

# WASSER UND ABFALL

UMWELT – ENERGIE – RECHT

**BWK** - die Umweltingenieure

**Neue Ansätze zur über-  
regionalen Bewirtschaftung  
von Grundwasserleitern**  
Seite 16

**Auswirkungen von Klimaände-  
rungen auf die Grundwasser-  
neubildung in Niedersachsen**  
Seite 21

**Flussgebietspartnerschaft  
Nördliches Harzvorland –  
Hochwasserschutz in Kooperation**  
Seite 55

## BWK-Bundeskongress – im Zeichen des Klimawandels



# Neue Ansätze zur überregionalen Bewirtschaftung von Grundwasserleitern

Zur Deckung des steigenden Bedarfs an Grundwasserentnahmen für die Feldberegnung ist eine nachhaltige, angepasste Bewirtschaftung des Grundwasserdargebots notwendig. Voraussetzung hierfür ist ein Monitoringsystem, das auch für große Bewirtschaftungsgebiete zeitnah und mit möglichst geringem Messaufwand die erforderlichen Informationen liefert, die für eine bedarfsgerechte Steuerung der Grundwasserentnahmen benötigt werden. Hierzu wurde ein Lösungsansatz entwickelt, der sich derzeit in der Realerprobung befindet.

Michael Bruns, Björn Stiller und Hilger Schmedding

Der seit Jahren steigende und bereichsweise mit der öffentlichen Trinkwasserversorgung konkurrierende Bedarf an Beregnungswasser (Zusatzwasserbedarf) für die Landwirtschaft wird als Folge des Klimawandels und der Intensivierung der Landwirtschaft weiter zunehmen. Die bedarfsangepasste Erhöhung der Wasserrechte ist deshalb eine wesentliche Voraussetzung für die wirtschaftliche Entwicklung der durch Bewässerungslandwirtschaft geprägten Region Nordostniedersachsen.

Begrenzende Faktoren der Wasserentnahmen für die Feldberegnung sind, neben dem Grundwasserdargebot, negative Auswirkungen auf Schutzgüter und insbesondere auf die grundwasserabhängigen Landökosysteme. Dieses bezieht sich sowohl auf lokale Entnahmen (Einzelbrunnen) als auch auf die summarische (Fern-) Wirkung aller Entnahmen im betrachteten System. Gleiches gilt für die Beeinflussung der aus ökologischen Gründen notwendigen Mindestabflüsse in den mit dem Grundwasser interagierenden Fließgewässern. Speziell dieser Aspekt hat im Zusammenhang mit der EU-WRRL [1] an Bedeutung gewonnen und der Untersuchungsaufwand ist entsprechend gestiegen.

Aus hydrogeologischen Gründen sind oftmals nur kleine Flächenanteile des Gesamtgebietes von potenziell negativen Auswirkungen der Grundwasserförderung betroffen. Flächen mit hohen Grundwasserflurabständen oder artesisch gespannten Verhältnissen können vielfach außer Betracht gelassen werden.

Sehr viel größere Relevanz, auch im Hinblick auf das Grundwasserdargebot, hat die Betrachtung der summarischen Einflüsse aller Entnahmen (Beregnung und weitere Wasserrechte); erst recht, wenn für deren Ermittlung die volle Ausschöpfung aller genehmigten Wasserrechte angesetzt werden muss [2]. Gleiches gilt für Zukunftsszenarien, die den prognostizierten gestiegenen Beregnungsbedarf berücksichtigen.

Vor diesen Herausforderungen stehen auch die Dachverbände Feldberegnung Lüneburg und Uelzen in Nordostniedersachsen, die für die anstehenden Wasserrechtsanträge der beiden Dachverbände umfangreiche hydrogeologische und wasserwirtschaftliche Untersuchungen durchführen müssen. Aufgrund der erheblichen Größe des Untersuchungsgebietes von ca. 3.850 km<sup>2</sup> mit einer Beregnungsfläche von 776 km<sup>2</sup>, einer derzeit noch bewilligten Jahresentnahme aus dem Grundwasser von 56,5 Mio. m<sup>3</sup> und einer Entnahme aus ca. 2.000 Beregnungsbrunnen ist ein „konventionelles“ Bewirtschaftungsmonitoring mit hunderten von Überwachungsstellen (Grund- und Oberflächenwasser) weder für eine bedarfsgerechte zeitnahe Steuerung der Grundwasserentnahmen flexibel genug noch ökonomisch vertretbar.

