildung ist nur dann sinnvoll, wenn die Vergleichbarkeit gewährleistet ist. Wasserbauliche Maßnahmen, die z. B. zu einer Vergleichmäßigung des Abflusses führen können (z. B. Stauseen, Fischteiche) oder Einleitungen aus gebietsfremden Einzugsgebieten (z. B. Wasserimport über Kläranlagen) können das Verhältnis von Gesamtabfluss zu Basisabfluss gravierend beeinflussen. Bei der Ermittlung des Dargebotes in einem Gebiet ist die Abgrenzung des unterirdischen Einzugsgebietes von außerordentlicher Bedeutung. Eine ausführliche Darstellung des Berechnungsverfahrens GWneu mit zahlreichen Anwendungsbeispielen sind unter [www.gwneu.de](http://www.gwneu.de) zu finden.

## **A.11. Beitrag 11 – Im Gebiet der LINEG eingesetzte Verfahren / Grundwasserbilanzmodell**

**Autor: Dr. Wolfgang Kühn, LINEG**

### **Hintergrund der Notwendigkeit der Nutzung eines GW-Modells**

Neben den klassischen Aufgaben der sondergesetzlichen Wasserverbände Nordrhein-Westfalens wie Abwasserbehandlung, Gewässerunterhaltung und -renaturierung hat die LINEG auch die Verpflichtung zur Grundwasserregulierung. Diese ist wegen der untertätigen Gewinnung von Steinkohle und Steinsalz erforderlich. Der Abbau von Steinkohle wurde mit der Schließung des letzten Steinkohlebergwerks Ende 2012 beendet und hat im mittleren und südlichen LINEG-Gebiet Bodensenkungen von bis zu 12 m hinterlassen. Der noch andauernde Abbau von Steinsalz im nördlichen LINEG-Gebiet wird noch in den nächsten Jahrzehnten zu Veränderungen der Tagesoberfläche führen.

Um zu verhindern, dass infolge der Bodensenkungen für Gebäude und Landnutzung durch zu geringe oder gar negative Flurabstände Schäden entstehen sind Regulierungen der Grundwasserstände erforderlich. Daher betreibt die LINEG mittlerweile rd. 175 solcher Polderanlagen, deren jährliche Fördermengen rd. 100 Mio. m<sup>3</sup> betragen. Daher ist die ursprüngliche Grundwasseroberfläche, die von Südwesten nach Nordosten zum Rhein als Vorfluter leicht geneigt war, heute stark verformt und weist unterschiedliche Fließrichtungen auf.

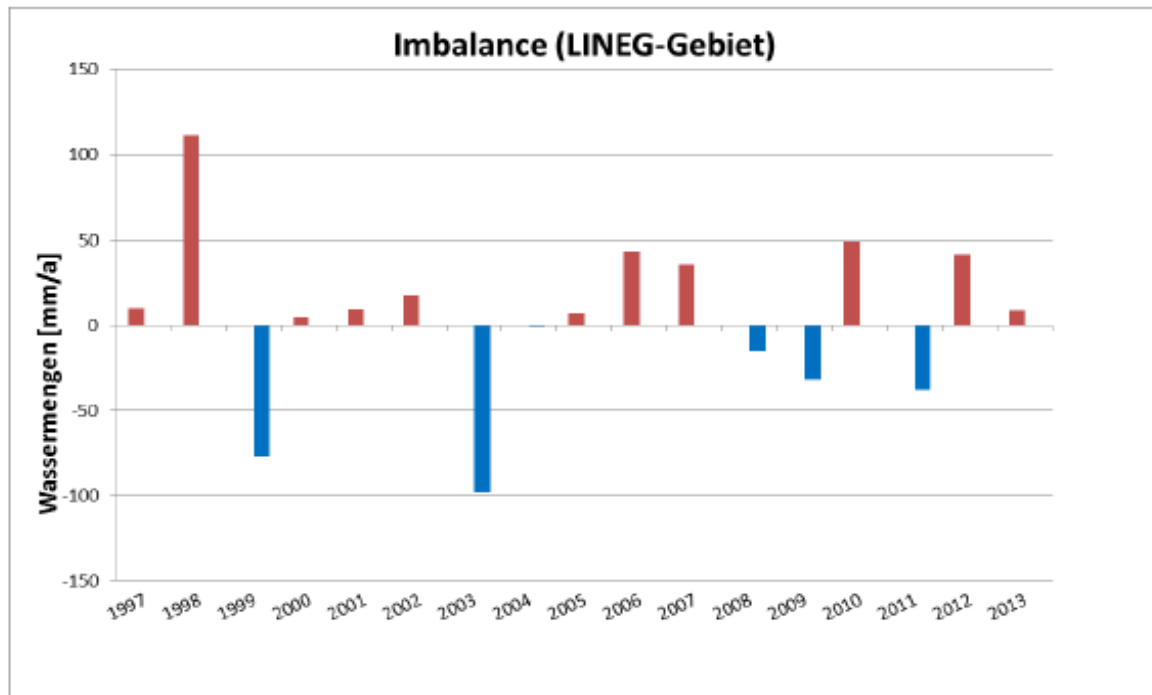
### **Modellaufbau und GW-Neubildung**

Zur Bemessung von Brunnenanlagen wurde in den 80er Jahren das erste Grundwassermodell eingeführt, das im Laufe der Zeit immer wieder aktualisiert wurde. Heute betreibt die LINEG ein GW-Modell unter FEFLOW, das zwischen den Grenzen Rhein und Niers über 1000 km<sup>2</sup> umfasst und zur Lösung verschiedenster Fragestellungen herangezogen wird. Zur Ermittlung der Grundwasserneubildung dient das Modelltool ARC-SIWA, welches u. a. auf korrigierte Niederschlagsdaten und potentielle Evapotranspirationen zurückgreift.

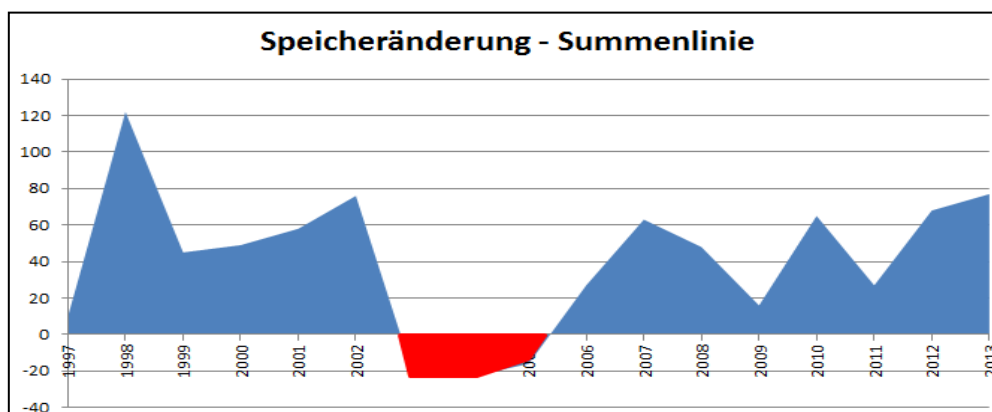
### **GW-Bilanzierung**

Anhand dieses Modelles konnte auch untersucht werden, inwieweit eine Gefährdung des mengenmäßigen Zustands der Grundwasserkörper innerhalb des LINEG-Gebietes zu befürchten ist. Hierzu wurde eine Grundwasserbilanzierung für die Jahre 1997 bis 2013 durchgeführt. Das Ergebnis der Berechnung zeigt, dass innerhalb dieses Zeitraums sowohl Jahre mit negativer als auch Jahre mit positiver Bilanz zu verzeichnen sind, d. h. Jahre mit einer leerenden und Jahre mit einer auffüllenden Wirkung auf den Grundwasserspeicher (Abbildung 19). Insgesamt zeigt sich als Mittelwert der Jahre 1997 – 2013 aber ein Bilanzüberschuss im Mittel über das gesamte Bilanzgebiet von 77 mm (Abbildung 20). Eine Einzelbetrachtung für die Grundwasserkörper 27\_04 und 27\_08 weist ebenfalls Überschüsse von 158 mm respektive 75 mm aus.





**Abbildung 19:** Jährliche Wasserbilanzen im LINEG-Gebiet



**Abbildung 20:** Wasserbilanzen der Einzeljahre, kumuliert zur langfristigen Speicheränderung

## Nachbetrachtung

Ein Überschuss von gerade mal 77 mm in dem Bilanzzeitraum 1997 bis 2013 ist sehr gering. Betrachtet man die Niederschlagsentwicklung der letzten 110 Jahre (Messstelle Moers-Repele), erkennt man zwar einen tendenziell zunehmenden Trend, der sich sowohl im Winter- als auch im Sommerhalbjahr zeigt, aber gerade die letzten Jahre, 2017 bis 2019, zeigen beispielsweise an der Messstelle in Alpen ein Defizit von über 404 mm. Neben dem Niederschlag hat auch der Rhein einen enorm hohen Einfluss auf die GW- Bilanz am Niederrhein. Bei höheren Wasserständen verliert der Rhein seine Vorflutfunktion und füllt durch Infiltration den GW-Körper auf. In Rheinnähe können GW-Schwankungen von mehreren Metern beobachtet werden;

mit zunehmender Entfernung zum Rhein nimmt die Schwankungsbreite ab. Der mittlere Rheinwasserstand am Pegel Ruhrort hat in den letzten 110 Jahren um mehr als 2 m abgenommen, was langfristig tendenziell einen negativen Einfluss auf die Grundwasserstände am Niederrhein zeigt. Andererseits bedeuten in Bergsenkungsgebieten abnehmende GW-Stände nicht unbedingt auch abnehmende GW-Mengen, da auch der GW-Leiter, hier das Tertiär, um das gleiche Maß wie die Erdoberfläche absinkt und die ggf. notwendige GW-Regulierung die GW-Oberfläche nur auf das für die Nutzung erforderliche Maß absenken muss, was eine Zunahme der Mächtigkeit des Aquifers bedeuten kann.

Die LINEG wird in diesem Jahr das GW-Modell aktualisieren und eine weitere Bilanzierung bis einschließlich 2018 durchführen. Darüber hinaus sollen Einzelbilanzierungen, z. B. mit den Verhältnissen 2017 bis 2018, durchgeführt werden um den Einfluss des Klimawandels zu simulieren. Ferner werden wir für die Jahre 2017 bis 2018 das Bewässerungspotential für landwirtschaftliche Zwecke bestimmen.

## A.12. Beitrag 12 – NRW-Grundwasserbilanzmodell

**Autor: Dr. Michael Eisele, Fachbereich 52, LANUV**

### Hintergrund

Im Rahmen des Kooperationsprojekts **GROWA+ NRW 2021** („Regionalisierte Quantifizierung der diffusen Stickstoff-Einträge in das Grundwasser und Modellierung des N-Transports und der Fließ- und Verweilzeiten im Grundwasser in Nordrhein-Westfalen“) wurde flächendeckend für das gesamte Bundesland Nordrhein-Westfalen eine als Rasteroberfläche auswertbare Grundwasserfläche benötigt. Aus diesem Grund wurde im Jahr 2017 im Auftrag des LANUV durch die Firma delta h ein zweidimensionales stationäres Grundwassermodell aufgebaut, welches sowohl die Lockergesteins- als auch die Festgesteinsgebiete in NRW abdeckt.

### Modellaufbau und - Weiterentwicklung

Das Modell hat einen Flächenumfang von ca. 34.000 km<sup>2</sup> und eine Anzahl von ca. 5.3 Millionen Knoten. Wesentliche Modellrandbedingungen sind die Grundwasserneubildung als Modellantrieb, Durchlässigkeit und Mächtigkeit der oberen Grundwasserleiter, Topographie, Gewässernetz sowie Entnahmepunkte und -mengen. Das Modell wurde als Finite-Elemente-Modell mit der Software SRRING erstellt. Für die Kalibrierung wurden Grundwasserstände aus dem Jahr 2006 verwendet, die innerhalb der Bezugsperiode 2006-2015 als repräsentativ gelten für mittlere Grundwasserverhältnisse. In Gebieten mit vorhandenen aktuellen Grundwassergleichplänen von Verbänden oder Kommunen (bspw. Erftverband, LINEG) wurden dem Modell die darin enthaltenen Grundwasserstände vorgegeben. Diese beziehen sich dabei z.T. auf andere Jahre innerhalb der Bezugsperiode 2006-2015, repräsentieren jedoch stets ebenfalls mittlere Grundwasserverhältnisse. In allen anderen Gebieten wurden die aus der hydrogeologischen Karte vorgegebenen Durchlässigkeiten im Rahmen der Modellkalibrierung schrittweise angepasst. Nach der Kalibrierung wurde mit einem mittleren Abweichungsbetrag von 1,59 m landesweit eine gute Anpassung an die gemessenen Grundwasserstände (ca. 2400 Messstellen) erreicht.

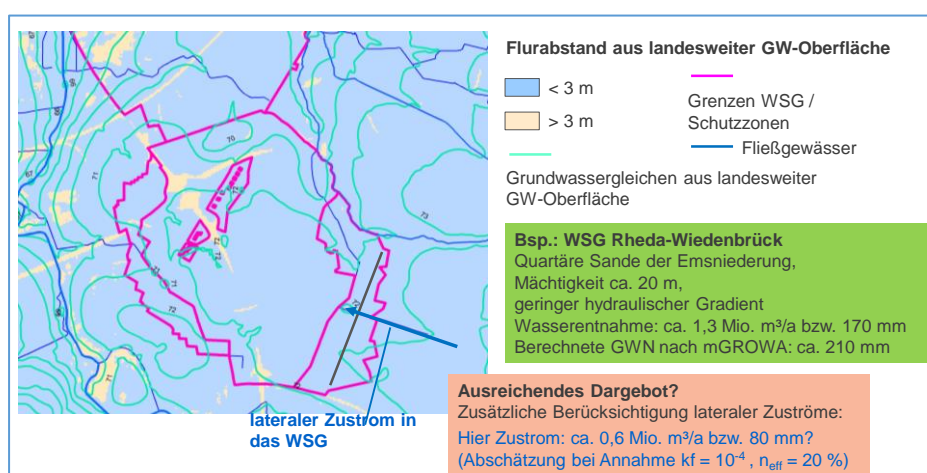
Aufgrund des bei der Modellerstellung nur eingeschränkt verfügbaren Zeitumfangs konnte aber noch nicht in allen Gebieten von NRW eine optimale Anpassung an die gemessenen Grundwasserstände erzielt werden. In den meisten Gebieten des Festgesteins war bspw. eine gute Anpassung an gemessene Grundwasserstände nur teilweise möglich und aufgrund der nur sporadisch vorhandenen Messungen auch nicht aussagekräftig. Die im Festgestein berechneten Grundwasserstände sind deshalb zwar insgesamt hydraulisch plausibel, müssen aber insbesondere in einigen höhergelegenen Bereichen des rheinischen Schiefergebirges als unsicher betrachtet werden. Aus diesen Gründen wurde im Jahr 2018 die Firma delta h mit der Weiterentwicklung des Grundwassermodells beauftragt. Ziele sind die Verbesserung der Anpassung in einigen Bereichen des Lockergesteins sowie insbesondere die Verbesserung der Aussagekraft im Festgestein. Daneben soll die Machbarkeit einer instationären Modellierung geprüft werden.

Die Verbesserung des Modells soll einerseits durch die Hinzunahme zusätzlicher bzw. detaillierterer Datengrundlagen erzielt werden. Zu nennen sind hierzu ein detaillierteres Gewässernetz, ein höher auflösendes digitales Geländemodell, das landesweite Querkataster, zusätzliche hydrogeologische Informationen (bspw. Schichtmächtigkeiten und Durchlässigkeiten) sowie eine größere Anzahl von Messstellen zur Kalibrierung. Andererseits soll eine Verbesserung durch die Weiterentwicklung des Modellaufbaus (bspw. durch Verdichtung der Netzknoten oder durch weitere Differenzierung der Bereiche unterschiedlicher Durchlässigkeit) erreicht werden. Ein Teil der oben genannten Verbesserungen im Modell wurden bereits umgesetzt. Erste Ergebnisse zur Kalibrierung des weiterentwickelten Modells mit einer größeren Anzahl von Messstellen liegen vor.

### Modellanwendungen / Nutzungsmöglichkeiten

Im Rahmen des o.g. Kooperationsprojekts **GROWA+ NRW 2021** wurde die mit dem Modell berechnete Grundwasseroberfläche u.a. zur Berechnung des Flurabstands bei der Quantifizierung der Verweilzeit in den Grundwasserdeckschichten sowie zur Berechnung des hydraulischen Gradienten und der Fließpfade als Grundlage zur Berechnung der Fließzeit im oberen Grundwasserleiter verwendet. Derzeit wird die Grundwasseroberfläche in Einzelprojekten auch als Randbedingung für kleinräumigere Grundwassermodelle genutzt. Als weitere Nutzungsmöglichkeiten des Modells kommen zukünftig die Abschätzung des Flurabstands in Gebieten ohne Grundwassergleichpläne bzw. Messstellen, die Ausweisung des Grundwasseranschlusses von Fließgewässern oder die Prognose von Niedrig- bzw. Höchstständen in Frage.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Nutzung des Modells zur Berücksichtigung lateraler Zu- und Abströme bei der Abschätzung des Grundwasserdargebots für bestimmte Gebietsabgrenzungen. In Abbildung 21 ist beispielhaft die Nutzung der landesweiten Grundwassergleichen zur Abschätzung des lateralen Zustroms in ein Trinkwasserschutzgebiet im Bereich der Emsniederung dargestellt. Auch wenn hier nur eine grobe Abschätzung vorgenommen wurde, wird aus dem Beispiel deutlich, dass unter bestimmten Umständen bei der Abschätzung des Grundwasserdargebots neben der Grundwasserneubildung auch laterale Zu- und Abströme berücksichtigt werden müssen.

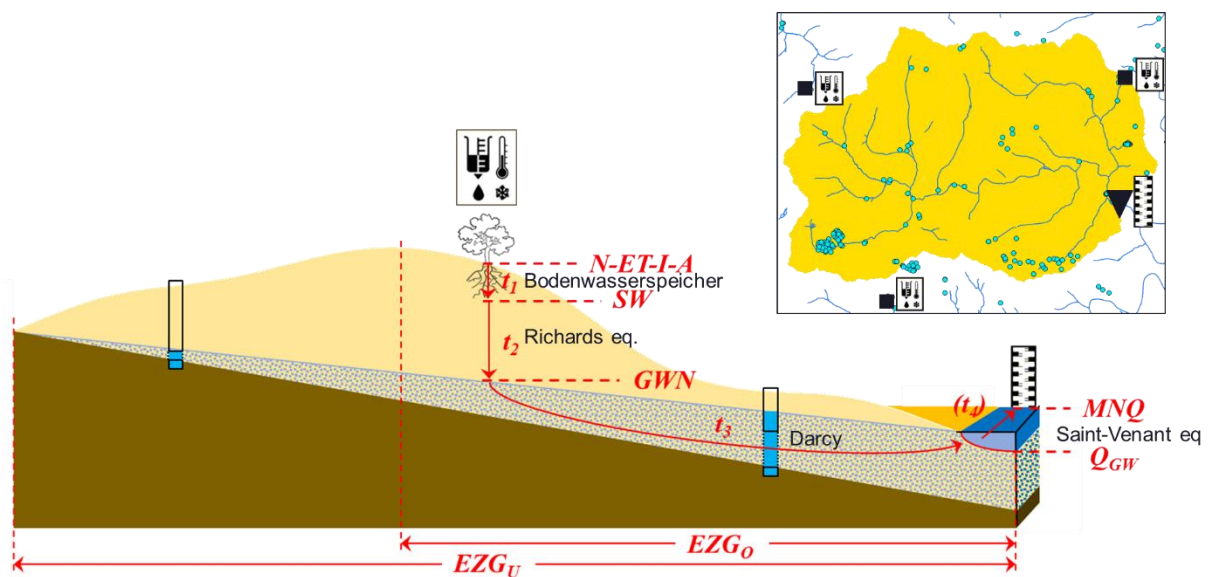


**Abbildung 21:** Abschätzung eines zu erwartenden lateralen Grundwasserzustroms in einem Trinkwasserschutzgebiet im Bereich der Emsniederung.

## A.13. Beitrag 13 – Gewässersystemmodellierung mit flächendifferenzierter, geschlossener, instationärer Wasserhaushaltsbilanz

Autoren: Martin Becker und Prof. Dr.-Ing. Christoph M. König,  
delta h Ingenieurgesellschaft mbH, Witten

Die Lösung wasserwirtschaftlicher und naturschutzfachlicher Fragestellungen in Bezug auf das Grundwasser erfordert in zunehmendem Maße eine ganzheitliche Betrachtung des ober- und unterirdischen Gewässersystems (siehe z. B. Abbildung 22).



