

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	24 (2017), 1/2	S. 103–109	5 Abb., 9 Zit.
------------------------------	---------	----------------	------------	----------------

## Ergebnisse von Untersuchungen zur Identifikation und Verbreitung salinarer Wässer im Raum Müllrose

### Results from investigations for identification and dissamination of saline waters in the region Müllrose

GERHARD HOTZAN

#### Geologisch-strukturelle und hydrodynamische Rahmenbedingungen im Raum Müllrose

Das Betrachtungsgebiet befindet sich im Bereich des Berliner Urstromtales, einer Hauptabflussbahn von Schmelzwässern der Weichsel-Kaltzeit. Der hier anzutreffende unbedeckte Grundwasserleiter (GWL) weist eine Mächtigkeit von ca. 40 m auf. Er besteht aus weichselkaltzeitlichen glazifluvialen Fein-, Mittel- und Grobsanden sowie saalekaltzeitlichen Fein- und Mittelsanden. Als Liegendstauer wirken feinsandige Schluffe der Unteren Brieske-Formation des Miozäns, die die pleistozänen Sedimente diskordant unterlagern.

Im westlichen Teil des Betrachtungsgebietes, bei der Ortslage Neubrück, befindet sich eine tiefreichende meridional streichende pleistozäne Rinnenstruktur, die Quartärausräumungszone von Merz-Neubrück, in der die tertiäre Schichtenfolge bis in das Prä-Rupel-Niveau erodiert ist. Diese Rinne ist mit elsterkaltzeitlichen glazifluvialen und glazilimnischen Sedimenten gefüllt. Insbesondere an den Rinnenrändern sind sandige Sedimente verbreitet, über die hydraulische Verbindungen zwischen den GWL der verschiedenen stratigraphischen Niveaus bestehen. Dabei ist nicht der gesamte Rinnenrand durchlässig, vielmehr sind es nur einzelne Bereiche.

Die Hydrodynamik im unbedeckten Hauptgrundwasserleiter (HGWL) wird durch die Entlastungszone des Berliner Urstromtales geprägt. Die regionale Grundwasserscheide zwischen Elbe und Oder quert in Nordwest–Südost-Richtung das Betrachtungsgebiet. Das Grundwassergefälle ist mit ca. 0,5 ‰ sehr gering. Die generelle Grundwasserfließrichtung ist nach West bzw. nach Ost orientiert. Im Betrachtungsgebiet herrschen stationäre hydrodynamische Verhältnisse. Die hydraulischen Wirkungen einer sich periodisch verstärkenden bzw. verminderten Grundwasserneubildung sind sehr gering. Die Differenzen der Druckpotentiale des unbedeckten HGWL bewegen sich im cm- bis dm-Bereich.

Die Grundwasserdynamik in den tertiären Grundwasserleitern folgt prinzipiell der des unbedeckten HGWL. Die Druckpotentiale liegen aber durchschnittlich ca. 1,5 m

(GWL der Spremberg-Formation) bzw. ca. 5 m (GWL der Prä-Rupel-Formationen) über dem Druckniveau des unbedeckten Hauptgrundwasserleiters.

#### Kinematik der Salzwasserintrusion im Raum Müllrose

Der Aufstieg salinarer Wässer aus dem Salzwasser- in das Süßwasserstockwerk wie auch von nichtsalinaren Wässern aus tieferen in höherliegende GWL ist grundsätzlich an zwei Bedingungen gebunden, die gleichzeitig vorliegen müssen. Die erste besteht im Vorhandensein geologischer Strukturelemente, die vertikale Wasserwegsamkeiten zwischen den GWL unterschiedlicher stratigraphischer Niveaus schaffen. Das können z. B. tektonische Störungen, aber auch quartäre Rinnenstrukturen und glazigene Deformationen sein. Die zweite Bedingung besteht darin, dass das Druckpotential im liegenden GWL höher sein muss, als das Druckpotential im hangenden GWL. Die Menge der intrudierenden Wässer wird durch die Fläche der wasserwegsamsten Bereiche, ihre Durchlässigkeit sowie die Potentialdifferenz zwischen den GWL limitiert. Im Ergebnis der Intrusion kommt es durch die Mischung und Neueinstellung der Reaktionsgleichgewichte im Grundwasser zu markanten Änderungen des Grundwasserchemismus.

