

# GEOFOKUS



# Salzwasserintrusion – Gefahr für unser Trinkwasser?

Helga Wiederhold<sup>1</sup> und Jörg Elbracht<sup>2</sup>

## Einleitung

Küstenaquifere und Küstenversalzung finden weltweit besondere Beachtung in der hydrogeologischen Forschung. Die oftmals dichte Besiedlung an den Küsten unserer Erde impliziert einen hohen lokalen Wasserbedarf. Hoher Wasserverbrauch bedeutet häufig einen Eingriff in natürlich ausgewogene Grundwassersysteme und Beeinflussung der Übergangszone von Süßwasser zu Salzwasser. Dadurch steigt die Gefahr von Salzwasserintrusion. Dies kann zur Verknappung von trinkbarem oder nutzbarem Wasser führen. Der Eintrag von weniger als 1 % Meerwasser bzw. mehr als 250 mg/L Chlorid macht das Wasser, unser wichtigstes Lebensmittel, ungeschmackhaft und ungeeignet für die Trinkwasserversorgung (WHO 2011).

Süßwasservorkommen machen nur etwa 2,5 % der globalen Wassermenge aus. Von diesen 2,5 % halten etwa 0,4 % den Süßwasserkreislauf in Bewegung (Verdunstung, Niederschlag, unterirdischer/oberirdischer Abfluss). Die restlichen 99,6 % sind gebunden in Grundwasservorräten tief unter der Erdoberfläche (30,1 %) und in Eiskappen, Gletschern, ewigem Schnee oder Permafrost (69,5 %). Generell ist Grundwasser die sicherste und sauberste Quelle der Wasserversorgung. Diese Süßwasservorkommen gibt es aber weltweit nur bis in Tiefen von maximal wenigen 100 m unter der Oberfläche. Das darunter vorkommende (geogene) Wasser ist durch Lösungs- und Austauschprozesse in der Regel hoch mineralisiert, da es nur eingeschränkt am ständigen festländischen Wasseraustausch teilnimmt.

Gefährdungen für die Qualität des Süßwassers durch Versalzung ergeben sich einerseits küstennah durch Eindringen von Meerwasser in die Grundwasserleiter der Küstengebiete (Salzwasserintrusion) und andererseits binnenländisch durch Ablaugung der z.B. in Norddeutschland

bis in die Nähe der Erdoberfläche aufgedrungenen Salzstöcke oder durch Aufstieg versalzter Tiefenwässer. Diese primär natürlich ablaufenden Prozesse werden durch Grundwasserentnahme und künstliche Entwässerungsmaßnahmen lokal beeinflusst. Solche hydraulischen Eingriffe können Salzwasseraufstieg und Salzwasserintrusion verstärken und die Trinkwasserversorgung in Gefahr bringen.

In diesem GEOFOKUS werden verschiedene Aspekte der Salzwasserintrusion angesprochen, allerdings ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

## Salzwasserintrusion in Norddeutschland: Prozesse und Phänomene

### Meerwasserintrusion

Einen aktuellen Einblick in die weltweiten Ausmaße der Problematik Salzwasserintrusion gibt ein Themenheft des Hydrogeology Journal (Post & Abarca 2010). Naturgemäß sind flache Gebiete in Küstennähe besonders stark von Salzwasserintrusion betroffen (Abb. 1). In Mitteleuropa gilt dies in besonderem Maße für die Niederlande und Belgien, wo viele eingedeichtete Flächen unter dem Meeresspiegel liegen. In Norddeutschland sind von Salzwasserintrusion die Nordseeküste und, in weit geringerem Maße, die Ostseeküste betroffen. Im Küstenbereich unterschichtet das schwerere Meerwasser meist das landseitige Süßwasser. Eine Intrusion des Meerwassers kann bis in größere Entfernungen von der Küstenlinie auftreten. Form und Reichweite der Intrusion sowie die Lage der Salz-/Süßwassergrenze wird durch die Morphologie, den geologischen Bau (insbesondere die Verteilung von Grundwasserleitern und -nichtleitern, wobei im Küstenbereich die Verbreitung von Kleinschichten eine große Rolle spielt), die Grundwasserneubildung sowie durch die Menge des binnenländischen Grundwasserabstroms zur Küste bestimmt (Grube et al. 2000). Die Versalzung kann in einzelnen Grundwasserstockwerken unter-