**Abbildung 22:** Mathematisch-physikalische Beschreibung der Fließprozesse im Gewässersystem (Systemskizze)

Im Rahmen einer Studie zur Prognostizierung möglicher Auswirkungen von Veränderungen in den Klimaparametern auf die mittleren und saisonalen Grundwasser- und Flurabstände wurde in Zusammenarbeit mit der Ruhr-Universität Bochum im Auftrag der Stadt Düsseldorf die Methode RUBINFLUX (Zepp et al., 2017) entwickelt, die eine räumlich und zeitlich hoch aufgelöste Ermittlung von Sickerwasserraten und schnellen Abflusskomponenten erlaubt. RUBINFLUX ist eine an Lysimeter- und Gewässerabflüssen geprüfte Methodik, die bewährte Berechnungsroutinen mit einer e-Funktion für die Sickerwasserabgabe aus dem wasserungesättigten Bodenspeicher kombiniert. Die steuernde Variable ist hierbei die zeitvariante Differenz zwischen der aktuellen und der Bodenwasserspeicherung bei Feldkapazität. In der Implementierung in die Grundwassermodellierungssoftware SPRING (König et al., 2019) hat sich RUBINFLUX als geeignet erwiesen, komplexe Hydro-Systeme abzubilden und steht mehr als 500 Nutzern zur Verfügung.

Wie bei der Grundwassermodellierung i.d.R. üblich, sind Einflussgrößen, die das Grundwasserangebot reduzieren (wie z. B. landwirtschaftliche Dränagen) oder erhöhen (wie z. B. effluente Gewässerabschnitte), durch geeignete Modellrandbedingungen zu berücksichtigen. Da ihr Einfluss mit den Grundwasserständen interagiert, sind pauschale Korrekturen von Sickerwasserraten für ihre Berücksichtigung bei der Ermittlung der Grundwasserneubildung häufig nicht geeignet. Zum einen sind solche Korrekturen meist nur anhand von Abflussmessungen am Vorfluter des betrachteten Einzugsgebiets möglich, die aber aufgrund der Vielzahl weiterer Einflussgrößen nur relativ undifferenzierte Rückschlüsse auf den betrachteten Einflussparameter erlauben. Zum anderen sind die Einflüsse auf das Grundwasserangebot häufig nur zeitweise bei hohen oder niedrigen Grundwasserständen wirksam, so dass durch eine vorgeschaltete Korrektur der das Grundwasser erreichenden Wassermengen ohne Berücksichtigung der korrespondierenden Grundwasserstände keine hinreichende Genauigkeit bei der Bilanzierung erzielt werden kann. Dies gilt umso mehr für Prognosen bzgl. möglicher Klimaveränderungen.

Insbesondere der Einfluss von Dränagen und Oberflächengewässern kann für flächendifferenzierte Aussagen meist nur mithilfe von Grundwassermodellen zuverlässig beschrieben werden. Dabei werden Dränagen und Gewässer mithilfe von Leakage-Randbedingungen abgebildet, die den Wasseraustausch u.a. in Abhängigkeit des Grundwasserstands beschreiben. Die Abbildung zeitweise oder ganzjähriger effluenter Gewässerabschnitte erfordert zudem eine Berücksichtigung des Abflussangebots, da dieses die Limitierung der Infiltration von Oberflächenwasser in das Grundwasser bestimmt. In SPRING steht daher mit der Möglichkeit der Vernetzung von Gewässern eine erweiterte Gewässer-Grundwasser-Interaktion zur Verfügung, die diesem Umstand Rechnung trägt. Neben dem grundwasserbürtigen Abfluss können dabei auch die mit RUBINFLUX ermittelten Direktabflussanteile im Gewässer berücksichtigt werden. Auch eine Ableitung der Wasserstände im Gewässer anhand der berechneten Abflussmengen ist möglich.

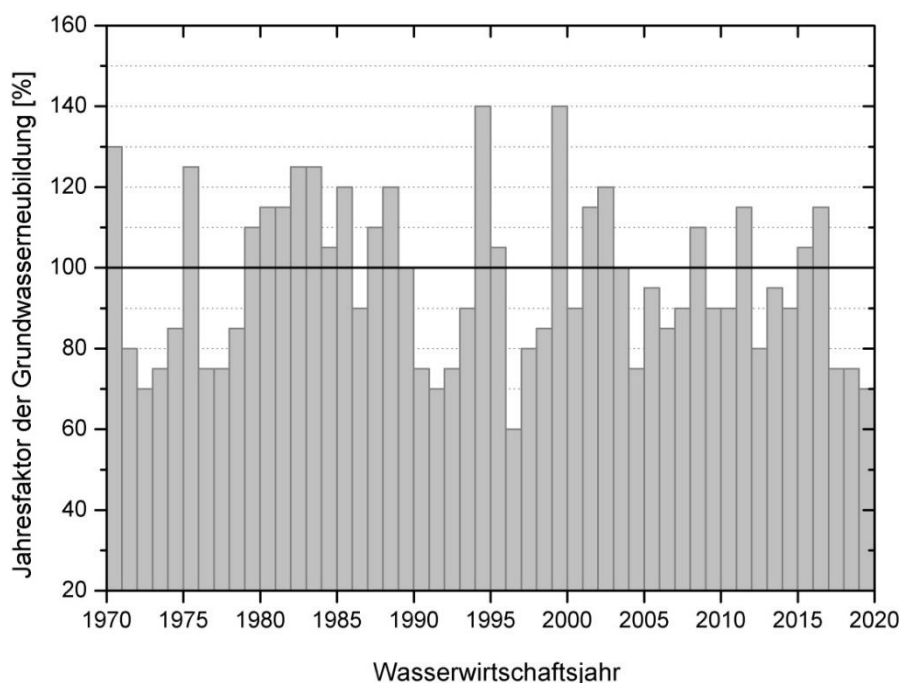
Mit zunehmenden Flurabständen steigt der hydraulische Widerstand durch die ungesättigte Zone. Untersuchungen in den gut durchlässigen Halterner Sanden haben gezeigt, dass bei Flurabständen von rd. 20 m mit einer zeitlichen Verzögerung von drei und mehr Monaten zwischen dem Verlassen des Sickerwassers aus der Wurzelzone bis zum Erreichen der Grundwasser Oberfläche zu rechnen ist. Neben der zeitlichen Verzögerung kommt es zudem zu einer deutlichen Dämpfung zwischen Sickerwasserrate und Grundwasserneubildung um den Faktor 5 und mehr. Die Abbildung dieser Effekte erfordert eine vertikale Auflösung der ungesättigten Zone des Grundwasserleiters in wenige Dezimeter mächtige Elemente. Da sich eine so feine Diskretisierung in größeren Untersuchungsgebieten als kaum praxistauglich erwies, wurde in der durchgeführten Untersuchung das Modellgebiet in Flurabstandsklassen mit verschiedenen Landnutzungen und Bodenparametern aggregiert. Für diese typisierten Klassen wurde dann jeweils der Grundwasserneubildungsgang ermittelt und dem Grundwassermodell als instationäre Randbedingung übergeben. Eine Weiterentwicklung dieses Ansatzes mithilfe einer flächendifferenzierten Kopplung der Bodenzone (Sickerwasserrate) an die gesättigte Zone des Grundwasserleiters (Grundwasserneubildung) über eindimensionale Säulen wird derzeit vorbereitet.

## A.14. Beitrag 14 – Ableitung von Zeitfaktoren der Grundwasserneubildung (Jahres- und Monatsfaktoren)

Autoren: Stefan Simon & Dr. Renate Jaritz, Ertfverband

Neben Aussagen zur langjährigen mittleren Grundwasserneubildung sind für bestimmte wasserwirtschaftliche Fragestellungen auch Aussagen zur zeitlichen Dynamik der Grundwasserneubildung erforderlich, z. B. bei instationären Grundwassermodellrechnungen oder zeitabhängigen Grundwasserbilanzierungen. Zeitlich höher aufgelöste Berechnungen der Grundwasserneubildung sind u. a. mit instationären Bodenwasserhaushaltsmodellen möglich.

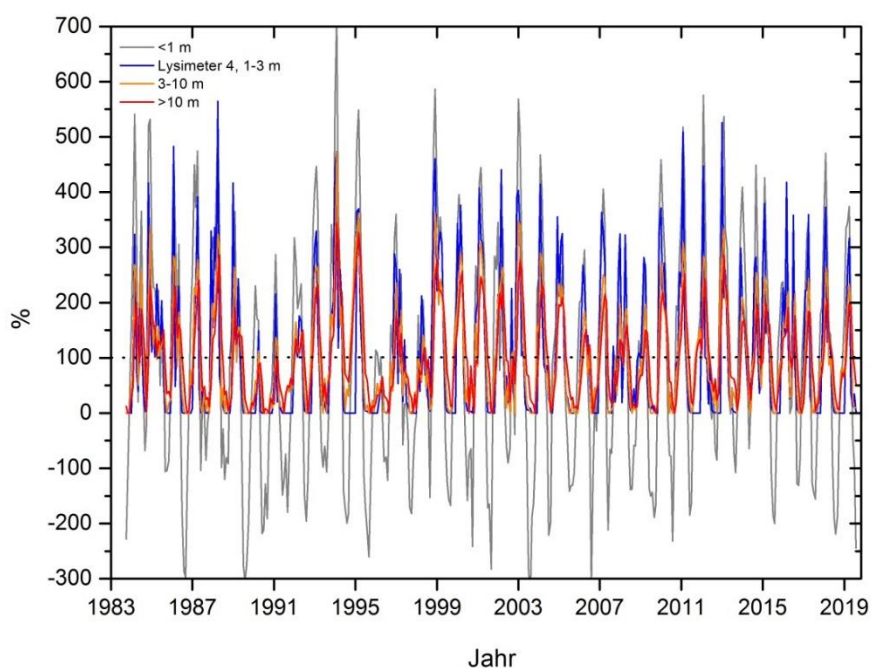
Der Ertfverband ermittelt jährlich einen Jahresfaktor der Grundwasserneubildung (Abbildung 23). Dieser wird rekursiv aus gemessenen Grundwasserstandsdaten geeigneter Grundwasser messstellen im Rheinischen Braunkohlenrevier abgeleitet. Voraussetzung hierfür ist, dass diese eine unbeeinflusste Grundwasserstandsdynamik sowie eine ausreichende zeitliche Auflösung von Messwerten aufweisen. Zudem müssen Kenntnisse über die effektive Porosität des Grundwasserleiters vorliegen. Mit Hilfe des sogenannten dQ-Verfahrens wird dabei die Änderung des Grundwasserabstromes (dQ) im Verhältnis zum mittleren Grundwasserabstrom berechnet. Die speicherwirksame Porosität wird anhand des Grundwasserspiegelabfalls ermittelt. Die Messstellen-bezogenen Faktoren der jährlichen Grundwasserneubildung werden in Prozent ausgedrückt, über alle Messstellen gemittelt und anschließend auf 5 % gerundet angegeben und veröffentlicht.



**Abbildung 23:** Jahresfaktoren der Grundwasserneubildung im Rheinischen Braunkohlenrevier (1970-2019)

Neben dem dQ-Verfahren wird auch das WTF-Verfahren (Water-Table Fluctuation Method, Healy & Cook, 2002) beim Erftverband eingesetzt, um Jahresfaktoren der Grundwasserneubildung zu berechnen. Hierbei wird das Auslaufverhalten der Grundwasserstände an unbeeinflussten Messstellen untersucht. Auch bei diesem Verfahren ist die effektive Porosität des Grundwasserleiters zu bestimmen. Mithilfe von derzeit 23 unbeeinflussten Grundwassermessstellen kann ebenfalls jährlich ein Faktor der Grundwasserneubildung berechnet werden. Eine Erweiterung des Messstellenumfangs ist geplant. Zudem soll versucht werden, Aussagen über eine regionale Differenzierung der Grundwasserneubildung im Rheinischen Braunkohlenrevier zu treffen.

Für zeitlich höher aufgelöste Grundwassermodellrechnungen werden vom Erftverband für vier Flurabstandsklassen Monatsfaktoren der Grundwasserneubildung ermittelt (Abbildung 24). Hierbei werden Daten der Lysimeterstation Mönchengladbach-Rheindahlen der NEW NiederrheinWasser GmbH (NEW AG, 2012) verwendet. Für die Flurabstandsklasse 1-3 Meter wird die am Lysimeter 4 direkt gemessene Sickerwasserrate genutzt; für die Flurabstandsklassen <1 Meter, 3-10 Meter und >10 Meter werden berechnete zeitliche Verläufe der Sickerwasserrate aus einem Bodenwasserhaushaltsmodell (Hydrotec, 1994) verwendet, die mit Hilfe von kalibrierten Übertragungsfunktionen und dem Wiener-Filter-Verfahren (Bucher, 1999) aus den Eingangsdaten Sickerwasserrate, Niederschlag und Verdunstung (jeweils Lysimeter 4) fortgeschrieben werden. Die Messdaten der Lysimeterstation Mönchengladbach-Rheindahlen müssen hierzu fortlaufend plausibilisiert werden.



**Abbildung 24:** Monatsfaktoren der Grundwasserneubildung im Rheinischen Braunkohlenrevier (1982-2019)



## **A.15. Beitrag 15 – Standardisierung von Ansätzen der Dargebotsermittlung sowie Anforderungen an wasserrechtliche Erlaubnis-anträge im Rheinischen Revier**

**Autoren: Stefan Simon, Erftverband**

Das nutzbare Grundwasserdargebot stellt nach der DIN 4049 einen Teil des gewinnbaren Grundwasserdargebots dar, das für die Wasserversorgung unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen genutzt werden kann. Die Dargebotsreserve entspricht dem nutzbaren Grundwasserdargebot abzüglich der genehmigten Entnahmemengen. Wesentliche positive Komponenten bei einer Grundwasserbilanz als Grundlage für eine Dargebotsbilanz sind:

- langjährige mittlere Grundwasserneubildung (und/oder positive Leakagekomponente)
- ggf. Zustrom aus Teilgebieten
- ggf. Infiltration aus Gewässern

Wesentliche negative Komponenten bei einer Grundwasserbilanz sind:

- ggf. Aussickerung in tiefere Stockwerke (negative Leakagekomponente)
- ggf. Abstrom in Teilgebiete
- ggf. Exfiltration in Gewässer
- ggf. Anspruch von grundwasserabhängigen Landökosystemen

Angaben zur langjährigen mittleren Grundwasserneubildung bilden eine wichtige Grundlage für die Erstellung einer Grundwasserbilanz. Folgende Anforderungen sind im Fall einer Standardisierung der Grundwasserneubildung an diese Daten zu stellen:

- belastbare Abbildung des Wasserhaushalts mit Anwendbarkeit im Locker- und Festgesteinsbereich,
- möglichst hohe räumliche Auflösung der Daten,
- freie Verfügbarkeit und einfache Weiterverarbeitung der Daten,
- Einsetzbarkeit auf verschiedenen Maßstabsebenen,
- Einsetzbarkeit für Bezugsperiode und ggf. für Zeiträume mit Klimaprojektionen.

Einige Vor- und Nachteile standardisierter Daten der Grundwasserneubildung sind in Tabelle 4 aufgeführt. Im Rheinischen Braunkohlenrevier sind über die Empfehlungen der Arbeitsgruppe Grundwasserneubildung und ein Behördengespräch aus dem Jahr 2012 Festlegungen getroffen worden, dass bislang die flächendifferenzierten Daten der Grundwasserneubildung nach GROWA (Niederschlag nach DWD) als einheitliche Beurteilungsgrundlage für wasserrechtliche Verfahren verwendet werden. Insofern konnte für diesen Raum bereits eine Standardisierung erreicht werden.

**Tabelle 4:** Standardisierung der Grundwasserneubildung

Vorteile	Nachteile
keine gesonderte Berechnung erforderlich (Kosten/Zeit)	lokale Besonderheiten/relevante Prozesse werden möglicherweise nicht optimal abgebildet
einheitliche Datengrundlage bei Nutzungskonflikten	höherer Aufwand durch Aktualisierung von Datengrundlagen (z. B. in Grundwassermodellen)
qualitätsgesicherte Datengrundlage	
Vergleichbarkeit in verschiedenen Räumen gegeben	

An wasserrechtliche Erlaubnisansträge für landwirtschaftliche Beregnungsbrunnen werden, gestaffelt nach Jahresförderhöchstmenge, entsprechende Anforderungen an die Nachweise des nutzbaren Grundwasserangebotes gestellt. Hierzu hat der Erftverband in Zusammenarbeit mit verschiedenen Wasserbehörden im Jahr 2013 eine Checkliste erarbeitet (Erftverband, 2013; siehe Abbildungen 25 und 26). Durch den Erftverband werden erforderliche Daten der Grundwasserneubildung nach GROWA (Niederschlag nach DWD) als zentrale Grundlage für Dargebotsbilanzierungen kostenfrei zur Verfügung gestellt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass im Rheinischen Revier seit 2012 eine Standardisierung der flächendifferenzierten Daten der Grundwasserneubildung vorliegt. Abweichungen von diesen Daten sind möglich, wenn belastbare Begründungen hierfür aufgezeigt werden. Insgesamt konnte eine hohe Verbreitung der Grundwasserneubildungsdaten und damit ein hoher Standardisierungsgrad bei Antragstellern bzw. beratenden Ingenieurbüros erreicht werden.

Im Tätigkeitsgebiet des Erftverbandes liegen hervorragende hydrogeologisch-wasserwirtschaftliche Daten vor, um auf der Ebene von Bilanz- oder Einzugsgebieten fundierte Dargebotsbilanzen zu erstellen. Für den Fall einer Erarbeitung landesweiter Grundwasserbilanzen sollte die Fachexpertise regionaler Akteure, wie z. B. Wasserwirtschaftsverbände oder Wasserversorgungsunternehmen unbedingt einbezogen werden.

## Checkliste für Anträge auf Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis zur Grundwasserentnahme für die landwirtschaftliche Beregnung

Die Bohrtiefe für die Errichtung von Beregnungsbrunnen sollte grundsätzlich auf das oberste Grundwasserstockwerk beschränkt werden.

### Allgemeine Angaben, Erläuterungsbericht:

- Lage der/des Brunnen/s (Grundstück, Gemarkung, Flur, Flurstück, Rechts- und Hochwerte, innerhalb/außerhalb von Wasserschutzzonen, innerhalb/außerhalb von Naturschutzgebieten)
- Lage der Beregnungsflächen (Gemarkung, Flur, Flurstück)
- Angaben zu beantragten Fördermengen (Angaben in  $\text{m}^3/\text{a}$ ,  $\text{m}^3/\text{d}$ ,  $\text{m}^3/\text{h}$ )
- Mengenbedarf (Bedarfsnachweis) und Beregnungsplan der Landwirtschaftskammer (Anbaufläche, Früchte, spezifische Beregnungsmenge, etc.)
- Angaben zur jeweiligen Förderleistung der Pumpe/n bzw. Beregnungsanlage/n
- Angaben zur bisherigen Wasserrechtshöhe bei Bestandsbrunnen
- Angaben zu bisherigen Fördermengen bei Bestandsbrunnen

### Darstellungen, Pläne:

- Übersichtslageplan (Topographische Karte 1:10.000 oder 1:25.000) mit Lage der/des Brunnen/s
- Detaillageplan (Deutsche Grundkarte 1:5.000) mit Lage der/des Brunnen/s
- Voraussichtlicher oder vorhandener Ausbauplan der/des Brunnen/s (Bohr- und Ausbaudurchmesser, Lage des Filters, Ausbautiefe, ggfs. Tonabdichtungen, Abschlussbauwerk) mit Grundwasserstand und geologischem Schichtenprofil

### Ergänzende Darstellungen und Angaben<sup>1</sup>:

- Beantragte Fördermenge pro Brunnen:  $\leq 10.000 \text{ m}^3/\text{a}$ :
  - nur bei Lage der/des Brunnen/s in einer Wasserschutzzone ist ein Nachweis des verfügbaren Grundwasserangebotes erforderlich
  - in der Regel keine vertiefenden Angaben erforderlich (Ausnahme: Lage der/des Brunnen/s im Nahbereich grundwasserabhängiger Biototypen)
- Beantragte Fördermenge pro Brunnen:  $> 10.000 \text{ m}^3/\text{a}$  und  $\leq 50.000 \text{ m}^3/\text{a}$ :
  - Nachweis des verfügbaren Grundwasserangebotes (bei vorhandenem Bergbaueinfluss auch für den Zeitpunkt Oktober 1955)
  - Bewertung der Auswirkungen auf Dritte<sup>2</sup> und grundwasserabhängige Ökosysteme (Ausmaß und Reichweite der Grundwasserabsenkung)

<sup>1</sup> Die technischen Unterlagen sind in der Regel durch einen Fachplaner zu erstellen.