Beim Übertritt salinarer Wässer bilden sich in Abhängigkeit von der intrudierten Menge „Salzwasserfahnen“ aus, bei großen Salzwassermengen auch „Salzwasserströme“, die sich in Grundwasserfließrichtung, bei hohem Mineralisierungsgrad dichtebedingt aber auch entgegengesetzt, im Süßwasser führenden Grundwasserleiter ausbreiten (vgl. HOTZAN 2010).

Im Betrachtungsgebiet hat die Intrusion der salinaren Tiefenwässer ihren Ausgangspunkt im großflächig verbreiteten GWL der Rupel-Basissande, der im Liegenden der als regionaler Grundwasserstauer wirkenden mächtigen Tone und Schluffe der Rupel-Formation liegt und zum Salzwasserstockwerk zählt. Aufgrund des im Vergleich zu den anderen tertiären und pleistozänen GWL deutlich höheren Druckpotentials in diesem Niveau ist die Intrusi-

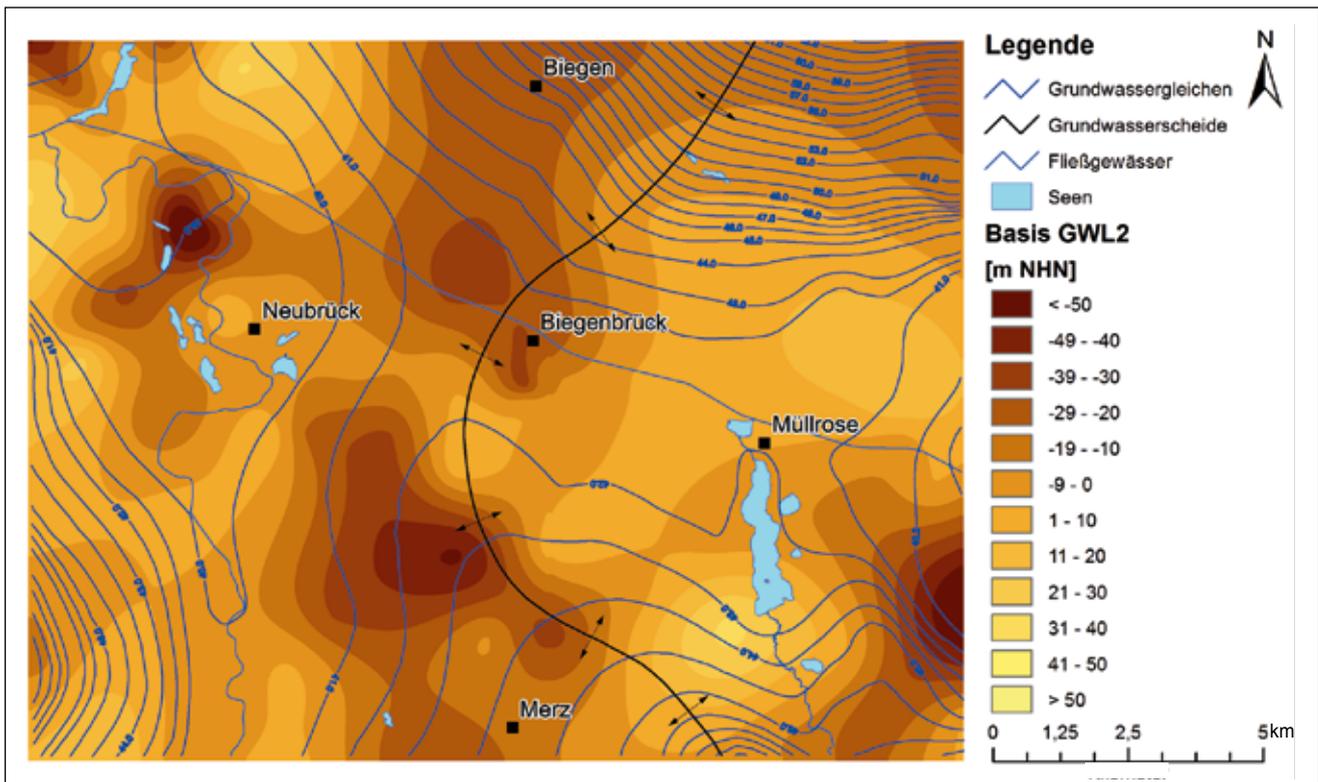


Abb. 1: Morphologie der Sohle des quartären Hauptgrundwasserleiters (HGWL) und Grundwasserdynamik im Raum Müllrose  
 Fig. 1: Morphology of the base of Quaternary main aquifer in the region of Müllrose