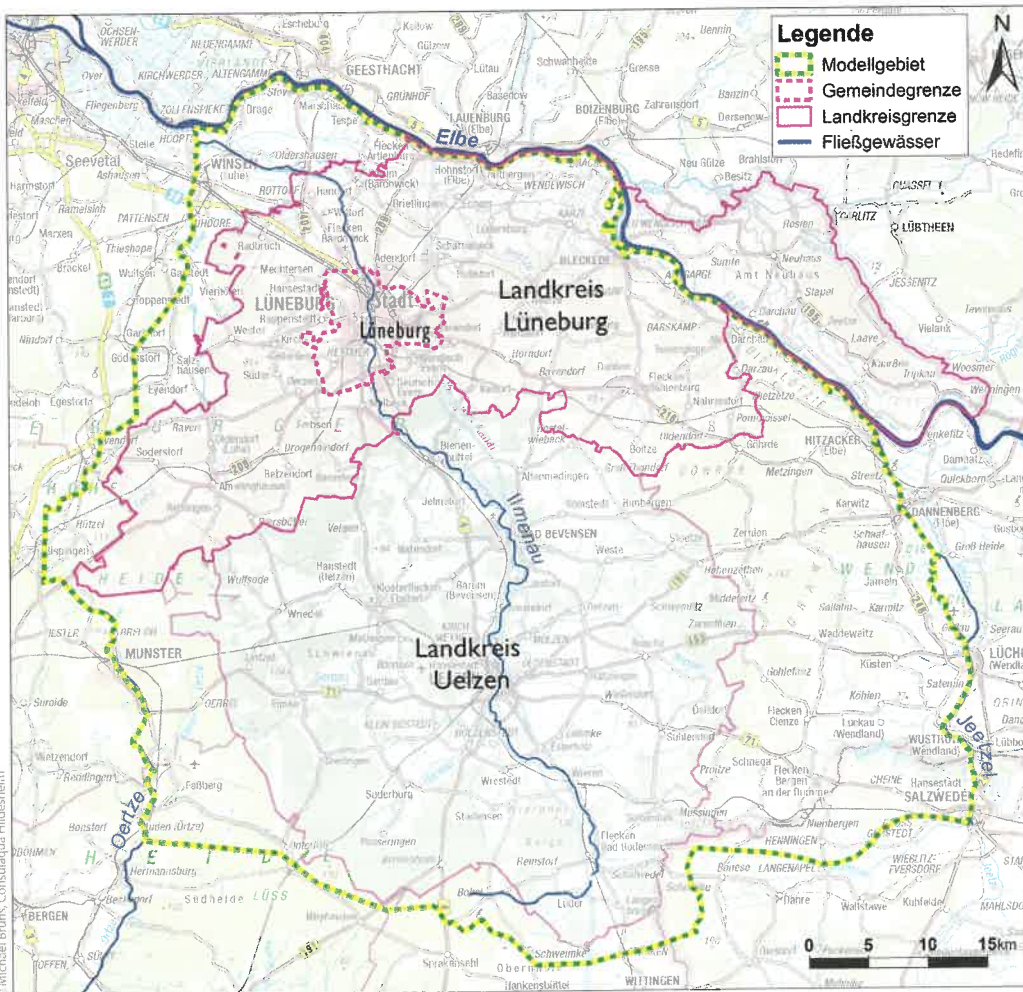
Daher soll ein innovativer Monitoringansatz entwickelt werden, der Grundlagen und Handlungsspielräume für eine bedarfsgerechte Steuerung der anstehenden wasserrechtlichen Entscheidungen bieten kann und darüber hinaus ein verträgliches Mengenmanagement der zur Verfügung stehenden Grundwasservorkommen gewährleistet.