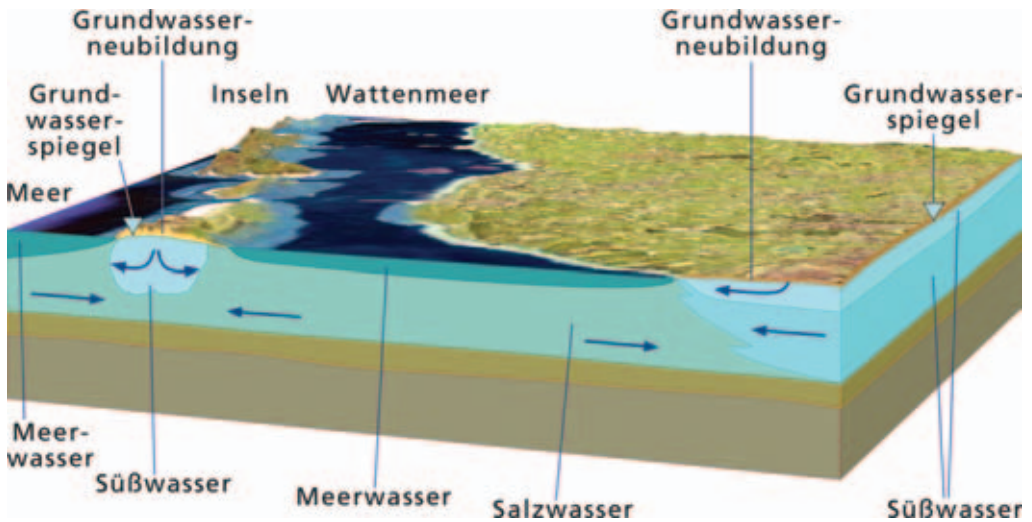


Abb. 1: Grundwasserströmung in idealisiertem Küstengebiet

schiedlich sein. Es kann auch der gegenläufige Effekt auftreten: Reichen die süßwasserführenden Grundwasserleiter unter den Meeresboden, kann ein Abstrom von Süßwasser bis in größere Entfernung von der Küste erfolgen. Auf Inseln mit sandigem Untergrund bilden sich Süßwasserlinsen, deren Form und Mächtigkeit von den jeweiligen hydrologischen und hydrogeologischen Verhältnissen abhängen, im Prinzip jedoch durch die Ghijben-Herzberg-Relation beschrieben werden (Herzberg 1901, Matthess & Ubell 2003).

Diese Relation geht von hydrostatischen Verhältnissen aus. Da der Süßwasserspiegel ein Gefälle in Richtung auf das Meer aufweist und die Süß-/Salzwassergrenzfläche ebenfalls geneigt ist, herrschen jedoch keine hydrostatischen Verhältnisse, sondern wir haben ein hochdynamisches Milieu. Das Grundwasser bewegt sich ständig als Folge von Spiegelhöhenänderungen durch Grundwasserneubildung, Verdunstung, Abfluss zum Meer oder auch Tidenhub. Durch die meerwärts gerichtete Grundwasserbewegung wird das Mischwasser (Brackwasser) an der Grenzfläche ständig mit abgeführt, während von unten Meerwasser nachströmt. Die Grenz-

fläche ist also in Wirklichkeit eine Übergangszone, deren Mächtigkeit von der Porosität und der Porenform des Grundwasserleiters sowie von den Wasserspiegelschwankungen aufgrund des Tidenhubes, der natürlichen Grundwasserneubildung und des Grundwasserabflusses abhängt (Matthess & Ubell 2003).