on von Grundwässern in höherliegende GWL bei Vorhandensein vertikaler wasserwegsamere Bereiche möglich. Mit der Merz-Neubrücker Rinne ist dieses vertikale Strukturelement gegeben und ermöglicht den Salzwasseraufstieg in alle hangenden GWL bis zum unbedeckten HGWL des Berliner Urstromtales. Die Menge der intrudierenden salinaren Wasser ist so groß, dass sich ein „Salzwasserstrom“ ausbilden kann. Dieser bewegt sich einerseits mit dem Grundwasserstrom in nordwestliche Richtung und wird vom Vorfluter (Spree) aufgenommen. Ein Teil der Wässer fließt aufgrund ihrer höheren Dichte entgegen der regionalen Grundwasserfließrichtung in eine Senke der GWL-Sohle und überwindet dadurch die regionale Grundwasserscheide zwischen Elbe und Oder (vgl. Abb. 1). Dieser „Salzwasserstrom“ wird durch den im Bereich Müllrose als Vorfluter wirkenden Oder-Spree-Kanal aufgenommen.

#### Zeitlich-räumliche hydrogeochemisch-genetische Charakteristik des „Salzwasserstromes“

Bereits durch die hydrogeologische Erkundung Müllrose (KALATZ & DIETTERLE 1988) wurde im Bereich einer geplanten Wasserfassung südlich des Oder-Spree-Kanals im unbedeckten Hauptgrundwasserleiter das Vorhandensein von salinaren Wässern festgestellt. Im Ergebnis detaillierter Untersuchungen, insbesondere durch Bohrungen und ihrem Ausbau zu Grundwassermessstellen, wurden die laterale Verbreitung sowie die Mächtigkeit der Salzwäs-

ser im unbedeckten HGWL bestimmt. Auf der Grundlage dieser Daten erfolgten Tests zur Grundwassergewinnung mit Salzwasserabwehrbrunnen. Die qualitative Charakterisierung dieser Wässer erfolgte auf der Grundlage eines Grenzwertes für Chlorid ( $\text{Cl}^-$ ; 250 mg/l), auf dessen Grundlage eine Unterscheidung in salinare und nicht salinare Wässer vorgenommen wurde. Durch die stark rückläufige Wasserbedarfsentwicklung nach 1990 wurde der geplante Fassungsstandort zwar aufgegeben, das Messstellennetz aber nicht zurückgebaut.

Zum Studium der Auswirkungen des Klimawandels auf Salzwasserintrusionen wurden in Kooperation zwischen dem Landesamt für Umwelt (LfU) und dem Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) Messstellen ausgewählt und ab 2004 regelmäßig beprobt (HANNAPPEL et al. 2007). Die Salinar-Messstelle Müllrose des Landesmessnetzes ist im unbedeckten HGWL in fünf Teufenniveaus, von denen drei regelmäßig und zwei bei Bedarf beprobt werden, verfiltert. Die aus den Messstellen entnommenen Proben lieferten eine Vielzahl von Daten, deren hydrogeochemisch-genetische Interpretation auf der Grundlage von Geneseklassen (HOTZAN 2010, 2011) an dieser Stelle vorgestellt und diskutiert werden soll.

Die Analysen belegten eine allmähliche Zunahme der Chlorid-Konzentrationen nach der Teufe, d. h. dass am Kontakt von Süß- zu Salzwässern keine scharfe Grenzfläche (die „Süß-Salzwassergrenze“) ausgebildet ist, sondern ein Übergangsbereich existiert, in dem die Chlorid-Konzentrationen

zwischen dem regionalen Background und dem Grenzwert für salinare Wässer liegen. Im Ergebnis der Bearbeitung mit Hilfe des Softwareprogrammpaketes GEBAH 1.1 (RECHLIN 2010 et al.) und der Zuordnung der einzelnen Analysen zu Geneseklassen ist eine hydrogeochemisch-genetische Charakterisierung des „Salzwasserstromes“ sowie des Übergangsbereiches zu den salinar unbeeinflussten Süßwässern möglich.