## Grundlagen / Systembeschreibung

Das Untersuchungsgebiet (= Modellgebiet, **Bild 1**) befindet sich in Nordostniedersachsen und umfasst die in den Landkreisen Lüneburg und Uelzen vorkommenden Grundwasserkörper Ilmena

### / Kompakt /

- Nur eine bedarfsorientierte, zugleich aber wasserwirtschaftlich verträgliche Steuerung der Beregnungsentnahmen ermöglicht die notwendige Flexibilität zur Anpassung der Beregnungslandwirtschaft an die zukünftigen Entwicklungen.
- Basis dieser Steuerung kann ein auf potenziell sensible Gebiete fokussiertes Messsystem sein, mit dem die Auswirkungen der Förderung analysiert und auf das Gesamtgebiet übertragen werden können.
- Eine solche Steuerung kann sich zu einem Entscheidungs-Unterstützungs-Instrument entwickeln, mit dem angepasste Entnahmevorgaben für das folgende Beregnungsjahr geliefert werden können.



**Bild 1:** Lageplan des Untersuchungsgebiets (= Modellgebiet)

Lockergestein rechts, Ilmenau Lockergestein links, Jeetzel Lockergestein links sowie Örtze Lockergestein links.

Große Teile des Untersuchungsgebiets gehören zur östlichen Lüneburger Heide, einer Geest-Landschaft, die vor allem durch die Vereisungen der Elster- und Saale-Kaltzeiten geprägt ist.

Die wasserwirtschaftlich relevanten Schichten haben sich seit dem Tertiär (Miozän) abgelagert, beginnend mit dem unteren Glimmerton, der die Basis des Grundwasserleiterkomplexes bildet. Darauf folgen mit den Unteren und Oberen Braunkohlensanden bedeutsame Grundwasserleiter, die in weiten Teilen durch eine Ton-schicht, der Hamburg-Formation, voneinander getrennt sind. Den Abschluss der tertiären Schichten bildet der Obere Glimmerton; dieser ist bereits großräumig erodiert und nur lokal von Bedeutung.

Das tertiäre Schichtpaket ist mit einem Netzwerk aus bis zu 350 m tiefen glazialen Erosionsrinnen durchzogen, die mit meist sandigen und kiesigen Sedimenten (Schmelzwassersande, Flussschotter), aber auch Feinsedimenten (Beckenablagerungen) der Elster-Kaltzeit ver-füllt sind. Die glazialen Rinnen sind bedeutende Grundwasserleiter; sie stehen über die Rinnenflanken häufig in hydraulischem Kontakt zu den benachbarten tertiären Grundwasserleitern.

Die darüber liegenden Sedimente der Saale-Kaltzeit formen mehrere Grundwasserstockwerke, bestehend aus einer Wechsel-folge von Schmelzwassersanden und Grundmoränen (Bild 2). Dabei stellen die Schmelzwassersande des Haupt-Drenthe-Stadiums