### Binnenländische Versalzung

Neben der Meerwasserintrusion spielt in Norddeutschland auch die binnenländische Versalzung eine Rolle. Der Untergrund Norddeutschlands wird durch Salzstrukturen geprägt, die durch das Aufdringen der mächtigen Rotliegend- und Zechsteinsalze gebildet werden. Durch Kontakt des Grundwassers mit aufgedrungenen Salzstrukturen, bei denen der Salzspiegel lokal nicht selten bei nur ca. 100–150 m unter Geländeoberkante liegt, kann es zu Ablaugung kommen. Die Grundwasserversalzung in tieferen Grundwasserleiterabschnitten ist prinzipiell eine flächenhafte Erscheinung in den Lockergesteinen, jedoch auch den Festgesteinen im Untergrund Norddeutschlands. Ab einer bestimmten Tiefe sind alle Grundwässer hoch mineralisiert (Grube et al. 2000).

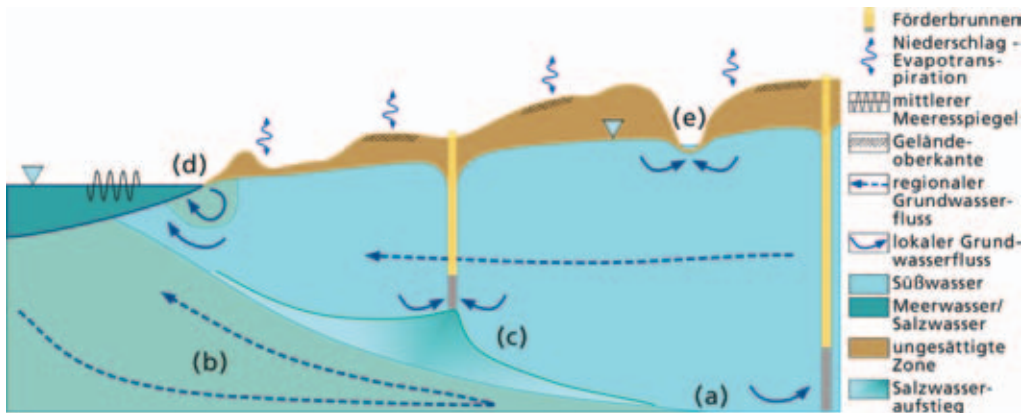


Abb. 2: Vereinfachtes Modell eines Küstenaquifers (ungespannt) mit (a) Süß-/Salzwassergrenze, (b) Salzwasserströmung, (c) Salzwasserantrieb durch Grundwasserentnahme am Brunnen, (d) Prozesse direkt im Küstenbereich, z.B. Meerwasserversickerung und Meerwasserzirkulationszone, (e) druckhöhenbedingter Grundwasseraustritt (nach Werner et al. 2013).

## Prozesse

Salzwasserintrusion beeinflussende Faktoren sind Auftriebskräfte aufgrund von Dichteveränderungen (vorwiegend gesteuert durch Konzentration gelöster Stoffe, Temperatureffekte), Advektion (Bewegung eines gelösten Stoffes mit dem Grundwasserabstrom), Dispersion (Transportprozess, der durch unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten in verschiedenen Volumenelementen eines porösen Mediums zur Durchmischung führt) und hydrologische/geometrische Randbedingungen (Geometrie des Grundwasserkörpers, Lage der Grundwasseroberfläche, charakteristische Quellen und Senken). Entscheidend für den Salzwasserantrieb sind die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Süß- und Salzwasser im Strömungsfeld (Grube et al. 2000, Werner et al. 2013).

Umfang und Ausmaß von Salzwasserintrusion werden bestimmt durch die Übergangszone von Süßwasser zu Salzwasser mit den unterschiedlichen Salzkonzentrationen, Fluktuationen in Grundwasser- und Meeresspiegel (auch durch Gezeiten und Sturmflutereignisse bzw. Überflutungen), Betrieb von Brunnenfeldern sowie den in sehr flachliegenden Küstengebieten aufwärts-

gerichteten Grundwasserfluss, der z.B. durch Entwässerung intensiviert wird und Salzwasserantrieb bewirken kann (Abb. 2).