Der „Salzwasserstrom“ zeigt einen zonalen Aufbau (siehe Abb. 2). Im Kernbereich befinden sich salinare Wässer, die der Geneseklasse I32 (gealterte, erdalkalisierte salinare Wässer) zugeordnet werden. Sie werden von salinaren Regenerationswässern der Geneseklasse I33 umgeben. Die Wässer dieser Geneseklassen bilden die „Salzwasserzone“. Daran schließen sich salinar beeinflusste statische Wässer der Geneseklasse G31 an. Anschließend folgen salinar beeinflusste alte Neubildungswässer der Geneseklasse F31. Die Geneseklassen der „inneren Salinarbeeinflussungszone“ sind stabil und werden durch Neubildungsprozesse nicht beeinflusst. Im Gegensatz dazu folgen nach außen hin Grundwässer, die die „äußere Salinarbeeinflussungszone“ bilden. Dabei handelt es sich um salinar beeinflusste gealterte bzw. junge Neubildungswässer der Geneseklassen E31 und D31. Diese Wässer zeigen eine mehr oder weniger starke Beeinflussung durch Neubildungsprozesse. An die „äußere Salinarbeeinflussungszone“ schließen sich salinar unbeeinflusste Wässer der Geneseklassen E11, E21, D11 sowie D21 an. Die Zonalität der Geneseklassen bleibt bei stationären hydrodynamischen Verhältnissen stets erhalten. Eine verstärkte bzw. verringerte Grundwasserneubildung bewirkt lediglich Mächtigkeitsänderungen der äußeren und inneren Salinarbeeinflussungszone.

Bei der Beobachtung von Zeitreihen treten diese Phänomene besonders deutlich hervor (siehe auch Abb. 3 und 4). Der Zeitraum zwischen 2004 und 2009 war im Betrachtungsgebiet durch eine verminderte Niederschlagstätigkeit und demzufolge eine verringerte Grundwasserneubildung charakterisiert. Die Mächtigkeit der jungen unbeeinflussten Neubildungswässer verringerte sich auf ca. 10 m. Danach folgten ca. 10 m salinar beeinflusste junge Neubildungswässer (Geneseklasse D31) und ca. 10 m salinar beeinflusste alte Neubildungswässer (Geneseklasse F31). Die Mächtigkeit der salinaren Wässer der „Salzwasserzone“ (salinare Regenerationswässer und gealterte erdalkalisierte salinare Wässer der Geneseklassen I33 und I32) erreichte in der Summe noch einmal ca. 10 m. Im Ergebnis der verstärkten Niederschläge ab 2010 und der damit einhergehenden Intensivierung der Grundwasserneubildung vergrößerte sich die Lamelle der jungen Neubildungswässer deutlich und erreichte 2014 eine Mächtigkeit von ca. 25 m. Daran schließen sich noch einmal ca. 5 m salinar beeinflusste junge Neubildungswässer an. Die Mächtigkeit der salinar beeinflussten alten Neubildungswässer ist auf ca. 3 m reduziert. Die Mächtigkeit der salinaren Wässer der „Salzwasserzone“ ist mit ca. 7 m relativ konstant.

Die Mächtigkeitschwankungen innerhalb der äußeren und inneren Salinarbeeinflussungszone in Abhängigkeit von einer verstärkten bzw. verminderten Grundwasserneubildung können durch Diffusionsprozesse, die auf den Grundwasserchemismus einwirken und zu Veränderungen der Ionenzusammensetzung der Grundwässer führen, erklärt werden. Das Konzentrationsgefälle zwischen den Süß- und den salinaren Wässern stellt die entscheidende Steuerungsgröße für diese Prozesse dar. Die Veränderungen der Ionenzu-