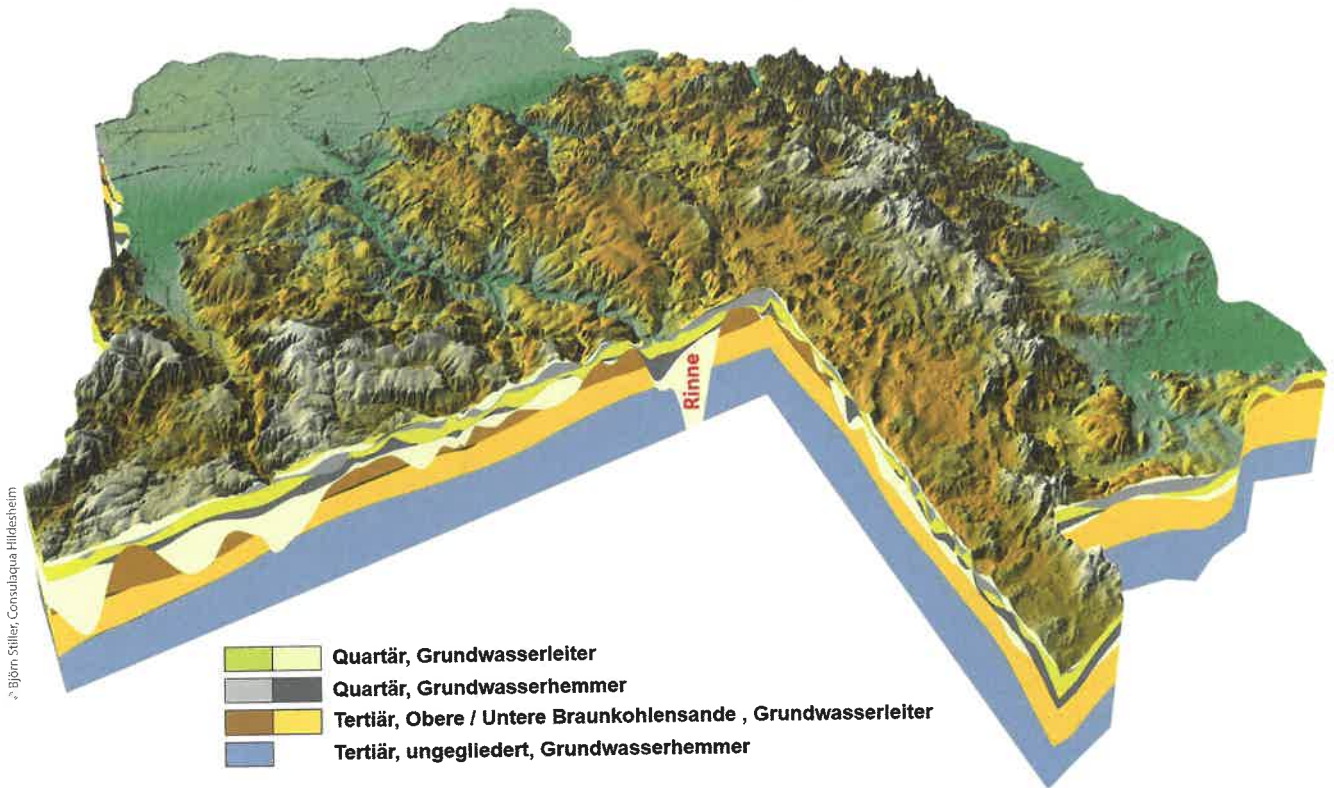
im Untersuchungsgebiet den Hauptförderhorizont der Berechnungs-brunnen dar.

Die Grundwasserflurabstände variieren von wenigen Metern in den Flusstälern, bis hin zu > 30 m in den Hochlagen, in denen gebietsweise auch schwebende Grundwasserleiter auftreten. Die überwiegend sandigen Böden weisen eine geringe Wasserhalte-kapazität auf, woraus sich ein hoher Berechnungsbedarf ergibt.

Das Gebiet wird durch zahlreiche, überwiegend sand-/kiesge-prägte Gewässer mit der Ilmenau als Hauptvorflut in Richtung Elbe entwässert. In den Oberläufen sind die Gewässer vielfach influent oder entwässern lokal begrenzte schwebende Grundwasserstock-werke.

## Lösungsansatz / Methodik

Der fachliche Ansatz zum Aufbau eines Monitoringsystems zum flä-chendeckenden Grundwassermanagement geht von der Errichtung „repräsentativer Leitmessstellen“ im Grundwasser und in den Gewässern an ausgesuchten Positionen im Gesamtgebiet aus [3]. Hierzu werden Bereiche mit potenziell förderbedingten Beeinflus-sungen durch eine Kombination der Berechnungsergebnisse eines numerischen Grundwasserströmungsmodells und GIS-gestützten Daten zu naturschutzfachlich sensiblen Flächen extrahiert.