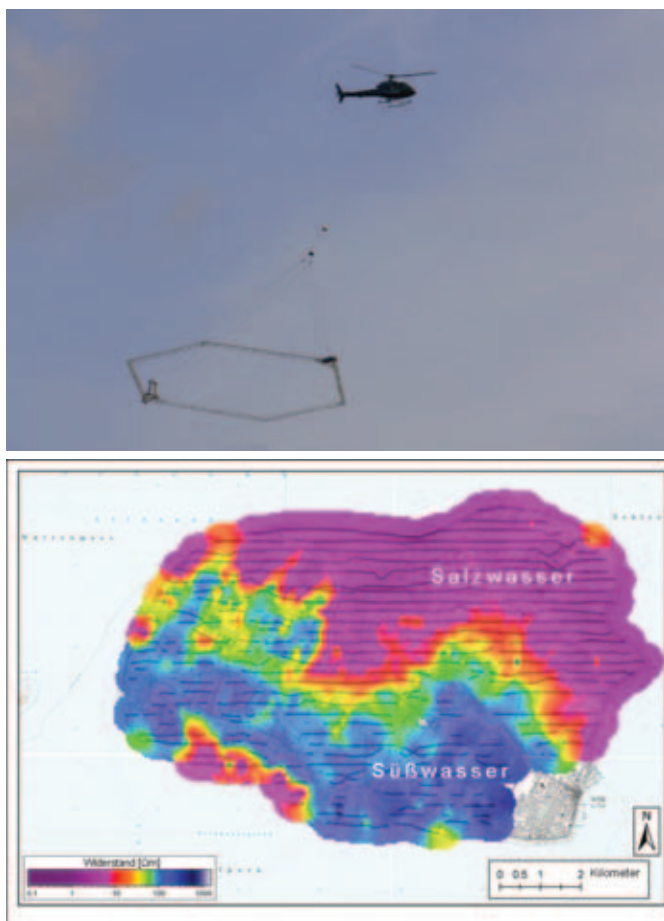
## Salzwasserintrusion: Erkundung und Vorhersage

### Erkundung

Bei der Erkundung von Salzwasserintrusionen geht es sowohl um die Beschreibung des augenblicklichen Zustands (hydraulische Höhen, Wasser- und Geochemie, Isotopenhydrologie) als auch um Veränderungen der Süß-/Salzwassergrenze, was die zeitliche Beobachtung von Salinitätsänderungen erfordert.

Der große Kontrast im spezifischen elektrischen Widerstand zwischen Meerwasser ( $0,2 \Omega\text{m}$ ) und Süßwasser ( $> 5 \Omega\text{m}$ ) ermöglicht die Kartierung der Salinitätsverteilung mit geophysikalischen Techniken (Widerstandsverfahren wie Geoelektrik und Elektromagnetik). Die Entwicklung von Aeroelektromagnetik (Abb. 3), Mehrkanalgeoelektrik und Multielektrodenketten erlaubt die räumliche und zeitliche Kartierung der Salzwasser- und Meeresspiegelverteilung im Untergrund. Widerstandsverfahren werden seit Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt. So basieren Karten der Grund-

**Abb. 3: Beispiel aeroelektromagnetische Vermessung: Verteilung des spezifischen Gesteinswiderstandes (in  $\Omega\text{m}$ ) im Tiefenbereich 0 bis -10 m NN im Bereich der Insel Föhr. Die süßwassergesättigten Bereiche (hohe Widerstände, blau Farbe) bilden den Geestkern der Insel ab, in dem die Grundwasserneubildung erfolgt, die salzwassergesättigten den Bereich der Marsch (niedrige Widerstände, rote Farbe). Die Vermessung erfolgte durch SkyTEM Aps. (von Hubschrauber geschlepptes Messsystem siehe oberes Foto).**



wasserversalzung von Norddeutschland neben Bohrungen vielfach auf solchen Messungen (Flathe & Homilius 1952, Grube et al. 2000). Neue Ergebnisse folgten in den letzten Jahren flächenhaften Befliegungen (z.B. durch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR-Projekt D-AERO, [www.bgr.bund.de/DE/Themen/GG\\_Geophysik/Aerogeophysik](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/GG_Geophysik/Aerogeophysik)), dabei wurden auch submarine Grundwasseraustritte aufgedeckt (z.B. vor Cuxhaven). Auf Borkum wurden im September 2009 durch das Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) zwei vertikale Elektrodenketten zur Beobachtung der