Stand: 11.07.2013

**Abbildung 25:** Checkliste für Anträge auf Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Beregnung (S.1)

- Beantragte Fördermenge pro Brunnen: > 50.000 m<sup>3</sup>/a:
  - Nachweis des verfügbaren Grundwasserdargebotes (bei vorhandenem Bergbaueinfluss auch für den Zeitpunkt Oktober 1955)
  - Bewertung der Auswirkungen auf Dritte<sup>2</sup> und grundwasserabhängige Ökosysteme (Ausmaß und Reichweite der Grundwasserabsenkung)
  - Konstruktion der/des unterirdischen Einzugsgebiete/s der/des Brunnen/s
  - Ganglinien benachbarter Grundwassermessstellen

*Verfasser:*

Erftverband in Abstimmung mit  
Landwirtschaftskammer NRW,  
Bezirksregierung Düsseldorf (Dez. 54),  
Bezirksregierung Köln (Dez. 54),  
Kreis Heinsberg (Untere Wasserbehörde),  
Stadt Mönchengladbach (Untere Wasserbehörde)

---

<sup>2</sup> Wirtschaftliche Nutzungen (Fischerei, Land-/Forstwirtschaft), Sach- und Kulturgüter, Gewässernutzungen und wasserwirtschaftliche Anlagen

Stand: 11.07.2013

**Abbildung 26:** Checkliste für Anträge auf Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Beregnung (S.2)

## **A.16. Beitrag 16 – Neues DWA-Merkblatt M 590: „Grundsätze und Richtwerte zur Beurteilung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung“**

**Autorin: Dr. Sabine Heumann, Niedersächsisches Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG Niedersachsen)**

Das Merkblatt M 590 erschien im Juni 2019. Die wichtigsten Gründe für die Erstellung waren:

- der starke Anstieg des Bewässerungsbedarfs in Landwirtschaft und Gartenbau aufgrund des Klimawandels,
- die z.T. sehr kritische Bewertung von Anträgen zur Entnahme von Wasser für die Bewässerung (u.a. wegen WRRL) und
- die stark unterschiedlichen Bewertungs- und Vorgehensweisen in den einzelnen Bundesländern.

Ziel des Merkblatts war insbesondere die Entwicklung von bundesweit gültigen und relativ leicht anwendbaren Methoden zur Ermittlung des mittleren jährlichen Zusatzwasserbedarfs in Abhängigkeit von spezifischen Boden-, Klima- und Kulturdaten. Dabei sollten Anforderungen der Bewässerungspraxis als auch Grundsätze der Wasserwirtschaftsverwaltung berücksichtigt werden. Die wichtigsten Inhalte des Merkblatts sind:

- Grundlagen und Rahmenbedingungen
- Ermittlung des Zusatzwasserbedarfs für
  - a. landwirtschaftliche Hauptkulturen**
  - b. Gemüse, Obst, sonstige Kulturen
  - c. Grünflächen und Sportanlagen
- **Grundsätze für die wasserwirtschaftliche Bewertung** (Gesetze, Antragsverfahren, u.a.)
- Verfahren und Kosten der landwirtschaftlichen Zusatzbewässerung
- Beispiele für Anträge

Im Vortrag wurden insbesondere die fettgedruckten Inhalte näher erläutert.

Aktuelle Planungen des zuständigen DWA-Fachausschusses GB-4 „Bewässerung“ sind:

- Weitere Intensiv-Seminare zum Merkblatt M 590, u.a. in NRW (LWK + FgHW der DWA)
- Erarbeitung eines Merkblatts zur „Steuerung von Bewässerung im Freilandanbau“
- Erarbeitung eines Merkblatts zur „Klarwasserverwendung für die Bewässerung“

## A.17. Beitrag 17 – Aquifercharakteristiken in NRW

Autoren: Bernd Linder, Geologischer Dienst NRW

Das Land Nordrhein-Westfalen wird naturräumlich durch sehr unterschiedliche Landschaften geprägt. Dies spiegelt sich auch in einer sehr heterogenen GW-Landschaft wider. Zur Charakterisierung von hydrogeologisch homogenen Bereichen werden geologische Großstrukturen verwendet, sowie eine Trennung in Locker- und Festgesteine durchgeführt.

Dadurch ergeben sich vier hydrogeologische Räume mit Festgesteinscharakter (Rheinisches Schiefergebirge, Mechernicher Triasbucht, Münsterländer Kreidebecken, Nordwestdeutsches Bergland), sowie drei Räume mit Lockergesteinscharakter (Niederrheinische Tieflandsbucht, Sandmünsterland, Nord- und mitteldeutsches Lockergesteinsgebiet; Abbildung 27).

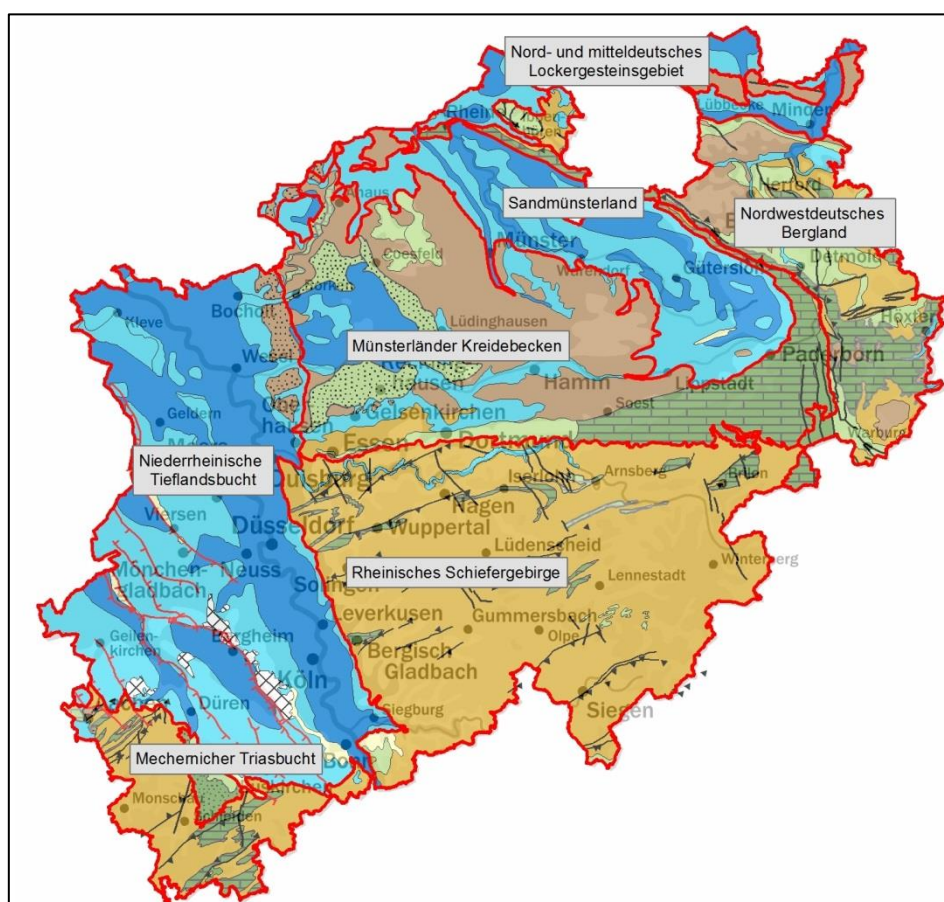


Abbildung 27: Hydrogeologische Räume in NRW

Die überwiegend schlecht durchlässigen Kluftgrundwasserleiter des **Rheinischen Schiefergebirges** bestehen aus gefalteten und geschieferten Gesteinen des Paläozoikums. Ausnahmen bilden die gut durchlässigen, häufig verkarsteten Massenkalken, sowie die Kalken und Dolomite der Eifelkalkmulden. Eingebettet in die Eifel liegt die **Mechernicher Triasbucht**; eine keilförmige Senke mit ergiebigen Sandsteinen des Mittleren Buntsandsteins.

Im Osten findet sich das **Nordwestdeutsche Bergland**. Die mesozoischen Gesteine sind teilweise durch tektonische Beanspruchung in zahlreiche Schollen zerbrochen und sehr heterogen. Der Muschelkalk bildet oft ergiebige Kluft-/Karst-Grundwasserleiter, ist jedoch häufig stark mineralisiert. Tonsteine des Jura bilden ausgesprochene Geringleiter aus.

Das Zentrum in NRW wird von den kreidezeitlichen Gesteinen des **Münsterländer Kreidebeckens** ausgefüllt. Während im zentralen Bereich flach gelagerte, gering durchlässige Tonmergelsteine anstehen, treten an den Rändern häufig verkarstete, steiler gestellte Kalk- und Mergelkalksteine auf. Im Westen bilden die Halterner Sande einen sehr wichtigen kretazischen Porengrundwasserleiter.

Das wichtigste Grundwasserreservoir in NRW bilden die Lockergesteinsablagerungen der **Niederrheinischen Tieflandsbucht**. Während im Norden und Osten quartäre Terrassenablagerungen mit im Mittel 20 m mächtigen Sanden und Kiesen vorherrschen, treten im Südwesten durch Störungen begrenzte Schollen (Rur-, Erft- und Venloer Scholle) mit bis zu 10 GW-Stockwerken im Tertiär und Quartär auf.

Das **Sandmünsterland** und das **Nord- und mitteldeutsche Lockergesteinsgebiet** wird durch ca. 10 – 40 m mächtige, sandige, z.T. kiesige Terrassen- und Schmelzwasserablagerungen des Quartärs geprägt, die v.a. in Rinnen wichtige Grundwasserleiter darstellen.

**Laterale oder vertikale Grundwasserübertritte** zwischen Aquiferen sind besonders unter folgenden Bedingungen zu erwarten (Abbildung 28):

- Hydraulische Druckunterschiede
- Stockwerksbau, v.a. im Lockergestein
- Laterale Übergänge an den Festgesteinsrändern zum Lockergestein
- Vertikale oder laterale Übertritte an Störungen
- Entwässerung an Grenzen zwischen z. B. verkarstem Festgestein und Umgebung

Eine weitere Besonderheit geologischer Beckenformationen sind Grundwasservorkommen tieferer Stockwerke und deren Nutzung für verschiedene Zwecke, die sich u. U. auch auf die Strömungsverhältnisse im flachen Grundwasserleiter auswirken können. Je nach Betrachtungsraum kann es erforderlich sein, diese Entnahmen bei Bilanzierungen zu berücksichtigen oder bewusst zu vernachlässigen. Eine Karte zum Überblick bedeutender Tiefengrundwassernutzungen findet sich in Abbildung 29.

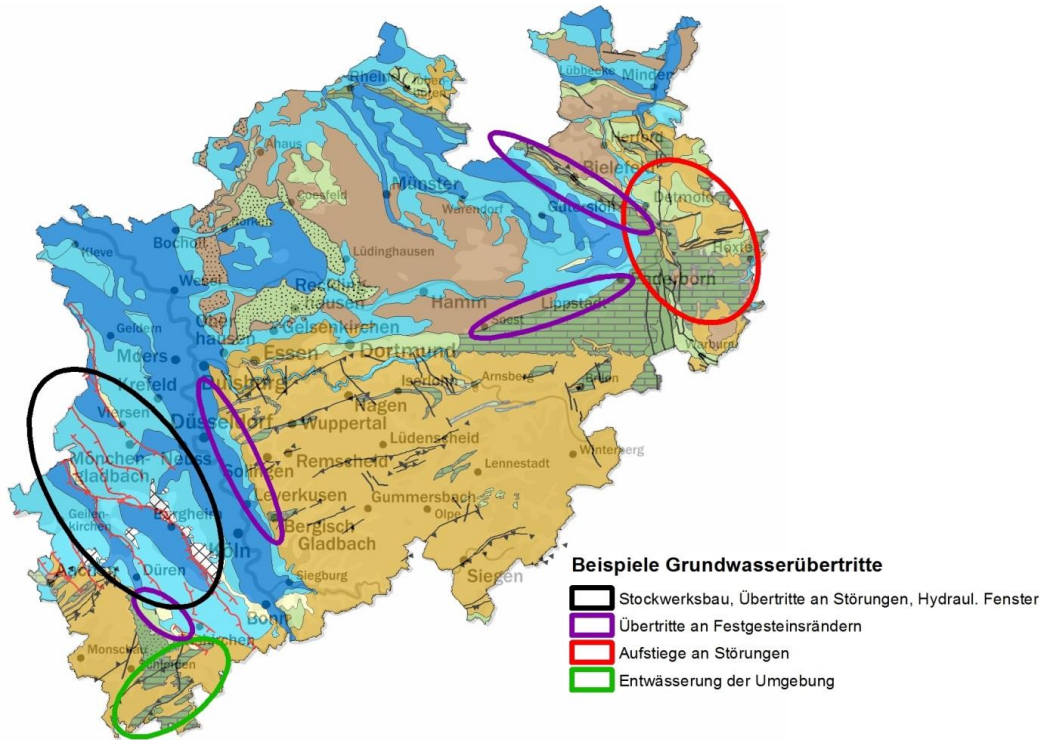


Abbildung 28: Beispiele für laterale und vertikale Grundwasserübertritte

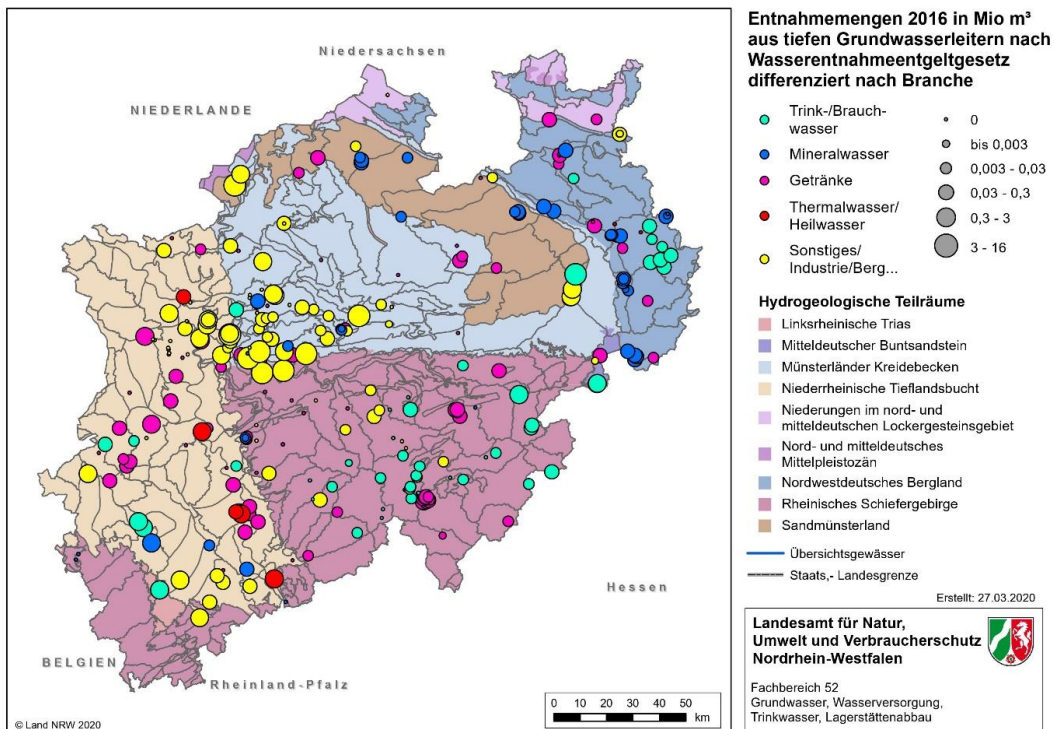


Abbildung 29: Übersicht zu Bereichen mit Grundwasserentnahmen aus tiefen Grundwasserstockwerken



## **A.18. Beitrag 18 – Wasserrechtsverfahren - Ermittlung des nutzba- ren Grundwasserdargebotes in tieferen Grundwasserleitern der Niederrheinischen Bucht**

**Autoren: Christoph Sailer, Jessica Langert und Frank Müller, ahu  
GmbH1**

### **Anlass**

Der vorliegende Beitrag zum Workshop „Grundwasserneubildung“ im LANUV NRW stellt ein Praxisbeispiel für die Nutzung und Anwendung der landesweit bereitgestellten Neubildungs-Daten aus den GROWA-Modellen dar.

Im Rahmen der wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren für eine Grundwasserförderung zur Öffentlichen Trinkwasserversorgung werden von den zuständigen Behörden (insbesondere Bezirksregierungen) in der Regel Anforderungsprofile an die einzureichenden Antragsunterlagen übergeben. So wird i.d.R. ein Hydrogeologisches Fachgutachten gefordert, in dem das verfügbare, wasserwirtschaftlich nutzbare Grundwasserdargebot für die jeweilige Wassergewinnungsanlage (WGA) nachzuweisen ist. Grundlage für das nachzuweisende Dargebot ist dabei die angestrebte Förderrechtsmenge (in m<sup>3</sup>/Jahr).

### **Ausgangssituation**

Für das hier vorgestellte Praxisbeispiel wurde die WGA Breyell der Stadtwerke Nettetal GmbH<sup>2</sup> (Kreis Viersen) ausgewählt, die ihr Rohwasser aus dem lokal zweiten Grundwasserstockwerk fördert. Die WGA Breyell liegt aus geologisch-hydrogeologischer Sicht im Bereich der Niederrheinischen Bucht und dort innerhalb der Venloer Scholle (Folie 2). Die lithologischen Verhältnisse sind hier geprägt durch eine mehrere 100 Meter mächtige Wechselfolge aus tertiären und quartären Sedimenten. Während die sandig-kiesigen Ablagerungen die Grundwasserleiter darstellen, wirken die zwischengeschalteten Ton-, Schluff- und Braunkohlenschichten als Grundwassergeringleiter bzw. als hydraulisch wirksame Trennschichten, die je nach Verbreitung zu einer differenzierten Stockwerksgliederung führen (Folie 3). Ein halbschematischer, hydrogeologischer Systemschnitt zeigt die bisweilen komplexe Stockwerksgliederung, die unter anderem aufgrund von Tonfenstern, Verbreitungslücken und tektonischen Elementen (Störungen) auch kleinräumig stark variabel sein kann (Folie 4).

---

<sup>1</sup> ahu GmbH – Wasser Boden Geomatik; Kirberichshofer Weg 6, 52066 Aachen; [www.ahu.de](http://www.ahu.de)

<sup>2</sup> Die Stadtwerke Nettetal GmbH betreiben zur Sicherstellung der Öffentlichen Trinkwasserversorgung in ihrem Versorgungsgebiet mehrere Grundwassergewinnungsanlagen im Bereich der sog. Venloer Scholle. Seit 2012 werden die Gewinnungs- und Aufbereitungsanlagen von der Kommunale Partner Wasser GmbH (KPW) mit Sitz in Grefrath betrieben.

Die Venloer Scholle zählt zu einem intensiv wasserwirtschaftlich genutzten Bereich. Die Trink- und Brauchwasserversorgung von Bevölkerung, Gewerbe und Industrie erfolgt hier ausschließlich aus den örtlichen Grundwasservorkommen, was die Vielzahl der bestehenden und geplanten Wasserschutzgebiete verdeutlicht (Folie 5). Diese Trinkwasserschutzzonen bilden einen nahezu flächendeckenden „Flickenteppich“ mit unmittelbar aneinander angrenzenden Einzugs- bzw. Wasserschutzgebieten. So ist auch das Wasserschutzgebiet (WSG) Breyell nahezu vollständig umgeben von angrenzenden Schutzgebieten der Öffentlichen Trinkwasserversorgung (Folie 6).

## Datengrundlagen

Zur Ermittlung und Berechnung des wasserwirtschaftlich nutzbaren Grundwasserdargebotes in den tieferen Grundwasserleitern bzw. Grundwasserstockwerken der Niederrheinischen Bucht ist eine umfassende Datenrecherche und Datenanalyse unbedingt erforderlich. Zu den wesentlichen Fachdaten, die für die weitere Auswertung benötigt werden zählen insbesondere (Folie 7 und Folie 8):

Grundwasserneubildung aus Niederschlag im obersten freien Grundwasserleiter:

- GROWA-Modelle → digital, flächendeckend online verfügbar für die weitere GIS-Bearbeitung
- Alternativ bzw. zur Plausibilisierung ist die klassische Ermittlung der Grundwasserneubildung über die allgemeine Wasserhaushaltsgleichung mit Auswertung vorhandener, langjähriger Messreihen zu Klimadaten (N, T, ...) praktikabel.