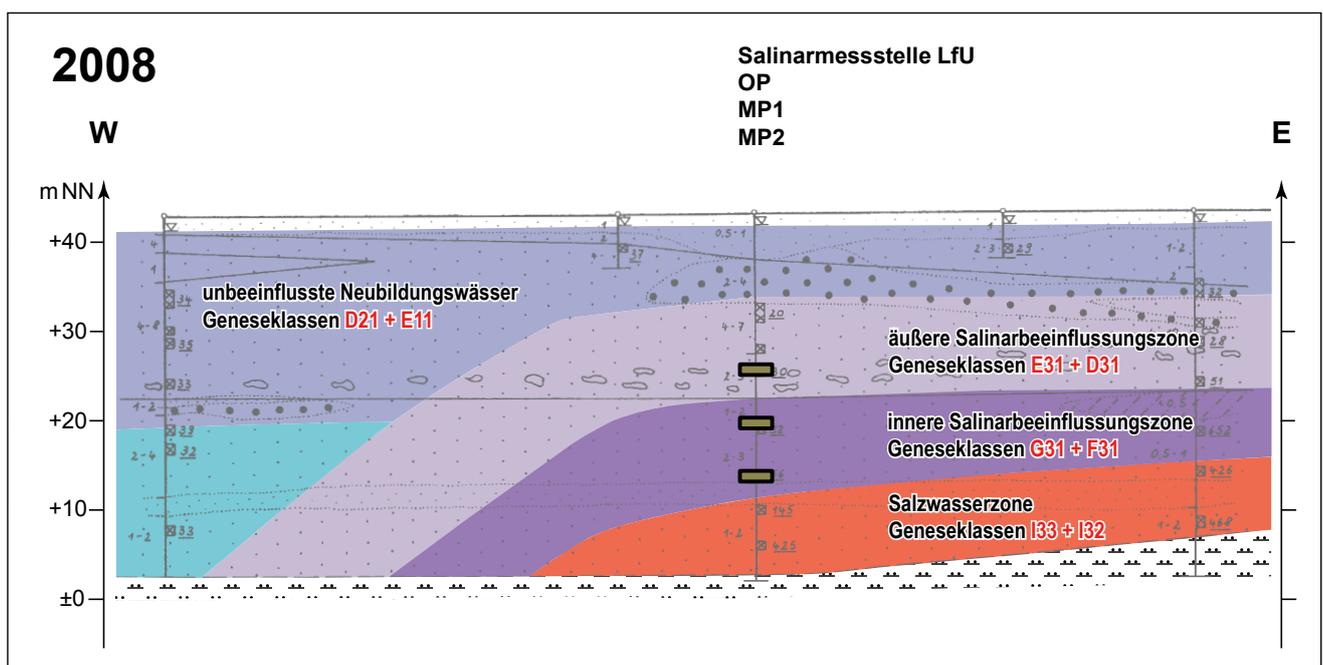


Abb. 2: Zonalität des „Salzwasserstromes“ im Bereich Müllrose (Geologie aus KALATZ & DIETTERLE 1988)  
 Fig. 2: Hydrochemical zonation of the salt stream of the area of Müllrose