zeitlichen Variation der Süß-/Salzwassergrenze unter zwei Brunnenfeldern installiert. Seitdem wird dort die Süß-/Salzwassergrenze im 5-Stunden-Rhythmus beobachtet (Grinat et al. 2010). Es liegen umfangreiche Datenbestände vor, die für eine Überarbeitung der Karte der Grundwasserversalzung für Norddeutschland verwendet werden können. Aerogeophysikalische Messungen müssen jedoch durch Messungen am Boden und/oder in Bohrungen verifiziert werden. In der Interpretation gibt es zwei große Unsicherheiten: Die Dateninversion (von Beobachtungsdaten zum Widerstandstiefenmodell) ist nicht

eindeutig und die Widerstandswerte für salzwassergesättigtes Sediment und Ton überschneiden sich. Hier besteht Forschungsbedarf. Mehrdeutigkeiten der Interpretation aeroelektromagnetischer Messungen bei der Erstellung des Untergrundmodells (Mächtigkeit und spezifischer elektrischer Widerstand der Untergrundschichten) können durch eine Kombination mit weiteren geophysikalischen Verfahren wie z.B. der Reflexionsseismik reduziert werden (z.B. Burschil et al. 2012). Es ergeben sich auch Probleme bei der Identifizierung nachgewiesener Schichten mit niedrigem spezifischen Widerstand: Hier kann es sich sowohl um Ton als auch um salzwassergesättigten Sand handeln. Eine Lösung deutet sich durch die Kombination mit dem Magnetischen Resonanzverfahren (MRS) an, da hier das Messsignal weitgehend unabhängig vom elektrischen Widerstand des Porenwassers ist (z.B. Günther & Müller-Petke 2012).

### Modellierung/Vorhersage

Die Vorhersage von Salzwasserintrusionen geschieht über Modellrechnungen. Der entscheidende Punkt gegenüber anderen Grundwassermodellierungen ist die Variation der Dichte aufgrund der Variation im Salzgehalt, also der gelösten Stoffe. Obwohl die Dichte des Meerwassers nur etwa 2,5 % größer ist als die von Süßwasser, ist dieser Unterschied entscheidend. Es gibt zwei verschiedene Ansätze in der Modellierung: grenzschichtbasierte Strömungsmodelle und dichtegetriebene Strömungsmodelle. Im Grenzschichtmodell geht man von zwei nicht vermischbaren Flüssigkeiten aus, die durch eine Grenzschicht mit kontinuierlichem Süß- und Salzwasserdruck getrennt sind. Im Dichteströmungsmodell hat die Süß-/Salzwasser-Übergangszone eine endliche Ausdehnung, in der die Dichte des Wassers kontinuierlich variiert. Analytische Lösungen für Salzwasserintrusion gehen vorwiegend von Grenzschichtannahmen aus, während Dichteströmungsmodelle numerisch aufgesetzt werden. Nur letztere erlauben Vorhersagen der Konzentration des Salzgehalts und Vergleiche mit gemessenen Daten (Werner et al. 2013).