Grundwasserentnahmen und Wasserrechte

- Erteilte Wasserrechte für Wasserversorger und sog. Dritte (stockwerksdifferenziert) bei den zuständigen Wasserbehörden (Bezirksregierungen, Untere Wasserbehörden)
- Tatsächliche Entnahmen der letzten Dekade(n) zumindest vom Antragsteller

Grundwassermessstellen, Brunnen, Pegel, ...

- Alle relevanten Messstellen aus dem Untersuchungsgebiet inkl. Förderbrunnen, Pegel an Vorflutern, etc. zur weiteren Auswertung hinsichtlich Ganglinienanalyse, Grundwassergleichenpläne, Differenzenpläne, etc.
- Bohrprofile, Messtellenprofile und Ausbaupläne, ...
- Häufig ist der Bezug von bereits vorhandenen Grundwassergleichenplänen insbesondere im Arbeitsgebiet des Ertverbandes möglich und auch aus (wasser-)wirtschaftlicher Sicht sehr hilfreich

Verbreitungsbereiche der stockwerkstrennenden Schichten:

- Verbreitungs- und Mächtigkeitskarten für die Ton-/Schluffhorizonte
- Für tiefere Stockwerke sind auch Karten zur Braunkohlenverbreitung relevant
- Tektonische Karten (Störungen)

→ Als Datenlieferanten sind hier insbesondere zu nennen: Geologischer Dienst NRW (Krefeld) und Erftverband (Bergheim) in seinem Tätigkeitsbereich

### **Methodische Vorgehensweise**

Grundlage aller weitergehenden Auswertungen ist eine umfassende Systemanalyse über das Untersuchungs- bzw. Bilanzgebiet. Erarbeitung und Darstellung einer geologischen Modellvorstellung über das Untersuchungsgebiet. Klassische Auswertung und Visualisierung über Grundriss- und Profilkarten. Zusammentragen der äußeren Randbedingungen für das Bilanzgebiet (z. B. angrenzende Einzugs- bzw. Wasserschutzgebiete, Schollenränder, etc. Folie 9).

Analyse und Auswertung der Grundwasserstandsdaten

- Ganglinienanalyse, Herleitung und Auswahl repräsentativer Stichtage für die Erstellung von Grundwassergleichenplänen (z. B. HGW, MGW, NGW, Ausschöpfung wasserrechtliche Entnahmen, ...)
- Konstruktion von repräsentativen Grundwassergleichenplänen für ausgewählte Stichtage in allen genutzten Grundwasserleitern und dem sog. „Liegendstockwerk“; zu den repräsentativen Zeitpunkten gehören z. B. NGW bei (weitgehender) Ausschöpfung der wasserrechtlich genehmigten Entnahmen, (Betriebs-)Pumpversuche mit Ausschöpfung der wasserrechtlich genehmigten Entnahmen, MGW und/oder HGW unter Berücksichtigung der Anbindung von Oberflächengewässern oder anderer hydraulischer Randbedingungen
- Bezug von (großräumigen) Grundwassergleichenplänen im Tätigkeitbereich des Erftverbandes kann insbesondere dort hilfreich sein, wo kein eigenes Messnetz in den (tieferen) nicht genutzten Grundwasserstockwerken vorhanden ist.

Grundwasserdifferenzen zwischen den Stockwerken (Folie 10)

- Flächendeckende Berechnung der Grundwasserdifferenzen anhand der Grundwassergleichenpläne (GIS-gestützt)
- Mit Hilfe der berechneten (Potenzial-)Differenzenpläne und der Leakage-Formel erfolgen dann GIS-gestützte Bilanzberechnungen

### Ermittlung der Zu- und Aussickerung durch Leakage (Folie 11)

- Ermittlung bzw. GIS-gestützte Berechnung der leakage-bedingten Zu-/Aussickerung je Grundwasserstockwerk im Bilanzraum.
- Berücksichtigung der Aussickerung in das „Liegendstockwerk“ ist bei der Gesamtbilanz ein wichtiger Faktor, insbesondere, wenn z. B. benachbarte Gewinnungsanlagen aus „noch“ tieferen Grundwasserstockwerken fördern oder ein Sumpfungseinfluss zu berücksichtigen ist.
- Neben der vertikalen Durchsickerung der Trennschichten sind im Einzelfall auch der horizontale Zustrom über Schollenränder zu betrachten bzw. zu quantifizieren.
- Als wichtige Eingangsgröße ist der aus den GROWA-Modellen flächendeckend vorliegende Datensatz zur Grundwasserneubildung im obersten, freien Grundwasserleiter.

### Zusammenfassung (Folie 12)

Das vorgestellte Beispiel zeigt, dass die aus den GROWA-Modellen bereitgestellten Datensätze einen wesentlichen Beitrag zum wasserrechtlichen Vollzug in der Praxis darstellen und als eine der maßgeblichen Eingangsgrößen bei der Bilanzierung des verfügbaren (nutzbaren) Grundwasserdargebotes benötigt werden.

Die flächendeckend und online verfügbare Datenbasis aus den GROWA-Modellen stellt bei der GIS-gestützten Erarbeitung von Grundwasserbilanzen in Kombination mit klassischen, hydrogeologischen Auswertungen einen wichtigen Beitrag zur effizienten und qualitätsgesicherten sowie nachvollziehbaren Bearbeitung von Hydrogeologischen Fachgutachten bei der Antragserstellung für wasserrechtliche Genehmigungen dar.

## **A.19. Beitrag 19 – Wasserrechtsverfahren - Umgang mit Nutzungskonflikten zwischen Wasserversorgung und Naturschutz**

**Autoren: Christoph Sailer, Jessica Langert und Frank Müller, ahu GmbH**

### **Anlass**

Der vorliegende Beitrag zum Workshop „Grundwasserneubildung“ im LANUV NRW stellt ein Praxisbeispiel für die Nutzung und Anwendung der landesweit bereitgestellten Daten aus den GROWA-Modellen dar. Im Rahmen der wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren für Grundwasserförderungen zur Öffentlichen Trinkwasserversorgung werden von den zuständigen Behörden Anforderungsprofile an die einzureichenden Antragsunterlagen übergeben. So wird im Rahmen des Hydrogeologischen Fachgutachtens nicht nur der Nachweis für das verfügbare, wasserwirtschaftlich nutzbare Grundwasserdargebot, sondern auch eine Quantifizierung und Bewertung der entnahmebedingten Auswirkungen auf den Wasser- und Naturhaushalt gefordert.

### **Ausgangssituation**

Für das hier vorgestellte Praxisbeispiel wurde die Wassergewinnungsanlage (WGA) Arloff des Wasserversorgungsverbandes Euskirchen-Swisttal (WES)<sup>4</sup> (Kreis Euskirchen) ausgewählt. Der WES wird von der e-regio GmbH & Co. KG (e-regio, Euskirchen) betriebsgeführt. Die WGA Arloff liegt aus geologisch-hydrogeologischer Sicht im Nordosten der Sötenicher Kalkmulde (Folie 2) und dort innerhalb des Antweiler Grabens (Folie 5). Die Sötenicher Kalkmulde ist die nördlichste der Eifelkalkmulden und liegt am Südrand der Niederrheinischen Bucht (Folie 2). Im Bereich der Sötenicher Kalkmulde betreibt die e-regio insgesamt vier Wassergewinnungsanlagen zur Deckung des Trink- und Brauchwasserbedarfs im Versorgungsgebiet des WES. Insoweit wird der gesamte nordöstliche Teil der Sötenicher Kalkmulde als gemeinsamer Bilanzraum für diese WGAs betrachtet (Folie 3: die rote Linie umschließt den insgesamt betrachteten Bilanzraum mit den Einzugs- bzw. festgesetzten Wasserschutzgebieten der vier Wassergewinnungsanlagen).

Aus den Daten der GROWA-Modelle wurde die mittlere, langjährige Grundwasserneubildung für den dargestellten Bilanzraum auf eine Summe von 4,3 bis 4,6 Mio. m<sup>3</sup>/a berechnet. Eine Vergleichsrechnung mit der allgemeinen Wasserhaushaltsgleichung und einer berechneten Verdunstung nach TURC kommt auf eine mittlere, langjährige Grundwasserneubildungsmenge von rd. 4,5 Mio. m<sup>3</sup>/a. Diesem Dargebot im betrachteten Bilanzraum stehen wasserrechtlich genehmigte Grundwasserentnahmen von insgesamt 3,061 Mio. m<sup>3</sup>/a gegenüber.

---

<sup>3</sup> ahu GmbH – Wasser Boden Geomatik; Kirberichshofer Weg 6, 52066 Aachen; [www.ahu.de](http://www.ahu.de)

<sup>4</sup> Der WES betreibt zur Sicherstellung der Öffentlichen Trinkwasserversorgung in ihrem Versorgungsgebiet mehrere Grundwassergewinnungsanlagen im Bereich der sog. Sötenicher Kalkmulde. Seit 2012 wird der WES von der über die e-regio GmbH & Co. KG mit Sitz in Euskirchen betriebsgeführt.

Daraus ergibt sich ein rechnerischer Bilanzüberschuss von rd. 1,4 Mio. m<sup>3</sup>/a. Demnach ist rein rechnerisch ein weithin ausreichendes Grundwasserdargebot für alle Entnehmer vorhanden (Folie 4).

### **Konfliktfeld Wasserwirtschaft - Naturschutz**

Im Einzugs- und Auswirkungsbereich der WGA Arloff liegt u.a. das festgesetzte Naturschutzgebiet Kalkarer Moor (Folie 5). Bei dem Kalkarer Moor handelt es sich um ein grundwasserabhängiges Feuchtgebiet, ein sog. Kalkflachmoor wo kalkhaltiges Grundwasser (artesisch) aussickert. Die beiden Tiefbrunnen der WGA Arloff fördern ihr Rohwasser aus den Kalk- und Dolomitgesteinen des Muldenkerndolomit aus einer Tiefe zwischen rd. 180 und 250 Meter unter Geländeniveau. Im Bereich des Antweiler Grabens ist der devonische Muldenkern gegenüber seiner Umgebung um mehrere Dekameter abgesenkt und mit einer Wechselfolge aus tertiären und im Bereich der Vorfluter auch quartären Lockergesteinssedimenten gefüllt. Die beiden Tiefbrunnen der WGA Arloff und das Kalkarer Moor befinden sich im Verbreitungsgebiet der Grabenfüllung des Antweiler Grabens (Folie 7)

Die generelle Grundwasserströmungsrichtung erfolgt im Streichen der Kalkmulde von Südwest nach Nordost. Im Bereich des Antweiler Grabens hat sich um die WGA Arloff ein Absenkungstrichter im (ohne Förderung artesisch) gespannten Kalksteinaquifer ausgebildet. Obschon das Kalkflachmoor im Bereich des (Druck-)Absenkungstrichters der WGA Arloff liegt, tritt im Kalkarer Moor gespanntes Grundwasser zutage. Der Antweiler Graben wird im Nordosten vom Kirspenicher Sprung begrenzt, der auch als hydraulische Barriere im genutzten Grundwasserkompartiment wirksam ist (Folie 8).

Anhand der Auswertungen eines seit 2012 laufenden, umfassenden hydrogeologischen und landschaftsökologischen Monitorings wurde das Wirkungsgefüge im Auswirkungsbereich der WGA Arloff intensiv untersucht und bewertet (Folie 9). Das Ziel des Wasserversorgers ist es, die Grund- und Rohwasserentnahme am Standort der WGA Arloff langfristig zu erhalten und dabei so zu steuern, dass die Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf das Kalkarer Moor minimiert und die Schutzziele des NSG eingehalten werden. Diese Zielsetzung wird dadurch erreicht, dass die Rohwasserentnahme abhängig von der Einhaltung sog. Mindestgrundwasserstände an ausgewählten Grundwassermessstellen im Kalkarer Moor gesteuert wird. So wird z. B. bei Unterschreitung eines zuvor festgelegten, hydrogeologisch und naturschutzfachlich abgeleiteten Grenzgrundwasserstandes an verschiedenen Grundwassermessstellen im Kalkarer Moor die WGA Arloff außer Betrieb genommen (Folie 10).

Aufgrund der ausgezeichneten Rohwasserqualität an der WGA Arloff hat dieser Standort eine besondere Eignung und Bedeutung bei der Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung im Versorgungsgebiet des WES. Auch die beiden letzten Jahre 2018 und 2019 mit anhaltenden Trockenwetter- und Hitzephasen haben aus wasserwirtschaftlicher Sicht gezeigt, dass die Einhaltung der fachlich hergeleiteten Mindestgrundwasserstände bei gleichzeitiger Steuerung der WGA Arloff - also insbesondere Reduzierung oder vorübergehende Außerbetriebnahme in Dürre- und Hitzeperioden – technisch möglich und fachlich begründet möglich ist.

Dennoch besteht ein Interessenkonflikt zwischen dem wasserwirtschaftlichen Ziel zum Erhalt der Rohwassergewinnung an der WGA Arloff und den Zielen des Naturschutzes, der die Aufgabe der WGA Arloff verfolgt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das NSG Kalkarer Moor zwar im Absenktrichter der WGA Arloff liegt, aber darüber hinaus seit Jahrzehnten auch von zahlreichen anderen Maßnahmen und Rahmenbedingungen im bzw. im Umfeld des NSG mehr oder weniger massiv beeinflusst wird (Folie 11):

- die Gewässer im Bereich des NSG Kalkarer Moor (insbesondere der Mersbach) wurden in der Vergangenheit begradigt und vertieft, was zum verstärkten Aussickern von Grundwasser und der Absenkung der Grundwasseroberfläche geführt hat.
- die umliegenden landwirtschaftlich genutzten Flächen werden (überwiegend) dräniert, wobei bis heute Dränagen ertüchtigt, erneuert und teilweise tiefer gelegt werden. Auch diese Entwässerungsmaßnahmen reichen in das NSG hinein und führen zu einem verstärkten Grundwasserabfluss aus dem NSG.
- hat in der Vergangenheit hat eine im Wesentlichen irreversible Mineralisation der Torfe stattgefunden, die heute zu teilweise flächigen und anhaltenden Überstauungen im NSG führen
- zeitweise wurden Aufholzungen von nicht standortgeeigneten Baumarten betrieben

Auf diese genannten Maßnahmen Dritter hat die Betreiberin weder Einfluss noch kann er diese steuern oder unterbinden.

### **Lösungsstrategie des Wasserversorgers**

Die e-regio strebt als Betreiberin der WGA Arloff eine konsensuale Lösung mit einem weitgehenden Interessensausgleich zwischen den scheinbar widerstrebenden Zielen der Sicherstellung der Öffentlichen Trinkwasserversorgung mit weitgehend nitratfreiem Rohwasser und den Belangen des Naturschutzes im Bereich des NSG Kalkarer Moor an (Folie 12). Hauptanliegen der e-regio ist dabei eine Flexibilisierung der wasserrechtlichen Genehmigungen zur Steuerung und rechtlichen Absicherung der künftigen Grundwasserentnahmen aus der Sötenicher Kalkmulde. Angestrebt wird dabei insbesondere:

- die Wasserrechte an den einzelnen Gewinnungsstandorten über ein sog. „Glockenrecht“ für den betrachteten Bilanzraum mit einem deutlichen Bilanzüberschuss zu genehmigen
- zur flexiblen Verteilung bzw. Steuerung der tatsächlich realisierbaren Fördermengen auf die einzelnen Standorte, darf die rechnerische Summe der Einzelwasserrechte deutlich über dem „Glockenrecht“ liegen
- die Steuerung der Rohwasserförderung an der WGA Arloff soll auch mittel- und langfristige anhand fachlich abgeleiteter Mindestgrundwasserstände erfolgen und rechtlich abgesichert werden.

Durch dieses Konzept soll eine optimale Bewirtschaftung des Bilanzraums unter Berücksichtigung der naturschutzfachlichen Belange und der Belange der Wasserversorgung ermöglicht werden.

## **A.20. Beitrag 20 – Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserneubildung in Nordrhein-Westfalen und in der Metropolregion Hamburg**

**Autoren: Dr. Frank Herrmann, Dr. Björn Tetzlaff, Dr. Tim Wolters und Prof. Dr. Frank Wendland, Forschungszentrum Jülich, IBG-3 Agrosphäre**

Mit dem Modell mGROWA (Herrmann et al., 2015) kann der Landschaftswasserhaushalt inklusive des potentiellen Bewässerungsbedarfs (Herrmann et al., 2016) großer Gebiete (Bundesländer, Flussgebiete), instationär und flächendifferenziert, in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung (100 m Raster, Tagesschritte), über lange Zeiträume (hydrologische 30-Jahresperioden) simuliert und auch in Verbindung mit Regionalen Klimamodellen in die Zukunft projiziert werden (z. B. bis 2100).

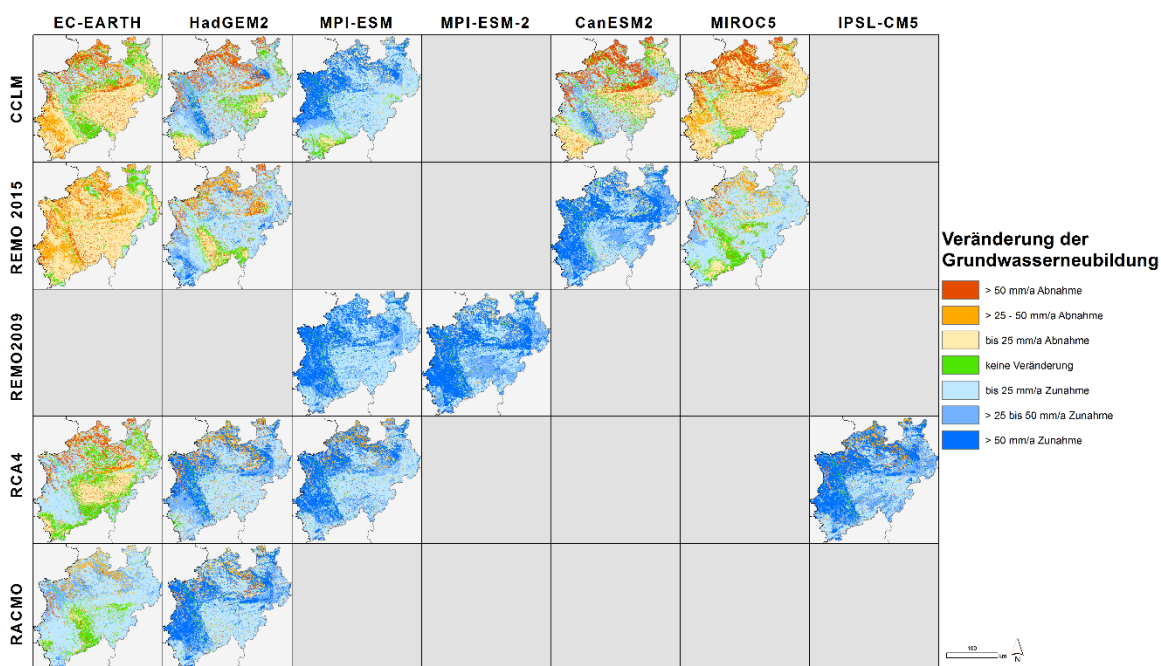
Im Rahmen eines vom Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen geförderten Projektes wurden am Forschungszentrum Jülich und in Kooperation mit dem Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen räumlich und zeitlich hochaufgelöste Ensembleprojektionen der Grundwasserneubildung für die gesamte Landesfläche NRWs basierend auf dem Modell mGROWA durchgeführt. Für den klimatologischen Antrieb des Modells mGROWA wurden ein schon im Verbundprojekt ReKliEs-De (Huebener et al., 2017) untersuchtes Ensemble aus GCM-RCM-Kombinationen verwendet. Schlussfolgerungen zur Robustheit der Ensembleprojektion wurden unter Verwendung der von Pfeifer et al. (2015) vorgeschlagenen Methodik zur Darstellung von Klimasignalkarten abgeleitet. Dieser Beitrag behandelt im ersten Teil in Kurzform einige wesentliche Aspekte des in den Jahren 2018 und 2019 durchgeführten Projektes.