**Bild 2:** Überhöhte 3D-Darstellung der Morphologie und der hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

### Numerisches Grundwasserströmungsmodell

Ein das gesamte Untersuchungsgebiet umfassendes numerisches Grundwassermodell stellt das wesentliche Prognose- und Steuerungsinstrument dar. Da die Berechnung in Abhängigkeit von Feldfrucht, Bodenparametern und meteorologischen Bedingungen nur in kurzen Zeitintervallen (wenige Tage bis Wochen) erfolgt, ist eine Modellierung im instationären Modus unabdingbar. Insbesondere für die Analyse und Auswirkungsprognose der Entnahmen spielen das Speicherverhalten und die Reaktionszeiten sowie der Sättigungsgrad im Aquifersystem eine wesentliche Rolle. Hierbei lassen sich verträgliche Spitzenentnahmemengen sowie mittlere Entnahmen über einen längeren Zeitraum (z. B. Dekade) ermitteln.

Ein weiterer entscheidender Aspekt der Modellierung ist die Analyse der Interaktion zwischen Grund- und Oberflächenwasser. Hierauf aufbauend ist die Prognose der Auswirkungen veränderter Grundwasserentnahmen auf die grundwasserbürtigen Abflüsse, insbesondere die Niedrigwasser-Basisabflüsse in den Gewässern möglich. Kalibriert werden die modellberechneten Abflüsse auf Grundlage der Daten von 12 vom Niedersächsischen Landesbetrieb für Küsten- und Naturschutz (NLWKN) betriebenen Abflusspegeln sowie an den zusätzlichen Abflussmessungen des Monitoringsystems.

### Innovativer Ansatz des Monitoringsystems

Das Monitoringsystem hat zwei unterschiedliche Aufgaben: Einerseits die Überwachung der Auswirkungen der Grundwasserentnahmen auf die einzelnen Schutzgüter sowie auf die Bewirtschaftungsziele gem. EU-WRRL und andererseits eine zeitnahe Bereitstellung der Datengrundlage für die Ermittlung des in der folgenden Berechnungsperiode zur Verfügung stehenden Grundwasserdargebots und der ggf. damit einhergehenden mengenmäßigen und räumlichen Einschränkungen der Beregnung.

Um die Anzahl der zur Überwachung und Steuerung notwendigen Grundwassermessstellen und Abflusspegel auf ein praxistaugliches Maß zu begrenzen, erfolgt zunächst eine aus hydrogeologischer Sicht „abgeschichtete“ Gebietsauswahl, die auf Bereiche mit geringmächtigen Grundwasserhemmern, niedrigen Grundwasserflurabständen und hoher Entnahmekapazität ausgerichtet ist. Diese werden mit grundwasserabhängigen Landökosystemen, Naturschutz- und FFH- sowie weiteren naturschutzfachlich relevanten Gebieten und den zuvor ermittelten unterirdischen Einzugsgebieten der Ober- und Mittelläufe der WRRL-relevanten Gewässer verschnitten.

Hieraus resultieren Bereiche, die potenziell sensibel auf Änderungen der Grundwasserstände und der Basisabflüsse reagieren. Ein weiterer Aspekt ist die Repräsentativität der ermittelten Bereiche für das gesamte Untersuchungsgebiet, so dass ggf. eine spätere Übertragbarkeit der Erkenntnisse möglich ist. Im ersten Schritt wird die Überwachung auf die so ermittelten „Pilotgebiete“ fokussiert.

Anhand von detaillierten elektronischen Abflussmessungen in den Gewässerabschnitten und kontinuierlichen Grundwasserstandsmessungen werden meteorologisch und entnahmebedingte Abfluss- und Aquiferreaktionen aufgezeichnet.

In Interaktion mit dem bestehenden, laufend fortgeschriebenen numerischen Grundwassermodell können hierdurch für die „Pilotgebiete“ mit relativ wenigen Messstellen die förderbedingten Aus-

wirkungen auf die relevanten Schutzgüter ermittelt und überwacht werden. Die zeitnahe Aus- und Bewertung des Systemzustands ermöglicht anschließend eine ressourcen- und bedarfsgerechte Steuerung der Beregnungsentnahmen.

### Erprobung des Monitoringsystems unter Realbedingungen

Zur Prüfung der Praktikabilität eines solchen Monitoringsystems wurden im Rahmen eines Teilprojekts innerhalb des EU-Forschungsprogramms (Interreg North Sea Region) TOPSOIL [4] nach den o. g. Kriterien beispielhaft 3 Pilotgebiete an den Gewässeroberläufen der Esterau, Wipperau und des Röbbelbachs ausgewählt (Bild 3). Die Erprobung wurde mit dem Bau der Messstellen im Frühjahr 2018 begonnen und dauert über zwei Beregnungsperioden.