### Salzwasserintrusion: Management

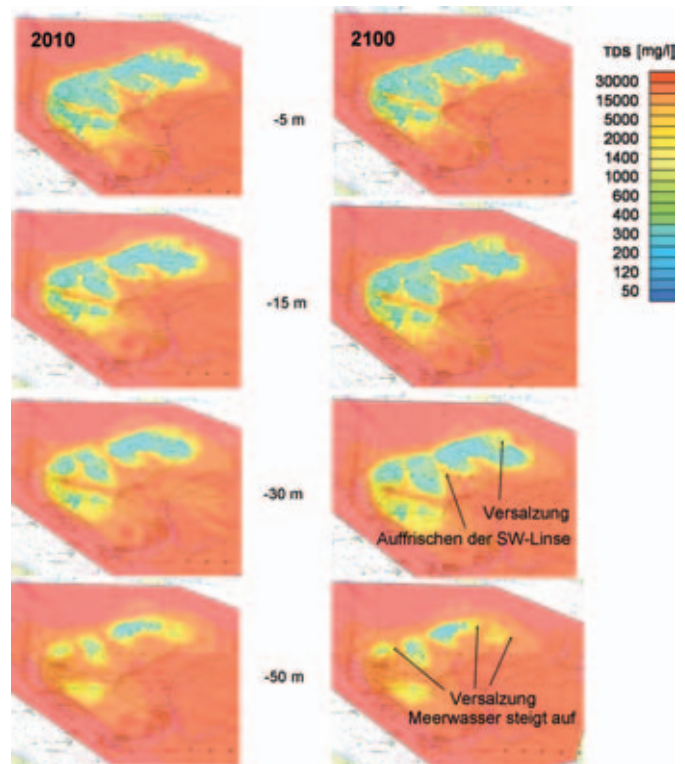
Die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser bzw. der Industrie mit Brauchwasser stellt in Gebieten, in denen das Grundwasser auf Grund erhöhter Salzgehalte nur eingeschränkt nutzbar ist, hohe Ansprüche an das wasserwirtschaftliche Management. Die Süß-/Salzwassergrenze ist in der Regel so labil, dass sie z.B. durch unsachgemäße Entnahme von Süßwasser oder Änderungen im Vorflutsystem nachhaltig gestört werden kann und somit die Wasserversorgung langfristig beeinträchtigt wird.

Da jeder Eingriff in dieses System gravierende Folgen haben kann, sind Wasserversorger bei der Bewirtschaftung von Grundwasservorkommen gerade in Gebieten, in denen die Gefahr von anthropogen induzierten Salzwasserintrusionen besteht, auf umfassende Kenntnisse des hydrogeologischen Systems angewiesen. Nur mit Hilfe ausreichender Systemkenntnisse können Fehlentwicklungen vermieden werden, die in der Vergangenheit zur Stilllegung einzelner Brunnen oder sogar ganzer Wasserwerke führten.

### Gefahren im Klimawandel

Durch den Klimawandel ergeben sich Veränderungen im Wasserkreislauf, die Auswirkungen auf Grundwasserstände und Salzwasserintrusion haben können; der erwartete Anstieg des Meeresspiegels kann die Salzwasserintrusion beeinflussen. Durch zukünftig niederschlagsreichere Winter (Norddeutscher Klimaatlas, [www.norddeutscherklimaatlas.de/](http://www.norddeutscherklimaatlas.de/)) wird ein Anstieg des Grundwasserspiegels sowie ein erhöhtes Überschwemmungsrisiko für Norddeutschland erwartet. Die Auswirkungen auf Küstenaquifere und küstennahe Gewässer sowie Salzmarschen und die Süß-/Salzwassergrenze sind noch nicht mit allen Konsequenzen verstanden. Prinzipiell muss aber davon ausgegangen werden, dass Küstenaquifere stärker versalzen und damit Süßwasserressourcen verloren gehen. Es gibt nicht nur Gefahren für das Grundwasser durch Salzwasserintrusion, sondern ebenso wichtig ist der umgekehrte Fall

**Abb. 4:** Beispiel Modellierung: Berechnete Süßwasserlinse (TDS = total dissolved solids) der Insel Borkum im Jahr 2010 (links) und 2100 (rechts) unter der Annahme des IPCC-A2-Szenarios (konservatives Szenario, Grundwasserneubildung +10% bis 2100, Meeresspiegel +0,94 m) für verschiedene Tiefen (nach Sulzbacher et al. 2012).



der Süßwassereinträge ins Meer, womit auch Schadstoffe vom Land in die Küstenökosysteme getragen werden.

### Projekte (Beispiele)

Diverse Verbundprojekte beschäftigen sich in jüngster Zeit mit den Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserressourcen im Küstenraum, z.B. KLIFF (gefördert vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur), KLIMZUG-NORD (gefördert durch BMBF) und CLIWAT (gefördert durch Interreg-IVB-Nordseeprogramm).