Im zweiten Teil stellt dieser Beitrag in Kurzform ausgewählte Ergebnisse einer Studie dar, die im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsverbundes KLIMZUG-NORD am Forschungszentrum Jülich durchgeführt wurde. In dieser Studie wurde der Einfluss des Klimawandels auf den möglichen zukünftigen Bewässerungsbedarf und die Grundwasserneubildung in der Metropolregion Hamburg untersucht. Im Mittelpunkt stand dabei der entwickelte Indikator IGR-ratio, mit dem eine potentielle Übernutzung der Grundwasserressourcen durch Entnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung gemessen werden kann. Details zur Studie und Methodik sind in Herrmann et al. (2016) verfügbar. Vor dem Hintergrund zunehmender Bewässerung aufgrund der Trockenheitssituation der vergangenen Jahre erscheint die Durchführung einer solchen Analyse auch für das Bundesland Nordrhein-Westfalen sinnvoll.



## Teil 1: Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserneubildung in Nordrhein-Westfalen

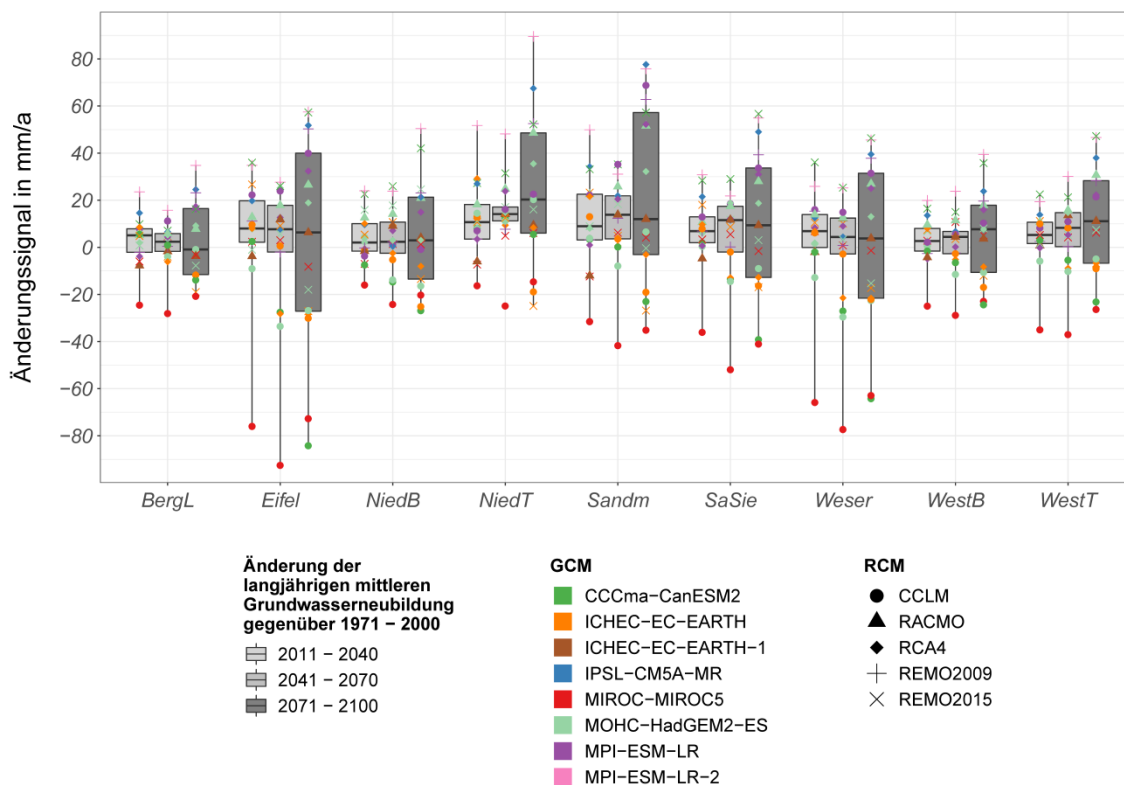
Im Folgenden werden Ergebnisse des Teils der Ensembleprojektion vorgestellt, die auf dem RCP 8.5 – dem „Weiter-wie-bisher-Szenario“ – basieren. Dieser Teil umfasst 17 einzelne Projektionen und wird vielfach als Worst-Case-Szenario angesehen. Abbildung 30 zeigt die Änderungssignale der Grundwasserneubildung der 30-Jahres-Periode 2071-2100, d. h. die ferne Zukunft, gegenüber der projizierten historischen Referenzperiode 1971-2000. Alle Projektionen zeigen räumlich differenziert unterschiedliche Änderungen der Grundwasserneubildung an. Dies hat im Wesentlichen zwei Gründe. Einerseits projizieren die RCMs regional variierende Änderungen des Niederschlags und des potentiellen Verdunstungsniveaus. Andererseits sind auch spezifische lokale Standorteigenschaften (z. B. BFI-Werte im Festgesteinsbereich) für die Ausprägung der Änderungssignale der Grundwasserneubildung verantwortlich. Das komplexe Zusammenspiel zwischen saisonal unterschiedlicher Änderung von Niederschlag und potentiell Verdunstungsniveau in den Projektionen einerseits, sowie dem Bodenwasserspeicher und weiteren lokalen Standorteigenschaften andererseits ist in seinen Grundzügen in Herrmann et al. (2017) beschrieben.



**Abbildung 30:** Räumlich verteilte Änderungssignale der Grundwasserneubildung (2071-2100 vs. 1971-2000) im Ensemble mit RCP8.5. Gleiche GCM sind in Spalten, gleiche RCM in Zeilen geordnet. Graue Kästen kennzeichnen nicht existierende GCM-RCM-Kombinationen

Die für mehrere Regionen NRWs räumlich aggregierten Änderungssignale der Grundwasserneubildung in den drei zukünftigen 30-Jahres-Perioden sind als Boxplot in Abbildung 31 dargestellt. Auffallend ist als Erstes, dass die Spannweite der Änderungssignale mit der Zeit wächst und auch regional stärker variiert. Die Mediane liegen im positiven Bereich und zeigen damit eher eine Zunahme der Grundwasserneubildung an.

Es gibt jedoch zu allen Zeiten auch RCP8.5-GCM-RCM-mGROWA-Kombinationen, die starke Zu- oder Abnahmen der Grundwasserneubildung projizieren. Aus dieser Art Abbildung lassen sich leicht die möglich erscheinenden extremen Entwicklungspfade ablesen. So tendiert beispielsweise RCP8.5-MIROC-MIROC5-CCLM-mGROWA zu einem starken Rückgang der Grundwasserneubildung in allen zukünftigen Perioden und in allen Regionen NRWs.

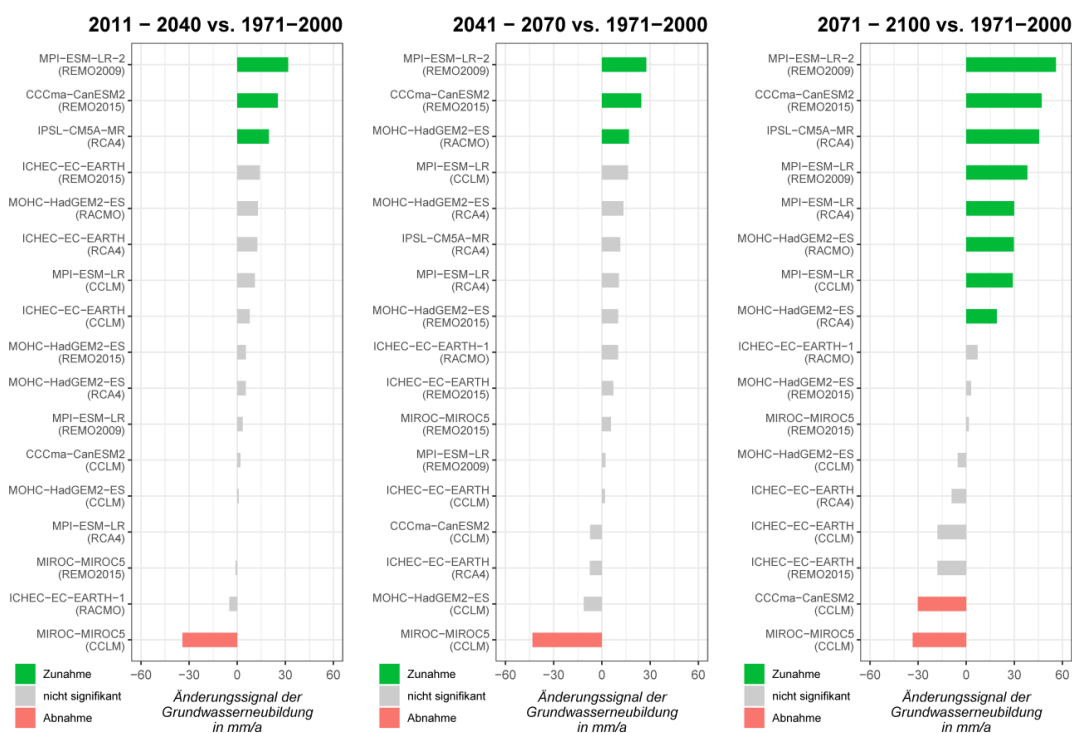


**Abbildung 31:** Boxplot der Änderungssignale der Grundwasserneubildung im RCP8.5-Teilensembles in den drei zukünftigen 30-Jahres-Perioden in den NRW-Regionen Bergisches Land (BergL), Eifel, Niederrheinische Bucht (NiedB), Niederrheinisches Tiefland (NiedT), Sandmünsterland in Westfälischer Bucht (Sandm), Sauer- und Siegerland (SaSie), Weserbergland (Weser), Westfälische Bucht (WestB) und Westfälisches Tiefland (WestT). Fette Linien in den Boxen kennzeichnen die Mediane, die Boxen begrenzen den Interquartilabstand, d. h. 50 % der Werte.

Mit Blick auf die Abbildung 31 stellt sich die Frage, ob mit dem dargestellten Teilensembles eine im statistischen Sinne robuste Veränderung der Grundwasserneubildung projiziert wird. Robustheitstests bewerten die Belastbarkeit von Ensembleprojektionen und bilden damit eine aufschlussreiche Ergänzung zur Betrachtung einfacher statistischer Größen (z. B. Mittelwert oder Median des Ensembles). Pfeifer et al. (2015) schlagen diesbezüglich ein zweiteiliges Verfahren vor und wenden es auf Änderungssignale der Niederschläge deutschlandweit an. Dieses Verfahren wurde nun im Rahmen des hier vorgestellten Projektes erstmals auf die Änderungssignale der Grundwasserneubildung angewendet. Basis des Verfahrens ist eine individuelle Trendanalyse bezüglich einer Veränderung der Verteilung der Jahressummen der Grundwasserneubildung in den betrachteten zukünftigen Perioden gegenüber der projizierten historischen Referenzperiode, wobei Trends mit dem U-Test (Mann-Whitney-Wilcoxon-Test)

und einem Signifikanzniveau von 0,85 nachgewiesen werden. Für ein robustes Änderungssignal des gesamten Teilensembles müssen dann zwei Tests erfüllt werden. Einerseits müssen mindestens 66 % der Ensemblemitglieder (hier 17) einen signifikanten Trend aufweisen. Zusätzlich müssen 66 % der Ensemblemitglieder eine gleiche Tendenz in Richtung einer Zu- beziehungsweise Abnahme der Grundwasserneubildung aufweisen.

Abbildung 32 zeigt nun die Änderungssignale der Grundwasserneubildung sowie farblich kodiert die Ergebnisse des U-Tests. Für die zukünftige 30-Jahresperiode 2071-2100 zeigen 10 von 17 Ensemblemitgliedern – und damit nur 59 % – eine signifikante Veränderung der Grundwasserneubildung an. Lediglich 11 von 17 Ensemblemitgliedern – und damit nur 65 % – weisen eine Zunahme auf. Demzufolge wurden beide Kriterien des Robustheitstests, d. h. Signifikanz und Übereinstimmung, nicht erfüllt und es wurde durch das Teilensemble RCP8.5-GCM-RCM-mGROWA keine robuste Änderung der Grundwasserneubildung in der fernen Zukunft projiziert.



**Abbildung 32:** Änderungssignale der Grundwasserneubildung (NRW-weiter Mittelwert) im RCP8.5-Teilensemble in den drei zukünftigen 30-Jahres-Perioden. Signifikante Zu- und Abnahmen sind farblich kodiert dargestellt.

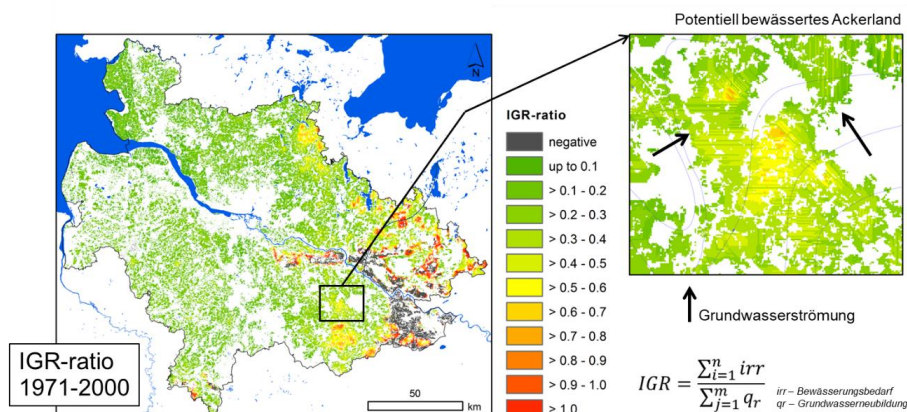
Das Ergebnis der im Rahmen des Projektes durchgeführten Analyse auf Robustheit der durch das Ensemble projizierten Änderungssignale kann auf den ersten Blick unbefriedigend erscheinen, weil das Ergebnis „kein robustes Änderungssignal“ lautet. Dieses Ergebnis impliziert jedoch, dass sich das Niveau der derzeitigen Grundwasserneubildung langfristig im 30-jährigen Mittel bis zum Ende des 21. Jahrhunderts nicht signifikant ändern wird. Eintrittswahrscheinlichkeiten für einzelne Entwicklungspfade können nicht angegeben werden, dies liegt in der Natur der Ensembleprojektionen begründet. Jedoch sollten zukünftige als realistisch erachtete Klimaprojektionen in das Ensemble aufgenommen werden und eventuell derzeitige

Ensemblemitglieder, die eventuell als nicht mehr realistisch angesehen werden, keine Berücksichtigung mehr finden. Eine Aussage zur Robustheit kann sich damit potentiell verändern.

In NRW hat in der vergangenen Dekade eine im Vergleich zur Periode 1981-2010 unterdurchschnittliche Grundwasserneubildung stattgefunden. Eine solche Situation kann auch als „Grundwasserdürre“ bezeichnet werden. Aus der Ensembleprojektion kann außerdem abgeleitet werden, dass auch zukünftig solche über mehrere Jahre bis zu einer Dekade dauernde Phasen abnehmender Grundwasserneubildung auftreten können. Aus der Ensembleprojektion geht jedoch auch hervor, dass solche Phasen nicht dauerhaft auf einem niedrigeren Grundwasserneubildungsniveau enden müssen.

## Teil 2: Auswirkungen des Klimawandels auf die Grundwasserneubildung und den potentiellen Bewässerungsbedarf in der Metropolregion Hamburg

Mit dem Modell mGROWA wurden für die in der Metropolregion Hamburg dominierenden Feldfrüchte (Kartoffel, Mais, Raps, Gerste, etc.) flächendifferenziert, sowie unter Berücksichtigung eines vorgegebenen etablierten Regelwerkes, die Bewässerungsmengen berechnet, die für optimale Erträge in der Landwirtschaft benötigt werden. Ebenso wurde mit mGROWA die flächendifferenzierte Grundwasserneubildung simuliert. Aus beiden Größen lässt sich für beliebige Zeiträume (Jahre, Dekaden, etc.) das Verhältnis von Bewässerung zur Grundwasserneubildung in einem bestimmten Gebiet berechnen (IGR-ratio). Die Berechnung des IGR-ratio basiert auf den individuellen unterirdischen Einzugsgebieten (IUEZG) einzelner Rasterzellen, die jeweils landwirtschaftlich genutzte Felder repräsentieren. Diese IUEZG wurden aus einem Modell der Grundwasseroberfläche abgeleitet. Für diese IUEZG wurden dann über alle zugehörigen Zellen die gesamte Grundwasserneubildung und der gesamte simulierte Bewässerungsbedarf aggregiert und ins Verhältnis gesetzt (Abbildung 33).

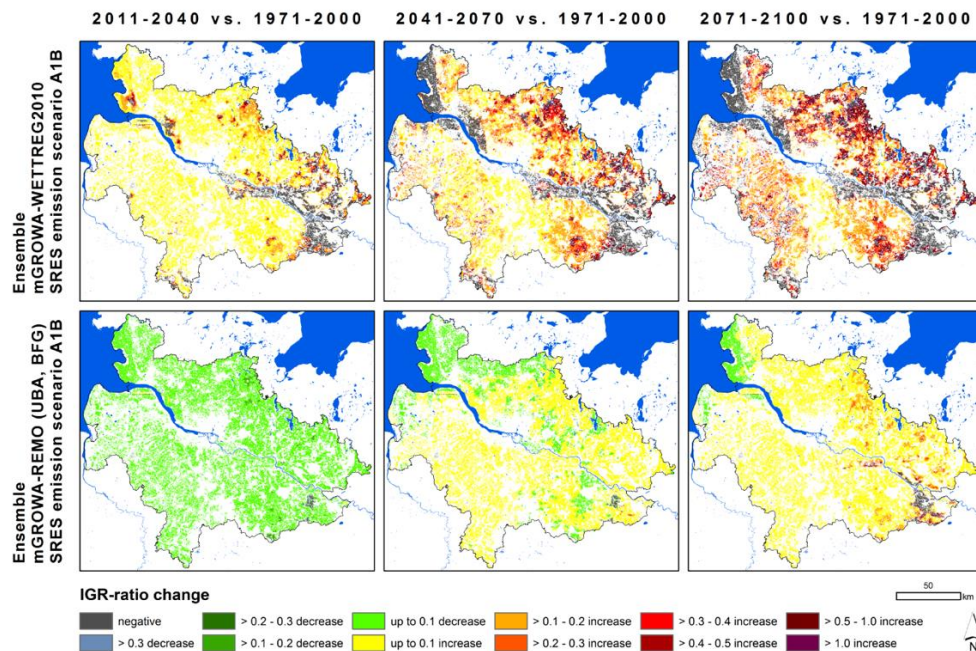


**Abbildung 33:** Verhältnis von potentielltem Bewässerungsbedarf zur Grundwasserneubildung (langjähriges mittleres IGR-ratio) in der Metropolregion Hamburg (Periode 1971-2000). In Regionen mit negativem IGR-ratio sollten keine Grundwasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung vorgenommen werden.

Bei einem IGR-ratio von Eins würde beispielsweise die gesamte Grundwasserneubildung in einem IUEZG für die Bewässerung in diesem Gebiet benötigt werden. In der räumlichen Darstellung des IGR-ratio werden dann zusammenhängende gegenwärtig intensiv bewässerte Landwirtschaftsflächen mit relativ geringer Grundwasserneubildung in den IUEZG sichtbar.

Zusätzlich werden Gebiete sichtbar, in denen gegenwärtig keine Bewässerung notwendig ist (potentieller Bedarf zu gering), in denen jedoch aufgrund der geringen Grundwasserneubildung bei einem Beginn der Feldbewässerung einer Übernutzung der Grundwasserressourcen droht.

Die Abbildung 34 zeigt zwei mögliche zukünftige Entwicklungspfade, d. h. die mit der Modellkette SRES-GCM-RCM-mGROWA projizierte Veränderung des IGR-ratio in der Metropolregion Hamburg. Aus der Veränderung der projizierten räumlichen Verteilungen des IGR-ratio lässt sich schließen, dass nicht in allen Regionen aufgrund des zunehmenden Bewässerungsbedarfs im Frühjahr und Sommer auch bei einer konstant bleibenden (oder auch leicht zunehmend) Grundwasserneubildung im Winterhalbjahr eine dauerhaft nachhaltige Nutzung der Grundwasserressourcen möglich sein wird. Vor dem Hintergrund der auch in Nordrhein-Westfalen zunehmenden landwirtschaftlichen Bewässerung aufgrund der Trockenheitssituation der vergangenen Jahre, erscheint eine landesweite Berechnung und Analyse des IGR-ratio, aufbauend auf dem bereits erreichten Wissensstand (Teil 1), als sinnvoll.



**Abbildung 34:** Zwei mögliche Entwicklungspfade, d. h. projizierte Veränderung des IGR-ratio in der Metropolregion Hamburg.