Am Gewässerausfluss der jeweiligen Pilotgebiete wurden Abflussmesssonden der neuesten Generation (Acoustic Doppler Current Profiler) installiert, die speziell für geringe Wasserstände ausgelegt sind, sodass auch Minimalabflussmengen (ab 8 cm Wassersäule über Sonde) erfasst werden können. Im Nahbereich der Abflussmessstellen wurde in Ergänzung der bestehenden Grundwassermessstellen jeweils eine neue Grundwassermessstellen-Gruppe mit Filterlagen im oberflächennahen Grundwasserleiter bzw. im darunter liegenden Hauptförderhorizont gebaut und mit Datenloggern ausgerüstet.

Ziel dieser Messstellenkombination ist, in Verbindung mit den bereits vorhandenen Abfluss- und Grundwasserdaten, dezidierte Informationen zur Interaktion zwischen Grund- und Oberflächenwasser bzw. eine Gesetzmäßigkeit der Reaktionen auf die Beregnungsentnahmen ableiten zu können. Um diese von den meteorologisch bedingten Reaktionen zu separieren – fallende Wasserstände im Frühjahr überlagern sich mit dem Beginn der Beregnungsperiode – wird das instationäre Grundwassermodell in den Pilotgebieten verfeinert und regelmäßig nachkalibriert.

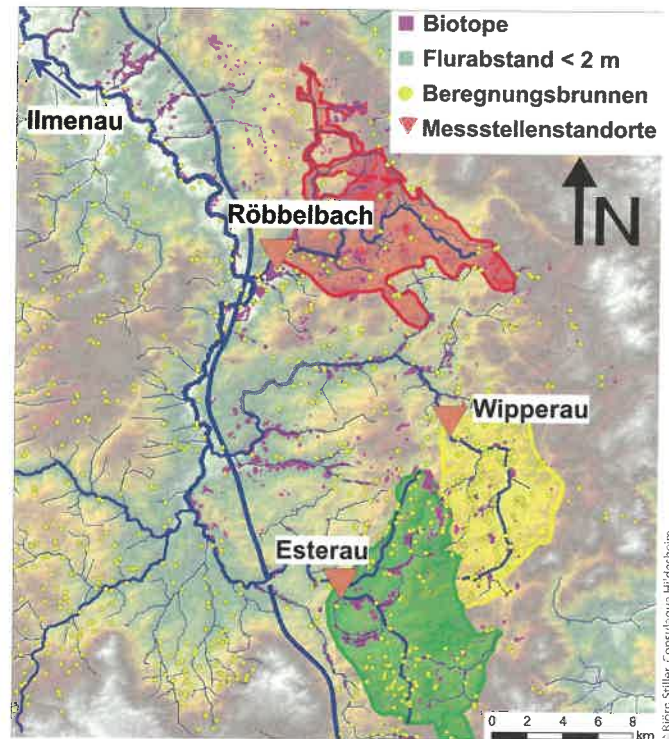


Bild 3: Lage der drei Pilotgebiete

Stellt sich dieses Verfahren als geeignet für die Auswirkungsanalyse hinsichtlich der Schutzgüter und des Bewirtschaftungsplans heraus, werden analog weitere repräsentative Überwachungsgebiete identifiziert, in denen dieses Monitoringsystem eingerichtet