Im Projekt CLIWAT wurden detaillierte Grundwassermodelle für verschiedene Küstenregionen von Belgien bis Dänemark erstellt (CLIWAT Working Group 2011, Hinsby et al. 2012). Als Beispiel sei hier ein Ergebnis der Modellierung der Süßwasserlinse der Insel

Borkum von Sulzbacher et al. (2012) gezeigt: Das hydrogeologische Modell wurde im Wesentlichen aus Bohrungen und geophysikalischen Daten aus Hubschrauberelektromagnetik, Seismik, Pumpversuchen und zweidimensionalen Modellrechnungen abgeleitet und als Dichteströmungsmodell mit der Software FEFLOW realisiert. Als ein Ergebnisbeispiel zeigt Abb. 4 die Entwicklung der Süßwasserlinse bis ins Jahr 2100. Die Berechnungsergebnisse für die Dichte aller gelösten Stoffe (TDS), fast ausschließlich Meersalz, für das Jahr 2100 zeigen, dass der Meeresspiegelanstieg bis zum Jahre 2100 die Gestalt der Süßwasserlinse nicht wesentlich beeinträchtigen dürfte. In größeren Tiefen der Insel ist jedoch eine zunehmende Versalzung der Süßwasserlinse durch Meerwasser zu erwarten, insbesondere im Bereich der Brunnenfassungen der Wasserwerke. In einigen Regio-

nen der Süßwasserlinse hingegen, die weit genug von den Wasserwerken entfernt liegen, im Zentrum der Dünen, insbesondere in Tiefen von ca. 15-30 m unter NN, profitiert die Süßwasserlinse zunehmend von der erhöhten Grundwasserneubildung (Abb. 4, Sulzbacher et al. 2012). Mit Hilfe des Modells ist es möglich, ein weitgehendes Verständnis für die räumliche und zeitliche Entwicklung der Süßwasserlinse und die hydrologischen Prozesse, die diese im Laufe der Geschichte beeinflusst haben, zu gewinnen. Wichtige Parameter wie die zukünftige räumliche Lage des Grundwasserspiegels und die Entwicklung der chemischen Zusammensetzung können bei sich ändernden klimatischen Bedingungen und sich änderndem Meeresspiegel bestimmt werden.

## Ausblick

Trotz der großen Fortschritte der letzten Jahre ist jedes Prognosemodell immer noch unsicher. Dies liegt insbesondere daran, dass Strömung und Transport gelöster Salze durch Prozesse bestimmt werden, die vom Porenraum bis zu großräumiger regionaler Topographie reichen. Die Zeitskala für Änderungen in Randbedingungen des Systems rangiert von Sekunden (Wellen am Strand) bis hin zu Jahrtausenden (Küstenlinienänderung und Sedimentablagerung). Die Berücksichtigung all dieser Prozesse ist mit heutigen Modellen noch nicht möglich und es besteht weiterer Forschungsbedarf, um die bestehenden Unsicherheiten in Vorhersagen besser zu quantifizieren.

Traditionsgemäß werden Salzwasserintrusionsfragen seit 45 Jahren alle zwei Jahre auf dem Salt Water Intrusion Meeting (SWIM, [www.swim-site.org/](http://www.swim-site.org/)) diskutiert, welches 1968 in Hannover ins Leben gerufen wurde. Dieses findet 2014 nach 35 Jahren erstmals wieder in Deutschland statt. Im Juni 2014 können Probleme der Salzwasserintrusion im internationalen Wissenschaftlerkreis in Husum diskutiert werden. Hierzu lädt das SWIM-Organisationskomitee (Tab. 1) Sie herzlich ein.

## Referenzen

Burschil, T., Scheer, W., Kirsch, R. & Wiederhold, H. (2012): *Compiling geophysical and geologi-*

*cal information into a 3-D model of the glacially-affected island of Föhr.* - *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **16**: 3485–3498.

CLIWAT Working Group (2011): *Groundwater in a Future Climate - The CLIWAT Handbook.* - [http://cliwat.eu/xpdf/groundwater\\_in\\_a\\_future\\_climate.pdf](http://cliwat.eu/xpdf/groundwater_in_a_future_climate.pdf).