## **A.21. Beitrag 21 – Grundwasserbilanzmodell in grenzüberschreitenden Grundwasserleitern (IBRAHYM-Modell für den Grenzbe- reich D/NL)**

**Autoren: Dirk Hüsener & Dr. Sabine Bergmann, Fachbereich 52, LANUV**

### **Veranlassung**

Im Rahmen des Monitoringprogramms zum Braunkohlentagebau Inden wurden auf der Rur-Scholle im Bereich Rodebach und Saeffeler Bach nahe der deutsch-niederländischen Grenze Grundwasserabsenkungen festgestellt, die nicht zweifelsfrei dem Braunkohlenbergbau (Sümpfungsmaßnahmen) zuzuordnen sind.

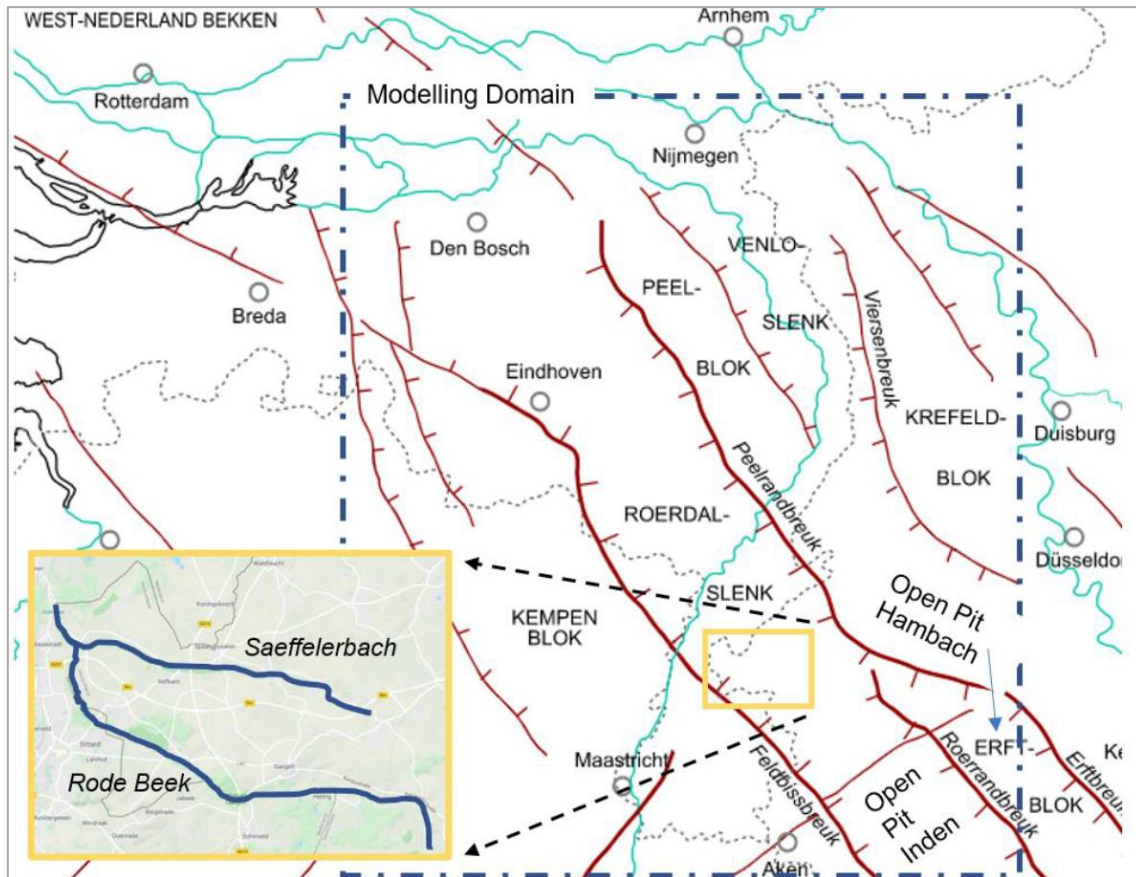
Sowohl in den Niederlanden als auch in Belgien existieren im grenznahen Bereich und im weiteren Verlauf der Rur-Scholle große Grundwasserentnahmen besonders in den tieferen Leitern der Rurscholle (Horizonte 9B und 8). Ein großer Teil dieser Entnahmen liegt jedoch nicht im Bearbeitungsbereich des 3-Schollen-Großraummodells, welches seitens des LANUV seit vielen Jahren erfolgreich zur Ermittlung der braunkohlenbergbau-bedingten Beeinflussungen des Wasserhaushalts im Rheinischen Revier betrieben und beständig fortentwickelt wird.

Um den Einfluss dieser Entnahmen auf den Bereich Rodebach und Saeffeler Bach besser abschätzen zu können, wurde eine länderübergreifende Projektarbeitsgruppe unter Beteiligung des Geologischen Dienstes NRW, des Erftverbandes, der RWE Power AG, des LANUV NRW und der Bezirksregierung Köln ins Leben gerufen. Zur Beantwortung der Fragestellung wurde das zu Bewirtschaftungszwecken in den Niederlanden vorhandene Grundwasser-Modell IBRAHYM herangezogen, auf den Deutschen und Belgischen Bereich erweitert und mit neuesten Daten zur Geologie und Entnahmesituation (bis 2018) aktualisiert (Vermeulen & op den Kelder, 2020). Das Untersuchungsgebiet ist in Abbildung 35 dargestellt.

### **Methodik**

Für die Modellierung genutzt wurde die open-source-Modellsoftware iMOD (Vermeulen et al., 2018). Hierbei handelt es sich in erster Linie um ein instationäres Grundwasserströmungsmodell mit verschiedenen Bilanzierungsmöglichkeiten üblicher Modellparameter (Entnahmen, Randströme, Austausch mit Gewässern und weitere Bilanzierungsparameter). Die Ermittlung der Grundwasserneubildung erfolgt dabei mit einem gekoppelten Modell der ungesättigten Zone (MetaSWAP (Van Walsum & Groenendijk, 2008)) unter Einbeziehung von Niederschlag und Verdunstung.

Nach Kalibrierung des Modells wurden verschiedene Entnahmeszenarien berechnet (Tabelle 5). Dabei wurden nacheinander die Entnahmen verschiedener Regionen auf inaktiv geschaltet, um die Auswirkung der jeweiligen Entnehmergruppe auf die Grundwasserstände und –Bilanzen im Bereich Rodebach/Saeffeler Bach einzeln auszuwerten.



**Abbildung 35:** Untersuchungsgebiet zur Ursachenklärung von Grundwasserabsenkungen im Gebiet von Rodebach und Saeffeler Bach (IBRAHYM-Modell)

**Tabelle 5:** Übersicht der betrachteten Szenarien. Die angekreuzten Entnehmergruppen sind in dem jeweiligen Modellszenario aktiv gesetzt.

Nummer	Szenario	RWE Power AG	Erfverband	Limburg	N.-Brabant	Belgien
1	Referenzzustand	x	x	x	x	x
2	Ohne Tagebaue Inden und Hambach		x	x	x	x
3	Ohne sonstige Entnehmer in Deutschland	x		x	x	x
4	Ohne Entnahmen in Limburg (WML und Provinz)	x	x		x	x
5	Ohne Entnahmen in N.-Brabant (Brabant Water und Provinz)	x	x	x		x
6	Ohne Entnahmen in Belgien	x	x	x	x	
7	Ohne Entnahmen in den Niederlanden	x	x			x
8	Ohne Entnahmen					

## Ergebnisse

Für den Saeffeler Bach und den Rodebach konnten die vorhandenen Entnahmen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Grundwasserstände abgeschätzt und relativ zueinander ins Verhältnis gesetzt werden (Tabelle 6). Für beide Gewässer ist der Einfluss der Entnahmen und des Bergbaus signifikant. Für den Oberlauf des Saeffeler Baches kann die Grundwasserspiegelabsenkung aufgrund der Entnahmen und des Bergbaus gegenüber dem Referenzszenario deutlich mehr als 3-5 m betragen. Entlang des Rodebaches wird die Absenkung, die auf Entnahmen und Bergbau zurückzuführen ist, auf ~1-2 Meter veranschlagt.

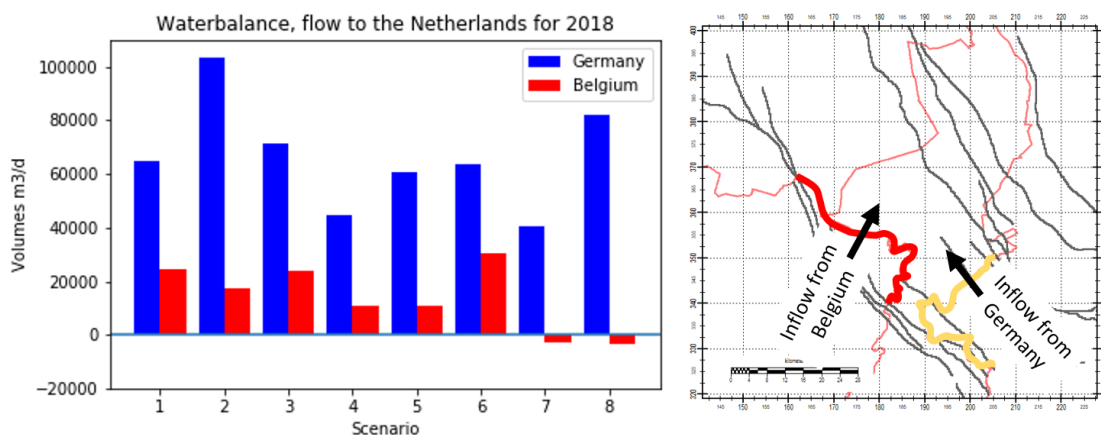
**Tabelle 6:** Übersicht zum relativen Einfluss verschiedener Entnehmergruppen auf die Grundwasserstände

Entnehmergruppe	Bereich Rodebach	Bereich Saeffeler Bach
Braunkohlenbergbau	48 %	46 %
Entnahmen Limburg	35 %	35 %
Sonstige Entnahmen Deutschland	13 %	14 %
Entnahmen Brabant	4 %	5 %

Während sich die sonstigen Entnahmen vor allem im oberen und zweiten Stockwerk auswirken, wirkt sich der Bergbau vor allem im dritten und in den tieferen Stockwerken aus. In den tieferen Grundwasserleitern kann die Absenkung sogar ~ 10 Meter betragen. Für das oberste Stockwerk wurde für das Untersuchungsgebiet ein Wasserstands-Differenzkarte (Szenario mit / ohne alle Entnahmen bzw. Bergbau) erstellt. Somit lässt sich der bergbau- bzw. Entnahme-Einfluss räumlich und hinsichtlich der Strömungsbilder untersuchen. Entsprechende Darstellungen können den Vortragsfolien oder dem veröffentlichten Abschlussbericht entnommen werden (Vermeulen & op den Kelder, 2020).

Weiterhin konnten mithilfe des Bilanzmodells und der damit berechneten Szenarien variable Einströme in die NL und über die D/NL Grenze ermittelt werden (Abbildung 36, blaue Balken). Es wird deutlich, dass der Abstrom in die Niederlande steigt, wenn die Deutsche Entnahmen entfallen (Szenarien 2, 3 nach Tabelle 5) oder auch wenn alle Entnahmen entfallen (Szenario 8 nach Tabelle 5). Eine Verringerung des Abstroms in die Niederlande ergibt sich insbesondere, wenn niederländische Entnahmen entfallen (Szenarien 4, 5, 7 nach Tabelle 5).





**Abbildung 36:** Berechnete Grundwassermengen, die über die D/NL-Grenze in den Rur-Graben (2018) einströmen

Weitere Variantenrechnungen sollen durchgeführt werden:

- Fixierung der Entnahmesituation von 2000-2006 und Beobachtung der Trends in den (tieferen) Entnahmestockwerken
- Randbedingung für Zustand 2027 (Nahes Ende des Tagebaus Inden und Hambach) und Berechnung der sich ergebenden Trendlinien

## **Fazit**

Das Grundwassermodell IBRAHYM (Modellsystem iMOD) konnte erfolgreich zur Ursachenklärung festgestellter Grundwasserspiegelabsenkungen in einem grenzüberschreitenden Grundwasserleiter eingesetzt werden. Die Auswirkungen auf die Grundwasserstände bzw. Druckspiegel (Absenkung in Meter, von-bis) konnten mit der gewünschten räumlichen Auflösung im Untersuchungsgebiet, jeweils differenziert für die drei hauptsächlich zur Wasserförderung genutzten Grundwasserstockwerke und für weitere tiefe Stockwerke, mithilfe von acht verschiedenen Entnahmeszenarien (mit / ohne Entnahmen in D, NL, B; mit / ohne Bergbau; mit / ohne alle Entnahmen) berechnet werden.

Voraussetzung war eingangs eine umfangreiche Koordination und Datenrecherche: Erfassung sämtlicher Entnahmen, Eingabe Hydrogeologie / Geologie der Rur-Scholle im grenzüberschreitenden Gebiet. Daran waren mehrere Institutionen und Verwaltungen beiderseits der Grenzen (D –LANUV, GD, EV, BR K, RWE Power, NL/Limburg, B/Flandern) zu beteiligen. Auch die Finanzierung des Projekts musste grenzüberschreitend koordiniert werden, zumal zu Beginn die Ursachen noch nicht klar waren und eine verursacherbezogene Finanzierung somit nicht möglich war.

Die Ursachen und Verursacher-bezogenen Anteile der Grundwasserspiegelabsenkung besonders in Feuchtgebietsmessstellen entlang bestimmter Gewässerabschnitte an Saeffeler Bach und Rodebach konnten ermittelt und plausibel nachvollzogen werden. Dadurch sind ein zielgerichtetes Monitoring und Verursacher-bezogene Maßnahmen möglich.

Das Modell kann auch für zukünftige Fragestellungen in dem Untersuchungsgebiet eingesetzt und – bei Kenntnis im Umgang mit der Modellsoftware – weiterentwickelt werden.

## B. Zusammenfassung der Diskussionsblöcke

### B.1. Fach- und Informationsgrundlagen

Gruppe 1 – Gruppenleitung: Dr. Christoph Weidner, LANUV

- **Welche Fach- und Informationsgrundlagen sind für die Bemessung der Wasserrechte bzw. Entnahmen erforderlich?**

Kernaussagen aus den Gruppendiskussionen:

- Als landesweit verfügbarer Datensatz sollten die Ergebnisse aus mGROWA stets die erste Grundlage zur Bemessung sein. Dazu sollten auch die anderen (Zwischen-)Ergebnisse und Eingangsdaten des mGROWA-Modells (z. B. Oberflächenabfluss, Sickerwasserrate, Zwischenabfluss, Drainageabfluss) veröffentlicht bzw. als verarbeitbare Daten (Shapefiles, Raster) zugänglich gemacht werden. Wichtig ist dabei eine eindeutige Klärung von Begriffsdefinitionen für die Anwender der Daten.
- Es sollte jedoch auch möglich bleiben, zusätzliche Verfahren (Weiterentwicklung von GLADIS, lokale Verfahren) zur Berücksichtigung spezieller Anforderungen und lokaler Gegebenheiten zum Vergleich heranzuziehen. Als Beispiele hierfür gelten u.a. Bereiche (hydro)geologischer Besonderheiten (Interaktion mit anderen Grundwasserleitern und Oberflächengewässern), drainierte Flächen und urban überprägte Räume.
- Zur Erfassung von Entnahmemengen als Grundlage für Dargebotsermittlung wird ein einheitliches Tool zur Direkteingabe von Entnahmemengen (insbes. bei erlaubnisfreien Nutzungen) grundsätzlich befürwortet. Dies kann allerdings nicht ohne eine behördliche Plausibilisierung erfolgen.
- Zusätzlich zur Grundwasserneubildung sollten Ganglinienauswertungen bei Antragsstellung und Monitoring vorgenommen werden, um Dargebotsabschätzungen zu stützen und auch in Falle negativer Entwicklungen Wasserrechte zu „re-evaluieren“ (mit Anpassungsoption genehmigter Entnahmemengen alle 5 oder alle 10 Jahre)
- Zur fachlich fundierten Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten wird darüber hinaus eine Gutachterpflicht (z. B. durch einen Fachplaner für Hydrogeologie) für wasserrechtliche Anträge als zielführend erachtet, die insbesondere bei fachfremden Antragsstellern ab einer Bagatellgrenze der Entnahmemenge greifen sollte (wie z. B. im Erftverbandsgebiet ab 10.000 m<sup>3</sup>/a), oder wenn lokale Gegebenheiten dies erforderlich erscheinen lassen (z. B. Lage im Wasserschutzgebiet, Häufung kleinerer Entnahmen im Umfeld).
- Die Berücksichtigung von Abschlägen (Ökoabschlag, Trockenwetterabschlag) bei der Ermittlung der Grundwasserneubildung bzw. des nutzbaren Dargebots sollte in einem Erlass oder anderweitigen landesweiten Regelungen geregelt werden.

#### Statements Teilnehmerkreis A:

Mit der Grundwasserneubildung aus mGROWA liegt eine gute landesweite Grundlage vor, jedoch wäre eine Veröffentlichung der anderen Abflusskomponenten (z. B. Oberflächenabfluss, Sickerwasserrate, Zwischenabfluss, Drainageabfluss, Direktabfluss) für viele Fragestellungen hilfreich. Im Detail ist es jedoch in vielen Fällen erforderlich, über diese Grundlage hinaus zu gehen. Beispiele sind (hydro)geologische Besonderheiten, drainierte Flächen und urban überprägte Räume.

Da bei landesweiter Betrachtung viele Fallgestaltungen auftreten können, ist es nicht sinnvoll, für alle Möglichkeiten exakte Vorgehensweisen zu definieren, sondern lediglich alle möglichen zu betrachtenden Aspekte und zugehörige Lösungsansätze aufzuzählen und ggf. dazu Hinweise und Empfehlungen auszusprechen.

Zur fachlich fundierten Unterfütterung wasserrechtlicher Anträge wird eine Gutachterpflicht für sinnvoll erachtet, jedoch nur ab einer zu definierenden Bagatellgrenze, wie sie in der zwischen BR Köln und Erftverband mit weiteren Akteuren abgestimmten Checkliste bei 10.000 m<sup>3</sup>/a vereinbart wurde.

Für einen Erlass wurde aus Sicht einer Bezirksregierung vorgeschlagen, einen gemeinsamen Weg zur Berücksichtigung von Abschlägen auf das nutzbare Dargebot (Trockenwetter, Feuchtbiootope) zu definieren.

Aus Sicht eines Grundwassermodellierers wurde einer reinen Betrachtung der Grundwasserneubildung als Bemessungsgrundlage für die Vergabe von Wasserrechten mit Skepsis begegnet, da dabei Aspekte wie z. B. geologische Besonderheiten, laterale Strömungen, Leakage, und Drainagen nur pauschal berücksichtigt werden können. Daher wäre es günstiger, die Sickerwasserrate als Grundlage für Grundwasserströmungsmodelle heranzuziehen.

#### Statements Teilnehmerkreis D:

Auch in dieser Gruppe wurde mGROWA als grundsätzlich zu verwendende, landesweite Datengrundlage als sinnvoll erachtet. Es wäre jedoch auch gut, die Eingangsdaten des mGROWA-Modells zusätzlich einsehen zu können. Einzelne Stimmen empfehlen jedoch, dass auch GLADIS in einer weiterentwickelten Form als Vergleichsmethode festgeschrieben werden sollte. Dazu sollte GLADIS jedoch auch weiterentwickelt werden (Erweiterung um weitere Landnutzungsoptionen, Anpassung der Referenzperiode). Es wurde zudem darauf hingewiesen, dass die Möglichkeit erhalten bleiben sollte, auch zusätzliche lokale Verfahren zum Einsatz zu bringen.

Für die Dargebotsberechnung sollten auch bereits erteilte Wasserrechte auch über den Einzugsbereich der beantragten Entnahme hinaus berücksichtigt werden. Auch hier wurde eine einheitliche Vorgehensweise zur Berücksichtigung von Öko- und Trockenwetterabschlägen vorgeschlagen. Zu Entnahmen wird beim Erftverband eine Entnahmedatenbank für das Erftverbandsgebiet vorgehalten, die im Datenaustausch mit den Bezirksregierungen steht und auch dem LANUV regelmäßig zur Verfügung gestellt wird. Abgleiche mit der WasEG-Datenbank wurden in der Vergangenheit durchgeführt und haben bereits in beiden Richtungen Datenlücken aufgedeckt.

Aus Sicht der niedersächsischen Behörden wurde angeregt, dass nicht allein die Grundwasserneubildung als Grundlage herangezogen werden sollte. Auch die Entwicklung von Grundwasserständen sei ein wichtiges Instrument, um einerseits bei Antragsstellung langfristige Trends mit einbeziehen zu können sowie andererseits während des Betriebs der Entnahme in Form einer jährlichen Beweissicherung die Effekte der Entnahme zu beobachten. Eine daran geknüpfte Anpassung der genehmigten Entnahmemenge kann jedoch im Konsens einer Bezirksregierung mit der niedersächsischen Vertretung und der LWK nur auf lange Sicht erfolgen (Planungssicherheit über mehrere Jahre; Anpassung nur alle 5 oder 10 Jahre).