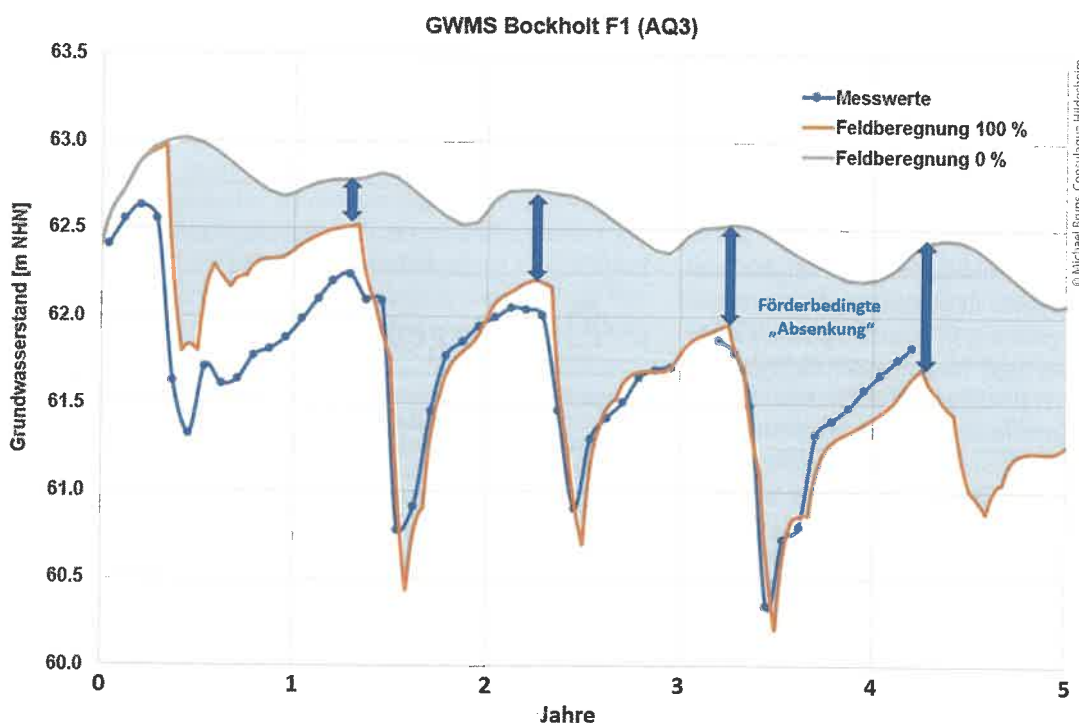


Bild 4: Grundwasserganglinien-Vergleich mit (kalibriert nach Messwerten) und ohne (Modellberechnung) Einfluss der Beregnungsentnahmen

tet wird. Aus deren Ergebnissen können dann Rückschlüsse auf das Grund- und Oberflächenwasserverhalten des gesamten Untersuchungsgebiets gezogen werden.

## Erste Ergebnisse / Zwischenstand

Aussagekräftige Messergebnisse aus den Pilotgebieten liegen derzeit noch nicht vor. Eine wesentliche Herausforderung ist die exakte Kalibrierung der elektronischen Abflussmesssonden. Im Juni 2018 waren angesichts der andauernden Trockenheit die Wasserstände an den Messstellen und die Abflussraten bereits so gering, dass Vergleichsmessungen mit alternativen Geräten, z. B. Flügelrad, nur noch bedingt möglich waren und sich bereits geringe Veränderungen in der Hauptströmungsrichtung und des Gewässerquerschnitts erheblich auf die ermittelten Abflussmengen auswirkten. Es braucht also noch längere Zeitreihen und Mess- bzw. Methodenerfahrung, um belastbare Werte abbilden zu können.

Die bisher gewonnenen Ergebnisse aus der Grundwassermodellierung zeigen, dass sich Trocken- oder Feuchtjahre, sowie Entnahmeveränderungen offensichtlich über mehrere Jahre nivellieren. Grund hierfür sind das Aquiferspeicherverhalten und die unterschiedlich langen Fließzeiten in der ungesättigten und gesättigten Zone des Untergrundes.

**Bild 4** zeigt einen unter gemessenen meteorologischen Bedingungen erstellten Vergleich der Grundwasserreaktionen mit Berechnungseinfluss (gelbe Ganglinie) und bei (modelltechnisch) abgeschalteter Berechnung (graue Ganglinie). Durch eine bis zum Ende des Berechnungszeitraums von fünf Jahren nicht abgeschlossene Zunahme der Differenz zwischen beiden Ganglinien (blaue Fläche = förderbedingte Grundwasserabsenkung) wird deutlich, dass es mehrere Jahre dauert, bis sich ein neues Gleichgewicht im Aquifersystem eingestellt hat. Diese Trägheit der Systemreaktionen kann für die Definition von bedarfsorientiert flexiblen Entnahmemengen, z. B. hohe Entnahmen zu Trockenzeiten, geringere zu Feuchtzeiten genutzt werden, ohne dass durch Spitzenentnahmen nicht reversible Auswirkungen auf Schutzziele entstehen.