Flathe, H. & Homilius, J. (1952): *Geophysik.* - In: Schneider, H.E. (1952/1988): *Die Wassererschließung: Erkundung, Bewirtschaftung und Erschließung von Grundwasservorkommen in Theorie und Praxis.* - Essen (Vulkan).

Grinat, M., Südekum, W., Epping, D., Grelle, T. & Meyer, R. (2010): *An automated electrical resistivity tomography system to monitor the freshwater/saltwater zone on a North Sea island.* - Ext. Abstract, 16th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics of the Near Surface Geoscience Division of EAGE: A20; Zürich.

Grube, A., Wichmann, K., Hahn, J. & Nachtigall, K.H. (2000): *Geogene Grundwasserversalzung in den Poren-Grundwasserleitern Norddeutschlands und ihre Bedeutung für die Wasserwirtschaft.* - DVGW-Technologiezentrum Wasser, Band 9; Karlsruhe.

Günther, T. & Müller-Petke, M. (2012): *Hydraulic properties at the North Sea island Borkum derived from joint inversion of magnetic resonance and electrical resistivity soundings.* - *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **16**: 3279–3291.

Herzberg, B. (1901): *Die Wasserversorgung einiger Nordseebäder.* - *Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung*, **44**: 815–819; Berlin.

Hinsby, K., Auken, E., Oude Essink, G. H. P., de Louw, P., Jørgensen, F., Siemon, B., Sonnenborg, T. O., Vandenbohede, A., Wiederhold, H., Guadagnini, A. & Carrera, J. (Eds.) (2012): *Assessing the impact of climate change for adaptive water management in coastal regions. Hydrology and Earth System Sciences*, **17**. - [www.hydrol-earth-syst-sci.net/special\\_issue149.html](http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/special_issue149.html).  
Matthess, G. & Ubell, K. (2003): *Allgemeine Hydrogeologie Grundwasserhaushalt.* - 2. Auflage; Stuttgart (Gebrüder Borntraeger).

Post, V. & Abarca, E. (2010): *Preface: Saltwater and freshwater interactions in coastal aquifers.* - *Hydrogeology Journal*, **18**: 1–4.



Sulzbacher, H., Wiederhold, H., Siemon, B., Grinat, M., Igel, J., Burschil, T., Günther, T. & Hinsby, K. (2012): Numerical modelling of climate change impacts on freshwater lenses on the North Sea Island of Borkum using hydrological and geophysical methods. - *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, **16**: 3621–3643.

Werner, A. D., Bakker, M., Post, V. E. A., Vandenbohede, A., Lu, C., Ataie-Ashtiani, B., Simmons, C. T. & Barry, D. A. (2013): Seawater intrusion processes, investigation and management: Recent advances and future challenges. - *Advances in Water Resources*, **51**: 3–26.

WHO (2011): Guidelines for drinking water quality. - 4<sup>th</sup> ed; [www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2011/dwq\\_guidelines](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines).

<sup>1</sup> Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik, Stilleweg 2, 30655 Hannover, Tel. 0511-6433520  
helga.wiederhold@liag-hannover.de

<sup>2</sup> Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Stilleweg 2, 30655 Hannover, Tel. 0511-6433613  
joerg.elbracht@lbeg.niedersachsen.de

**Tab. 1: Organisationskomitee Salt Water Intrusion Meeting SWIM 17–21.6.2014**

Jörg Elbracht	Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Hannover	joerg.elbracht@lbeg.niedersachsen.de
Klaus Hinsby	Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS), Kopenhagen	khi@geus.dk
Johannes Michaelson	CONSULAQUA, Hamburg	jmichaelson@consulaqua.de
Broder Nommensen	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein – Geologischer Dienst (LLUR), Flintbek	broder.nommensen@llur.landsh.de
Wilfried Schneider	Technische Universität Hamburg-Harburg	w.schneider@tu-harburg.de
Renate Taug	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt – Geologischer Dienst, Hamburg	renate.taugs@bsu.hamburg.de
Helga Wiederhold	Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG), Hannover	helga.wiederhold@liag-hannover.de