Zur Gutachterpflicht wurde empfohlen, diese nicht nur von den beantragten Entnahmemengen fest zu machen, sondern auch an regionalen und lokalen Gegebenheiten, z. B. auch daran, ob der beantragte Entnahmeort in einem Wasserschutzgebiet liegt. Grundsätzlich werden Fachgutachten befürwortet, da somit auch bei fachfremden Antragsstellern die lokalen (hydro)geologischen oder wasserwirtschaftlichen Besonderheiten berücksichtigt werden.

Eine Bagatellgrenze für die Gutachterpflicht (10.000 m<sup>3</sup>/a oder mehr) wird auch in dieser Gruppe befürwortet. Im Erftverbandsgebiet wurde eine Bagatellgrenze von 10.000 m<sup>3</sup>/a für die Gutachterpflicht in der zwischen Erftverband, Bezirksregierung Köln und LWK abgestimmten Checkliste festgehalten. Diese trifft in Anbetracht der Kosten für ein Fachgutachten zwischen 2.000 und 4.000 € im Allgemeinen auf Akzeptanz durch die Antragssteller akzeptiert. Seitens der LWK wurde jedoch auch schon beobachtet, dass einzelne untere Wasserbehörden von der Checkliste abweichen und auch bei kleineren Anträgen schon Gutachten fordern, sodass die Kosten zur Erstellung von Fachgutachten im Einzelfall schon eine Belastung darstellen.

Seitens eines großen Wasserversorgungsunternehmens wurde angemerkt, dass in den meisten Fällen keine Gutachter für die Erstellung wasserrechtlicher Anträge hinzugezogen werden. Dies wird nur in komplexeren Fällen gemacht, wenn beispielsweise eine Strömungsmodellierung erforderlich ist. Eine Gutachterpflicht wird daher insbesondere bei fachfremden Antragsstellen als relevant angesehen.

### Statements Teilnehmerkreis C:

In dieser Teilgruppe wurde für die Bemessung von Wasserrechten vorgeschlagen, ähnlich zum niedersächsischen Modell ein Tool für die unteren Wasserbehörden zu entwickeln, in dem verfügbare Dargebotsreserven für einzelne Teilräume vor-ausgewertet werden. Darin müssten alle laufenden Wasserrechte sowie ggf. tatsächliche Entnahmemengen (insbesondere bei erlaubnisfreien Nutzungen) einbezogen werden.

Auch ein Online-Tool für die Eingabe von Entnahmemengen wird grundsätzlich von der Gruppe befürwortet. Die Eingabe der Mengen sollte dabei entweder durch die unteren Wasserbehörden erfolgen, oder muss schon allein aus verwaltungsrechtlicher Sicht mindestens durch die unteren Wasserbehörden plausibilisiert werden. Unabhängig davon, wie die Eingabe erfolgt sollte die Eingabemaske möglichst einfach und eindeutig gehalten werden, um Fehler bei der Eingabe zu verhindern

Zur Bagatellgrenze der Gutachterpflicht wurde darauf hingewiesen, dass auch bei kleineren Entnahmen ein summarischer Effekt dazu führen kann, dass sich insgesamt ein großer Einfluss ergibt. Die genehmigende Behörde sollte dies also im Blick haben und die Option bekommen, auch bei kleineren Anträgen ein Gutachten zu einzufordern.

*[Die Statements spiegeln nicht zwingend die Meinung der Gruppenleitung wider.]*

## **B.2. Standardisierungsansätze zur Bemessung der Grundwasserneubildung für Entnahmen und Erlaubnisse**

Gruppe 2 – Gruppenleitung: Prof. Dr. Frank Wendland, Dr. Frank Herrmann, FZ Jülich

- **Ist eine landesweite Standardisierung der Bemessungsgrundlage für wasserrechtliche Verfahren in NRW sinnvoll?**
- **Sind Fallunterscheidungen notwendig z. B. für temporäre Entnahmen in Spitzenzeiten und dauerhafte Entnahmen, oder für bestimmte Gebiete – Welche?**

Die Diskussion in den drei Gruppen (B, A, D) kam zu dem Ergebnis, dass man bei den Standardisierungsansätzen zwischen den Themenkomplexen Grundwasserneubildungsermittlung und Grundwasserdargebotsermittlung unterscheiden muss:

### Grundwasserneubildungsermittlung:

Um eine landesweite Konsistenz und Vergleichbarkeit bei den Ergebnissen sicherzustellen, wurde von allen Teilnehmern der Einsatz eines flächendeckend in NRW einsetzbaren Verfahrens als Standard als sinnvoll angesehen. Am häufigsten wurde mGROWA von den Teilnehmern als mögliches landesweites Standardverfahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung genannt; von einigen Teilnehmern wurde vorgeschlagen, zu Vergleichszwecken ggf. GLADIS mit zu betreiben.

In Regionen mit Besonderheiten (ins Grundwasser exfiltrierende Kanäle, Bergbau etc.) wurde es als sinnvoll angesehen, die Grundwasserneubildungsermittlung für diese Spezialfälle extra entwickelten / angepassten Grundwasserneubildungsverfahren offenzuhalten. Um Unterschiede zu den mit dem landesweiten Standardverfahren ermittelten Grundwasserneubildungsraten erklärbar zu machen, sollten die jeweils verwendeten Datengrundlagen offengelegt bzw. zugänglich gemacht werden.

### Grundwasserdargebotsermittlung:

Ein flächendeckend in NRW einsetzbares standardisiertes Verfahren zur Grundwasserdargebotsermittlung wurde dagegen von allen Teilnehmern als schwer umsetzbar angesehen, vor allem aufgrund der Notwendigkeit neben der Grundwasserneubildung auch die vielfältigen und sich zum Teil überlagernden lokalen / regionalen Zu- bzw. Abflüsse in bzw. aus dem Grundwasserleiter adäquat zu berücksichtigen.

Um bei der Dargebotsermittlung und der hierauf basierenden Bemessung für Entnahmen und Erlaubnisse jedoch einen Flickenteppich von lokalen Insellösungen zu vermeiden, wurde vorgeschlagen in einem ersten Schritt „standardisierte Fallgruppen“ zu identifizieren, für die dann in einem zweiten Schritt standardisierte Verfahren auszuarbeiten sind.

Als Beispiele für „standardisierte Fallgruppen“ wurden explizit genannt: hydrogeologische Großstruktureinheiten, nutzungsabhängige Fallgruppen (mit ihren Implikationen auf Fördermengen, Rangstellungen; z. B. für Beregnung, Trinkwasserversorgung), Anreicherung von Lockergesteinsaquiferen durch laterale unterirdische Zuflüsse aus dem Festgesteinsbereich, Austausch zwischen Fließgewässer und Grundwasserleiter (Ex- und Infiltration bzw. Uferfiltrat), Leakage in bzw. Entnahme aus tieferen Grundwasserstockwerken. Bei der Aufzählung wurde bewusst auf eine weitere (Vor-) Strukturierung der Fallgruppen verzichtet. Es wird empfohlen, dieses Thema in einem Follow-up-Workshop „Anforderungen an die Dargebotsermittlung für standardisierte Fallgruppen“ (Arbeitstitel: Vorschlag Wendland) zu konkretisieren.

### **B.3. Diskussion zu Nutzungskonkurrenzen und Anpassungsstrategien**

Gruppe 3 – Gruppenleitung: Dr. Michael Eisele, LANUV

- **Ist die Vorrangstellung für Entnahmen der öffentlichen Trinkwasserversorgung - z. B. gegenüber der Landwirtschaft - „gerecht“?**
- **Ist die Privilegierung der Landwirtschaft (z. B. erlaubnisfreie und entgeltfreie Entnahmen, WHG/LWG und WasEG) gerecht?**
- **Ist ein Umdenken aufgrund des Klimawandels erforderlich? Anpassungsstrategien?**

Kernaussagen aus den Gruppendiskussionen:

- Es bestand Konsens, dass die Trinkwasserversorgung als Teil der kritischen Infrastruktur zur Daseinsvorsorge auch zukünftig eine Vorrangstellung gegenüber anderen Nutzungen haben soll. Dieser Vorrang für die Trinkwasserversorgung soll jedoch nur für den Anteil des abgegebenen Trinkwassers gelten, welcher tatsächlich als Trinkwasser verwendet wird. Eine entsprechende Änderung des § 37, Abs. 2 LWG ist bereits in Planung. Andere Nutzungen von Trinkwasser sollten dagegen keinen Vorrang haben. Dies soll bei der Festlegung für Prioritäten verschiedener Nutzungen berücksichtigt werden.
- Es wurde gefordert, dass Entnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung zukünftig möglichst vollständig erfasst werden, da sich auch kleinere Entnahmemengen stark aufsummieren könnten.
- Es wird die Notwendigkeit gesehen, die Ermittlung der Grundlagen für die Dargebotsermittlung zu vereinheitlichen (bspw. bezogen auf bestimmte naturräumliche Einheiten). In diesem Zusammenhang wird eine landesweite Strategie zu einer verbesserten Erfassung der Nutzungen und des Dargebots mit Festlegungen der Leitlinien sowie zu nutzenden Datengrundlagen und Methoden befürwortet.
- Mit Blick auf ein möglicherweise zukünftig in Folge des Klimawandels verringertes Dargebot und einer zu erwartenden Steigerung des Wasserbedarfs wurde allgemein die Notwendigkeit gesehen, Anpassungsstrategien zu entwickeln. Dabei sollen die Prioritäten der Nutzungen neu justiert werden. Hierzu wurde gefordert, auch die landesweite Datengrundlage zu den Entnahmen für die verschiedenen Nutzungen zu verbessern.
- Für die Landwirtschaft wird für die Zukunft Anpassungsbedarf im Bereich der Bewässerung gesehen. Hier sollen einerseits Kulturen mit geringerem Bewässerungsbedarf eingesetzt werden, andererseits wird auch eine Notwendigkeit zu Verbesserung der Bewässerungstechnik gesehen.



### Statements Teilnehmerkreis C:

In dieser Gruppe wurde die Vorrangstellung der Trinkwasserversorgung bestätigt, es wurde aber von einigen Teilnehmern eine Strategie zur Lösung von Konflikten gefordert, in welcher Methoden, Daten und Leitlinien einheitlich für NRW festgelegt sind.

Es wurde erläutert, dass zwar der Vorrang der Trinkwassernutzung außer Frage steht, die Prioritäten für alle anderen Nutzungen jedoch umstritten seien. In diesem Zusammenhang wurde auf die Nutzung von Trinkwasser für andere Verwendungen hingewiesen.

Von Seiten der LINEG wurde vorgeschlagen, dass das durch die LINEG zu Sumpfungszwecken geförderte Grundwasser zukünftig auch für die Trinkwasserversorgung genutzt werden könnte, da es eine gute Qualität aufweise.

In Bezug auf die Entnahmen zur Bewässerung in der Landwirtschaft wurde darauf hingewiesen, dass es in längeren Trockenperioden zu Konflikten zwischen landwirtschaftlichen und anderen Wassernutzungen kommen kann, wenn zu diesen Zeiten bspw. in der Landwirtschaft viel bewässert werden muss, die Nutzung im privaten Bereich andererseits aber eingeschränkt wird.

Es wurde als notwendig angesehen, dass für Entnahmen zur landwirtschaftlichen Bewässerung ein Erlaubnisvorbehalt gelten muss. Weiterhin erlaubnisfrei sollten nur Entnahmen an Hofstellen und Viehtränken sein. Gleichzeitig wird gesehen, dass die benötigte Bewässerungsmenge stark variieren kann. Die Erlaubnisse sollten deshalb dynamisch gestaltet werden (bspw. über langjährige Entnahmemengen, die in Einzeljahren überschritten werden können).

In Bezug auf die Prüfung von Erlaubnissen bzw. der Prüfung von tatsächlichen Entnahmen in Einzeljahren wurde darauf hingewiesen, dass nicht in allen dafür zuständigen UWBs ausreichenden Kapazitäten vorhanden seien.

In Hinblick auf den Klimawandel bestand Konsens, dass ein Umdenken erforderlich ist und Anpassungsstrategien erforderlich sind. In diesem Zusammenhang wurde angemahnt, insbesondere Strategien für längere Trockenperioden zu entwickeln, bspw. gestützt durch ein Monitoring. Daneben wurde eine Anpassung der landwirtschaftlichen Nutzung an ein zukünftig vermindertes Dargebot; bspw. durch Verwendung von Kulturen mit geringerem Wasserbedarf vorgeschlagen.

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel wurde auf einen möglichen zusätzlichen Wasserbedarf für den Naturschutz (bspw. Feuchtgebiete) hingewiesen, durch welchen sich auch Nutzungskonflikte mit der Trinkwasserversorgung ergeben könnten.

### Statements Teilnehmerkreis B:

Auch in dieser Gruppe wurde die Vorrangstellung für die Trinkwasserversorgung grundsätzlich bejaht. Hier wurde aber angemahnt, dabei die Nutzung von Trinkwasser für andere Zwecke zu berücksichtigen.

Hierzu wurde vorgeschlagen, für die Trinkwassergewinnung eine Bedarfsermittlung zu erstellen, welche insbesondere bei Erweiterung der Förderung bzw. neuen Anlagen zur Trinkwassergewinnung zu berücksichtigen sei.

In Bezug auf die landwirtschaftlichen Entnahmen wurde gefordert, dass zukünftig auch kleinere Entnahmen zur Bewässerung erfasst werden sollten und vorgeschlagen dies über eine Anzeigepflicht im Rahmen von WASEG zu erreichen.

Es wurde darauf hingewiesen, dass bei den genehmigten Entnahmen in den jeweiligen Einzeljahren die Unterschiede zwischen der maximal zulässigen und der tatsächlichen Entnahmemenge erfasst werden sollte. Dies werde aber durch die zuständigen UWB sehr unterschiedlich umgesetzt.

Es wird auch im Hinblick auf die Auswirkungen des Klimawandels erwartet, dass zukünftig mehr Anträge auf Entnahmen zur landwirtschaftlichen Bewässerung über große Beregnungsverbände gestellt werden könnten.

Bezüglich des Klimawandels und des Bedarfs für landwirtschaftliche Bewässerung wurde eine konsequente Fortentwicklung der Bewässerungstechnik gefordert und vorgeschlagen, dies zukünftig in den Nebenbestimmungen bei Erlaubnissen zu fordern.

#### Statements Teilnehmerkreis A:

In Bezug auf die Vorrangstellung der Trinkwasserversorgung wurde gefordert, dass genauere Daten zu den unterschiedlichen Nutzungen erhoben werden sollen. Auf Basis besserer Datengrundlagen sei es einfacher, Konflikte zu entschärfen. Auch in dieser Gruppe wurde auf die Notwendigkeit eines einheitlichen Vorgehens hingewiesen.

Bezüglich der Vorrangstellung der Trinkwasserversorgung und der hier notwendigen Unterscheidung von Trinkwassernutzung und anderen Nutzungen wurde darauf hingewiesen, dass diese Unterscheidung im neuen Landeswassergesetz (LWG, § 37, Abs.2) berücksichtigt wird.

In Bezug auf die Entnahmen durch die Landwirtschaft wurde gefordert, die Erlaubnisfreiheit für Entnahmen zur Viehtränke zu überprüfen. Es wurde in Frage gestellt, dass nur Entnahmen für Anlagen (Ställe), die im Rahmen des BImSchG genehmigungspflichtig sind, eine Erlaubnis erforderlich sei.

In Bezug auf die Genehmigung von Entnahmen wurde erläutert, dass den zuständigen UWB oft der Überblick über das vorhandene Grundwasserdargebot und die bereits bestehenden Entnahmen fehle, da sie nur ihren Zuständigkeitsbereich betrachten. Es sei daher erforderlich übergreifende Bilanzen über alle Nutzungen bereitzustellen. Hier wurde nochmals auf die Notwendigkeit einer landesweiten Strategie hingewiesen.

*[Die Statements spiegeln nicht zwingend die Meinung der Gruppenleitung wider.]*

## B.4. Regulierungsansätze und Controlling

Gruppe 4 – Gruppenleitung: Dr. Sabine Bergmann, LANUV

- **Sind die vorhandenen Regulierungsansätze ausreichend? Sind zusätzliche, NRW-weite Vorgaben notwendig, und wenn ja, welche?**

### Aufgabenstellung:

Bestehende Regulierungsansätze, Möglichkeiten und Erfordernisse des Controllings sollen nacheinander von drei verschiedenen Teilnehmerkreisen (Teilgruppen) diskutiert werden. Es soll geklärt werden, ob die bestehenden Möglichkeiten bereits ausreichen und wenn nein, welche Aspekte z. B. im Rahmen eines landesweiten Erlasses zu regeln wären. Weiterhin soll diskutiert werden, ob und wenn ja welche zusätzlichen Regelungen für Trockenperioden (z. B. zeitnahe Erfassung der Wasserstände und Entnahmedaten) benötigt werden.

### Eingangsstatement und Fragen:

Gemäß Grundwasserverordnung sind in allen gefährdeten und grenzüberschreitenden Grundwasserkörpern sämtliche Entnahmestellen (Entnahmen > 10 m<sup>3</sup>/Tag oder zur Trinkwasserversorgung von > 50 Personen) mit den gemäß Anlage 1 geforderten zusätzlichen Angaben zu erfassen. Überwachungs- und Regulierungsmöglichkeiten bestehen bei allen erlaubnispflichtigen Entnahmen durch wasserrechtlichen Bescheid über Nebenbestimmungen, die erforderlichenfalls auch nachträglich (z. B. bei Feststellung einer möglichen Gefährdung des mengenmäßigen Zustands) auferlegt werden können. Für erlaubnisfreie Entnahmen kann nach WHG auch eine Ausnahme von der Ausnahme, d. h. eine Erlaubnispflicht, verfügt werden, wenn die Entnahmen summarisch zu einer Übernutzung der Grundwasserressource führen könnten. Darüber hinaus werden in NRW alle WasEG-pflichtigen Entnahmen (d. h. Entnahmen von > 3000 m<sup>3</sup>/Jahr) mit den jährlich entnommenen Mengen in der landesweiten Grundwasserdatenbank HygrisC erfasst. Das digitale Wasserbuch wird derzeit im Rahmen einer landesweiten Arbeitsgruppe weiter verbessert, mit dem Ziel einer einheitlichen und vollständigen digitalen Erfassung sämtlicher erlaubnispflichtiger Entnahmen. Werden diese Möglichkeiten zur Datenerfassung und des Controlling genutzt und sind diese ausreichend? Würde es ausreichen, lediglich eine Konzeption für das Dürremanagement zu erarbeiten? Was müsste in einem NRW-Erlass zur Mengenbewirtschaftung stehen?

### Kernaussagen aus den Gruppendiskussionen:

- Zentrale zeitnahe (auch unterjährige) Erfassung von Entnahmemengen ist auch unabhängig von Dürremanagement erforderlich,
- Auch die Erfassung von Wasserständen, Entnahmestellen, Entnahmeort, Entnahmehorizont, Messstellen, Übermittlungsturnus und Datenformat sollten – ggf. unter Staffelung nach Entnahmemengen bzw. Berücksichtigung von Bagatellgrenzen – z. B. per Erlass geregelt und dann in Wasserrechtsbescheiden vorgegeben werden
- Die Erfassung der Daten, ist auch unabhängig von Erlaubnispflicht und WasEG-Pflicht wünschenswert (ggf. über Anzeigepflicht)
- Es sollte eine einfache Schnittstelle zur Einspielung von Daten in die Landesdatenbank geben, die von einem breiten Teilnehmerkreis mitgetragen wird (WVU, Labore, LWK), z. B. ähnlich der Wirtschaftsdüngerdatenbank. Dabei könnten Erfahrungen hilfreich sein, die in anderen Bundesländern gemacht wurden.
- Eine Direkteinspielung von Daten wird nur unter der Prämisse von Plausibilisierungen durch die Behörden mitgetragen. Auch online direkt übermittelte Loggerdaten sind nicht ohne Plausibilisierung verwendbar. Dazu wäre insbesondere bei gesteigertem Meldeturmus zusätzliches Personal erforderlich.