## Ausblick

Stellt sich bei der Erprobung das entwickelte und auf sensible Bereiche fokussierte Monitoringsystem als geeignet heraus, wird es auf repräsentative Gebiete des gesamten Untersuchungsraums ausgedehnt. Bei Beibehaltung oder sogar Steigerung der Aussagesicherheit ergibt sich gegenüber vergleichbar großen Untersuchungsgebieten und Entnahmemengen ein deutlich reduzierter Mess- und Auswerteaufwand. Die auf das Wesentliche konzentrierten Datenmengen fördern eine schnelle und flexible Auswertung. In Kombination mit dem Grundwassermodell wird die Erstellung von Entnahmevorgaben für das folgende Berechnungsjahr ermöglicht, die auf dem jeweiligen Aquiferzustand basieren und die zurückliegende Witterungs- und Entnahmesituation berücksichtigt. Dadurch werden eine verträgliche Nutzung des bestehenden Grundwasserdargebots und ggf. eine gezielte Planung von gegensteuernden Maßnahmen ermöglicht.

Durch die laufende Datengenerierung, dem stetig anwachsenden Systemverständnis sowie die ständige Aktualisierung des Grundwassermodells wird sich die Prognosezuverlässigkeit mit der Zeit weiter erhöhen. Somit wird neben dem Monitoringsystem zur Ermittlung der förderbedingten Auswirkungen auch ein Entscheidungs-Unterstützungs-System zum flächendeckenden Grundwassermanagement aufgebaut und damit ein Planungs- und Prognoseinstrument zur nachhaltigen Bewirtschaftung des Grundwasservorkommens in der Region geschaffen.

## Literatur

- [1] Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik vom 23.10.2000 (ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1-72), zuletzt geändert durch Richtlinie 2014/101/EU der Kommission vom 30.10.2014 (ABl. L 311 vom 31.10.2014, S. 32)
- [2] Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), Leitfaden zur Berücksichtigung der Bewirtschaftungsziele für Oberflächengewässer im Rahmen von Zulassungsverfahren für Grundwasserentnahmen; Entwurf, Stand März 2018
- [3] Landwirtschaftskammer Niedersachsen; Aquarius Dem Wasser kluge Wege ebnen, Abschlussbericht, Uelzen 2012
- [4] TOPSOIL (Teilprojekt); Entwicklung und Erprobung eines Monitoring-Systems sowie von Vorschlägen für eine Bewirtschaftungssteuerung für großräumige Grundwasserkörper am Beispiel der Region Uelzen – Lüneburg

## Autoren

Dipl.-Geol. Michael Bruns

M.Sc.-Geow. Björn Stiller

Dipl.-Geol. Hilger Schmedding

CONSULAQUA Hildesheim

Gropiusstraße 3

31137 Hildesheim

E-Mail: michael.bruns@consulaqua.de

E-Mail: bjoern.stiller@consulaqua.de

E-Mail: hilger.schmedding@consulaqua.de



### Grundwasserleiter

Wisotzky, F.; Cremer, N.; Lenk, St.: Versauerungsprobleme in Grundwasserleitern (Sennesande). In: Angewandte Grundwasserchemie, Hydrogeologie und hydrogeochemische Modellierung. Berlin Heidelberg: Springer Spektrum, 2018. [www.springerprofessional.de/link/15456434](http://www.springerprofessional.de/link/15456434)

Oberle, P.; et al.: Implementierung innovativer Wasserförder- und -verteilkonzepte in einer Gebirgsregion im Norden Vietnams. In: WasserWirtschaft, Ausgabe 4/2018. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2018. [www.springerprofessional.de/link/15564926](http://www.springerprofessional.de/link/15564926)