### Statements Teilnehmerkreis D:

Es werden klare und einheitliche Vorgaben in den Bescheiden zur digitalen Erfassung der Daten benötigt, zu: Entnahmemengen, Wasserstände, Entnahmestellen, Entnahmeort, Entnahmehorizont, Messstellen, Übermittlungsturnus und Datenformat. Um einheitliche Anforderungen durchzusetzen müssten diese Vorgaben (z. B. per Erlass) verbindlich und eindeutig geregelt werden. Gut wäre ein online-Format für die schnelle und einfache Dateneingabe.

Es sind Schnittstellen (RWÜ, TEIS, ADIS) zur Erfassung von Daten für HygrisC vorhanden. Diese müssten aber fortentwickelt und auf neue Systeme umgestellt werden (Updates dieser „alten“ Schnittstellen bisher nicht möglich). Auch sollten andere Institutionen (externe Labors, Wasserversorger, Wasserverbände; Gewässerbenutzer) bei der Weiterentwicklung der Schnittstellen oder bei der Einrichtung einer Internet-Plattform als wichtige Primär-Datenlieferanten (Bescheid) berücksichtigt werden.

Die einheitliche und zentrale Datengrundlage (HygrisC) ist ein wichtiger Punkt. Alle Entnahmedaten müssen vollständig und zeitnah vorliegen, nicht nur im Falle langanhaltender Trockenheitsperioden. Die Teilnehmer sprechen sich entschieden dagegen aus, nur ein Dürremanagement zu erarbeiten. Das Thema Grundwassermengenbewirtschaftung muss grundsätzlich geregelt werden. Würde man nur in bestimmten Gebieten in bestimmten Zeiten (Trockenperiode) versuchen, kurzfristig relevante Daten schnell zu bekommen, würden der Wasserbehörde die Grundlage zur Beurteilung fehlen.

In den Wasserrechtsbescheiden werden zwar Höchstmengen gestaffelt nach Menge / Jahr, pro Tag etc. geregelt. Bisher enthalten die Bescheide aber keine entsprechenden Vorgaben zum Turnus der Datenübermittlung bzw. zur Auflösung der entnommenen Mengen (Entnahmeraten; Intervall). Von allen behördlichen Teilnehmern wird die Erfassung unterjähriger Entnahmeraten für notwendig erachtet. Um in Spitzenzeiten ggf. eingreifen zu können, ist dies zwingend, und die Daten müssen zeitnah an die Behörde übermittelt werden. Bisher können in HygrisC ausschließlich Entnahmemengen pro Jahr (Jahressummen) erfasst werden, und diese Daten kommen nicht zeitnah. Daher fehle die Datengrundlage für das Controlling und für ein evtl. Eingreifen in Spitzenzeiten. In einem möglichen Erlass könnte daher geregelt werden, dass in den Bescheiden Angaben zum Übermittlungsturnus (z. B. jährlich, vierteljährlich, monatlich, kontinuierlich) und zur Entnahmerate (Menge /Jahr, Menge/Monat, Menge/Tag) festgelegt werden.

Für Entnahmen zur Bewässerung wird von einem Vertreter der Landwirtschaftskammer NRW der Vorschlag unterbreitet, eine Meldedatenbank ähnlich wie die Wirtschaftsdüngerdatenbank aufzubauen. Auf unkomplizierte Weise könnten die Landwirte die Entnahmemengen zeitnah übermitteln, die Daten könnten z. B. von den Kreisstellen oder zentral in eine einheitliche landesweite Datenbank eingespielt und nach HygrisC übertragen werden. Bisher werden die Entnahmedaten nur dezentral bei den Kreisen erfasst und zwar in unterschiedlichem Format (digital / Papier). Dabei wäre es unkompliziert, sie einheitlich zu erfassen, da die Mengen sowieso erfasst werden müssen (Wasseruhr oder Datenlogger). Allerdings müsste bei den technischen Anforderungen an die Erfassung der Entnahmedaten (z. B. Datenlogger) auch an Bagatellgrenzen gedacht werden, da aufwändige Erfassungstechnik teuer sein kann. Oder aber man nutzt Fördermöglichkeiten.

Aufgrund der Erfahrungen im Nachbarland Niedersachsen wurden folgende Empfehlungen gegeben: In einem möglichen Erlass sollten Bagatellgrenzen geregelt werden, eine Staffelung nach Entnahmemengen empfiehlt sich. Zuständigkeiten und Prüfmechanismen (hinsichtlich Datenqualität, Vollständigkeit) müssen festgelegt werden. Es kann nur davor gewarnt werden, Daten der Betreiber bzw. Loggerdaten ungeprüft in eine Datenbank einzuspielen. Loggerdaten müssen plausibilisiert werden. Für das Controlling in Trockenperioden wird aufgrund der Erfahrung in Niedersachsen eine Bearbeitung auf Ebene der Kreise oder Bezirke empfohlen. Die landesweite Erhebung ist i.d.R. zu aufwändig, um den kurzfristig auftretenden und lokal / regional begrenzten Anforderungen gerecht zu werden. Auch seitens der NRW-Behördenvertreter wird nochmal betont, dass nur ein einfaches System zielführend sein kann, welches sich auf größere bzw. tatsächlich relevante Entnahmen konzentriert.

### Statements Teilnehmerkreis C:

Ein wichtiges Thema ist die vollständige und landesweit einheitliche Pflege des digitalen Wasserbuches. Dies müsste oberste Priorität haben. Ohne vollständige Datengrundlage über die vorhandenen Wasserrechte ist kein Ressourcenmanagement möglich. Die einheitliche Erfassung der Entnahmen (Wasserrechte und entnommene Mengen) könnte z. B. in einem Erlass geregelt werden (einheitliche und genaue Vorgaben).

Die Daten müssen mit zeitlicher Auflösung erhoben und zeitnah übermittelt werden. Bei den Erfassungssystemen müssen auch externe Datenlieferanten (Landwirtschaft, Wasserversorger etc.) berücksichtigt werden. Auch in dieser Teilgruppe kam der Wunsch nach einer einheitlichen Meldedatenplattform (online) auf. Der digitale Fortschritt solle genutzt werden.

Es wurde zu bedenken gegeben, dass eine zeitnahe und zeitlich hochauflösende Erfassung möglichst sämtlicher Entnahmen einen hohen personellen und technischen Aufwand erfordert. Es wurde gefragt, ob denn der Bedarf zwingend gesehen werde und ob der Bedarf diesen Aufwand rechtfertige? Aus Sicht der Wasserbehörden (Bezirksregierungen, auch LWK) wurde der Bedarf nach einer kontinuierlichen(!), z. B. online-Erfassung der Wasserstände und Entnahmen „auf jeden Fall“ (!) gesehen.

Weiter wurde gefragt, ob denn die Wasserbehörden tatsächlich die Möglichkeit sehen würden regulierend einzugreifen, wenn in einem Gebiet zu einem Zeitpunkt aufgrund der kontinuierlichen Datenübermittlung erkannt würde, dass die Wasserstände immer weiter sinken und die Entnahmen gleichzeitig nach oben gingen? Ob also Kriterien und Regelungen für das Eingreifen in einem Erlass benötigt würden? – Dazu kam die Aussage, dass die Möglichkeit zum Eingreifen aufgrund der wasserrechtlichen Bestimmungen gegeben sei. Man könne Schwellen- und Grenzwerte vorgeben, das sei ja üblich und möglich. Problem sei nur die fehlende Überwachungsmöglichkeit, da die Daten entweder gar nicht übermittelt würden oder erst nachträglich und jahresweise aggregiert.

Für einen möglichen Erlass wurde empfohlen, die (digitalen) Erfahrungen aus Niedersachsen einzubeziehen. In Niedersachsen (oder ggf. weiteren BL) sollte nachgefragt werden, welche Datensysteme / Schnittstellen zum Einsatz kämen und wie diese sich bewähren.

### Statements Teilnehmerkreis B:

Hier wurden die Themen Dürremanagement / Mengenbewirtschaftung, erlaubnisfreie Entnahmen und Anzeigepflicht (WasEG) als wichtige Punkte angesprochen: Besonders in langanhaltenden Trockenheitsperioden besteht der Bedarf, alle(!) Daten zu erfassen, daher müssten die Daten kontinuierlich erfasst werden. Ein landesweiter Erlass oder anderweitige landesweite Regelungen seien nötig, damit die Daten vollständig in HygrisC ankommen. Der Bedarf nach einer vollständigen Datenlage zu allen Entnahmen bestehe allerdings unabhängig vom Dürremanagement.

Wiederum wurde das Anliegen vorgetragen und einheitlich unterstützt, dass Entnahmen nicht nur jährlich, sondern kontinuierlich oder zumindest vierteljährlich („Turnus im Erlass zu regeln“) übermittelt und erfasst werden müssten.

Ein Problem seien die Personalengpässe und Zuständigkeiten. Besser wäre es, die Zuständigkeit läge einheitlich bei den Bezirksregierungen, dann wäre es auch einfacher, einheitliche Daten und diese nach HygrisC zu bekommen. In einem Erlass oder anderweitigen landesweiten Regelungen könnte das Controlling (Zuständigkeit für Überwachung und Prüfung auf Vollständigkeit, Plausibilität, Eingabe bzw. Einspielen der Daten) geregelt werden. Auch in dieser Gruppe wurde Kritik an der uneinheitlichen Pflege des Wasserbuchs durch die Unteren WB geübt.

Hingewiesen wurde auf die in Summe z.T. erheblichen Mengen, die aufgrund von erlaubnisfreien oder „schwarzen“ Entnahmen (u.a. Bewässerung, Viehtränke) gefördert werden. Bei Bilanzierungen müsse man diese ggf. pauschal oder mit Faustzahlen (Viehbestand, Bewässerungsbedarf etc.) berücksichtigen, da häufig Fehler entstehen, wenn diese Mengen nicht einkalkuliert würden. In einem Erlass oder anderweitigen landesweiten Regelungen könnte eine Anzeige- oder Erfassungspflicht für diese Entnahmen eingeführt werden. Denkbar wäre auch, im WasEG eine Anzeigepflicht für entgeltfreie bzw. erlaubnisfreie Entnahmen einzuführen.

Als Problem wurde wieder diskutiert, dass über das WasEG nur Jahresmengen in der Rückschau eingespielt werden, und dass diese nicht vollständig seien (wegen Ausnahmetatbeständen). Daher müsste die zusätzliche vollständige, kontinuierliche und zeitnahe Erfassung der Entnahmemengen in HygrisC zusätzlich bzw. parallel dazu aufgebaut bzw. weiterentwickelt werden. Die WasEG-Daten könnten nur zur Plausibilisierung (oder umgekehrt) dienen. Die kontinuierliche zeitnahe Erfassung sollte am besten mittels moderner digitaler Technik (online) realisiert werden.

*[Die Statements spiegeln nicht zwingend die Meinung der Gruppenleitung wider.]*

## B.5. Abschlussdiskussion Workshop-Tag 2

Autorin: Dr. Sabine Bergmann, Fachbereich 52, LANUV

### Diskussionsblock 27.03.2020: Fragen an die Referenten

#### **Fragen an Herrn Simon (Erftverband), Vortrag zu Standardisierungsverfahren im Gebiet des Erftverbands:**

Werden keine Abschläge für Schutzgebiete und Trockenperioden benötigt? Entsteht dadurch kein Fehler bei der Bemessung?

- *Antwort: Es besteht eine enge Verknüpfung zwischen Modellierung und Monitoring. Auswirkungen auf Schutzgebiete und in Trockenperioden werden durch ein engmaschiges Monitoring und entsprechende Grenz- und Schwellenwerte (Ampelsystem) verhindert.*

#### **Fragen an Frau Heumann (LBEG Niedersachsen) und Herrn Rütten (LWK NRW) in Bezug auf die Bemessung von Entnahmen für die Bewässerung / Bedarfsermittlung und Bewässerungsmanagement:**

Gibt es Vorgaben zum Bewässerungszeitpunkt und zur Optimierung der Methodik, um Verluste gering zu halten? Wie wird mit Spitzenbedarfen umgegangen?

- *Antwort (LBEG): Berechnungszeitpunkt (Tag/Nacht) bringt natürlich einen Unterschied, aber die Optimierung stößt an Grenzen bei der Umsetzbarkeit. Die Bewässerungseinrichtung ist zeitaufwändig und muss praktisch durchführbar bleiben. In den Spitzenzeiten der letzten zwei Jahre war ohnehin Ganztagsberechnung erforderlich. Vorgaben, bestimmte Berechnungs- oder Steuerungsmethoden einzusetzen, werden bisher nicht erteilt, da die Systeme sehr unterschiedlich sein können und müssen. Allerdings ist ein weiteres neues DWA-Merkblatt zu den Bewässerungstechniken in Vorbereitung (Fachmann im DWA-AK ist Herr Fricke, LWK Niedersachsen). Der Umgang mit Spitzenbedarfen wird zum Teil schon im wasserrechtlichen Antragsverfahren berücksichtigt (Szenarioberechnung mit stationären Modellen (Jahresmittelwerte) und/oder instationären Modellen). Im Mengenzuweisungserlass ist diese Fragestellung außen vor.*
- *Antwort (LWK NRW): In NRW wurden bei Interessenskonflikten in Spitzenzeiten tendenziell eher Brunnen abgebaut und an anderer Stelle neu gebaut. Entnahmen aus Oberflächenwasser durften in 2018 z. T. nicht mehr bis zur beantragten Entnahmemenge ausgeschöpft werden („Widerruf der Entnahmeerlaubnis“).*



Sind die im DWA-Arbeitsblatt vorgestellten Methoden zur Ermittlung von Berechnungsbedarfen auch auf NRW anwendbar?

- Antwort (LBEG): Ja, genau darauf zielt das DWA-Merkblatt ab. Es ist ja kein niedersächsisches, sondern ein bundesweit anwendbares Arbeitsblatt. Dazu wurden beispielsweise die bundesweiten Klimaräume mit individuellen Berechnungsspannen bzw. nFKwe-Spannen definiert und auch die klimatischen Wasserbilanzen für alle Bundesländer getrennt für die Bezugszeitspanne 1981-2010 ausgewertet.

Sind entsprechende Datengrundlagen wie in Niedersachsen auch für NRW verfügbar, um den Bewässerungsbedarf kulturarten-, boden- und gebietspezifisch zu ermitteln? Wer kann solche Informationen bereitstellen?

- Antwort (LWK NRW): In NRW werden solche Informationen von der LWK zur Verfügung gestellt, es erfolgt eine Beratung und Prüfung der Anträge durch die LWK.

### **Fragen an Herrn Linder (GD NRW) und Herrn Eisele (LANUV NRW) zum Vortrag „Aquifercharakteristiken in NRW:**

In welchen Gebieten sind zusätzliche Informationen zur Ermittlung des Dargebots erforderlich, die nicht mit mGROWA erfasst werden?

- Antwort (GD NRW): Welche Gebiete aufgrund der Geologie / Hydrogeologie betroffen sind kann aus den Vortragsfolien entnommen werden. Als Beispiel wurde der Wuppertaler Massenkalk genannt, in dessen direktem Umfeld das mGROWA-Modell nur bedingt geeignet ist, da sich der Wuppertaler Massenkalk drainierend auf die Umgebungsgesteine auswirkt.

Werden seitens des GD die dargestellten Überströme (zwischen Aquiferen) auch quantifiziert? Von Interesse wäre eine Quantifizierung beispielsweise für den Grundwasserkörper im Bereich des Wuppertaler Massenkalks?

- Antwort (GD NRW): Der GD quantifiziert die Überströme nicht, dazu sind Bilanzmodelle erforderlich.
- Antwort (LANUV): Hier könnte zum Beispiel das NRW-Bilanzmodell, oder, noch besser, ein Regionalmodell eingesetzt werden. Im ersten Schritt ist es wichtig, mithilfe der Modelle festzustellen, wo ein Leakage oder ein lateraler Zustrom zu erwarten ist (GD-Modell) oder feststellbar ist (landesweites Bilanzmodell). Beim NRW-Bilanzmodell wird jedoch einerseits bisher die Dreidimensionalität vernachlässigt (pauschale Mächtigkeit = 30 m) und andererseits ist die Abbildung der Hydrogeologie im Festgestein unter gewissen Vorbehalten zu betrachten. Daher ist zur weiteren Verfeinerung der Daten ist mit einem Bilanzmodell dann auch eine mengenmäßige Abschätzung möglich (siehe Vortragsblock zu den Bilanzmodellen). Fragen und (z. B. lokale, regionale) Ergebnisse des NRW-Bilanzmodells können beim Fachbereich 52 des LANUV angefragt werden. Dies kann auch dazu beitragen, das Modell weiter zu verbessern.

### **Fragen an Herrn Sailer (ahu GmbH) zum Vortrag „Schutzgebietsverfahren“:**

In dem Vortrag wird dargestellt, dass das berechnete Dargebot kein Defizit ausweist, und dennoch Auswirkungen der (Tiefengrundwasser-)Entnahmen auf das grundwasserabhängige Feuchtgebiet festzustellen sind. Ist es also notwendig, gegenüber dem berechneten Dargebot noch Abschläge für Schutzgebiete festzulegen? Welche (ggf. landschaftsökologischen) Maßnahmen gibt es?

- *Antwort: Per Bescheid (Nebenbestimmung) ist ein landschaftsökologisches Monitoring festgelegt (feste Auslöseschwellen, Ampelsystem). Die Bemessung und Überwachung der Entnahmemengen (aufgrund einer Dargebotsabschätzung) müssen durch ein kontinuierliches Monitoring der Grundwasserstände, im Bereich von Schutzgebieten außerdem durch ein engmaschiges landschaftsökologisches Monitoring, ergänzt und ggf. nachjustiert werden. Pauschalierte Abschläge für Schutzgebiete lassen sich fachlich nicht ableiten, da sie in jedem Einzelfall unterschiedlich sein können. Daher ist die Verknüpfung zwischen Modellabschätzung und Monitoring (Nebenbestimmungen; engmaschige Erfassung und Controlling; Ampelsystem) wichtig.*

### **Abschlussdiskussion 27.3.2020: Gesamtfazit aus der Gruppenarbeit und weiteres Vorgehen**

Hinweis auf übergreifende Wasserversorgungskonzepte, wie sie in Niedersachsen neuerdings erstellt werden (mdl. Beitrag ahu & Consulaqua): In Niedersachsen wurde die Erstellung von Wasserversorgungskonzepten per Landeswassergesetz eingeführt. Bei diesen Wasserversorgungskonzepten werden alle Entnahmen (nicht nur Trinkwassergewinnung) einbezogen.

Das Konzept orientiert sich am Dargebot und der nachhaltigen Mengenbewirtschaftung, sodass auf räumlicher Ebene nicht Verwaltungsgrenzen, sondern Einzugsgebiete der Gewässer bzw. Grundwasserressourcen zur Abgrenzung herangezogen werden.

Wäre ein solcher Ansatz nicht auch für NRW sinnvoll?

- *Antwort (MULNV, BezReg, LANUV): Ein solches Vorgehen geht über die Regelungsmöglichkeiten eines Bewirtschaftungserlasses hinaus (LWG). Auf den deutlichen Unterschied zu den in NRW zu erstellenden Wasserversorgungskonzepten wird hingewiesen. Letztere dienen dazu, die Wahrnehmung der öffentlichen Daseinsvorsorge durch die Kommunen zu stärken. Daher ist der Bezugsraum kommunal und erfolgt die Konzentrierung auf die lokale Trinkwasserressource. Die Zielsetzung ist eine andere.*
- *Ergänzung (LBEG): Die Wasserversorgungskonzepte in Niedersachsen könnten nach Aussage von Frau Heumann den Mengenbewirtschaftungserlass zunächst ergänzen oder perspektivisch sogar ablösen. Derzeit befinden sich die Konzepte jedoch erst in der Pilotierung und haben noch Projektcharakter.*

Wie sieht das weitere Vorgehen zur Erstellung eines möglichen Erlasses aus? Erfolgt eine Beteiligung der Verbände (z. B. Wasserverbände) und Wasserversorgungsvertreter?

- *Antwort MULNV / LANUV: Die Ergebnisse des Workshops werden seitens des LANUV zunächst in einem Synthesebericht zusammengefasst. Auf dieser Grundlage können Empfehlungen für einen solchen Erlass abgeleitet und dann – zunächst innerhalb der Behördenvertreter – später mit Verbänden – abgestimmt werden, ähnlich wie es bei anderen Themen (landesweite WSG-VO, Wasserversorgungskonzepte) gemacht worden sei. Insbesondere soll die Expertise der Fachinstitutionen und Verbände genutzt und einbezogen werden.  
Mit entsprechenden Gesprächen ist ab Sommer 2020 zu rechnen.*



---

Landesamt für Natur, Umwelt und  
Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen

Leibnizstraße 10  
45659 Recklinghausen  
Telefon 02361 305-0  
poststelle@lanuv.nrw.de

[www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de)