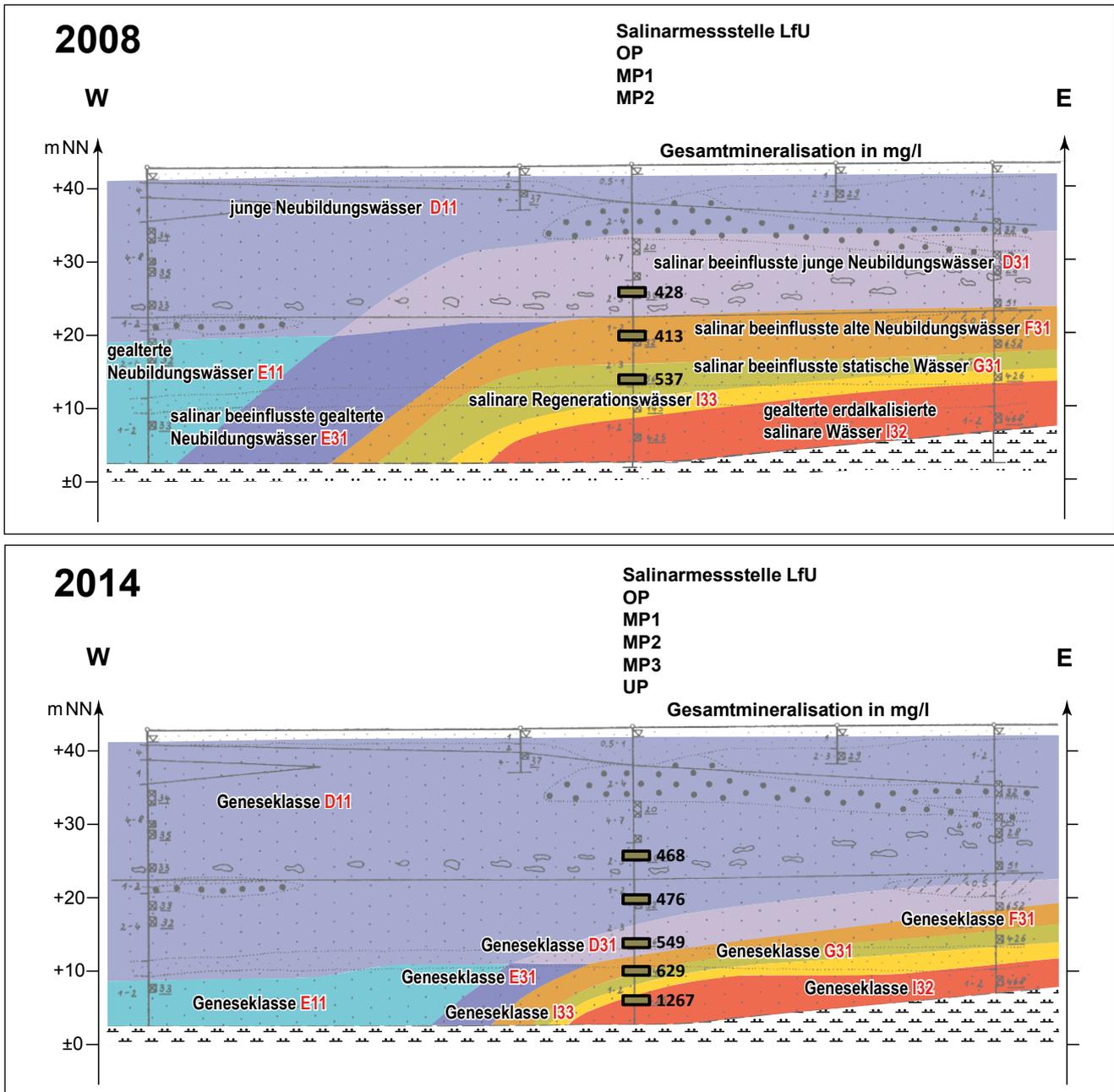


Abb. 3: Beobachtete maximale und minimale vertikale Ausdehnung der Genese Klassen im Bereich des „Salzwasserstromes“ (Geologie aus KALATZ & DIETTERLE 1988)

Fig. 3: Observed maximal and minimal vertical extent of the genesis classes within the salt stream

sammensetzung des Grundwassers können durch verschiedene hydrogeochemisch-genetischen Modelle beschrieben werden (z. B. durch Parametermodelle wie das Geologische Grundverhältnis GGV nach RECHLIN 2008 bzw. Genese Klassen nach HOTZAN 2010). Die weitestgehend konstante Mächtigkeit der „Salzwasserzone“ ist ein Hinweis auf die stabilen Speisungsverhältnisse des Salzwasserstroms. Die Menge der aufdringenden salinaren Wässer ist konstant und wird nicht durch Neubildungsprozesse beeinflusst. Die hydrodynamischen Auswirkungen einer verstärkten Grundwasserneubildung sind im Bereich des Berliner Urstromtales marginal.

Bei der Auswertung des Parameters „Gesamtmineralisation“ der untersuchten Wasseranalysen zeigte sich erwartungsgemäß eine Zunahme der Werte vom Hangenden zum Liegenden. Ebenfalls wurde aber auch eine Zonalität deutlich, die über den gesamten Beobachtungszeitraum von 12 Jahren weitestgehend konstant blieb. Der Mineralisierungsgrad der Grundwasser bewahrte unter stationären hydrodynamischen Bedingungen seine Stabilität unabhängig von den Neubildungsprozessen und der damit in Zusammenhang stehenden Veränderung der Ionenzusammensetzung der Grundwasser. Enorme Bedeutung hat dieses Phänomen für geophysikalische Untersuchungsarbeiten. Geoelektrische und elektromagneti-

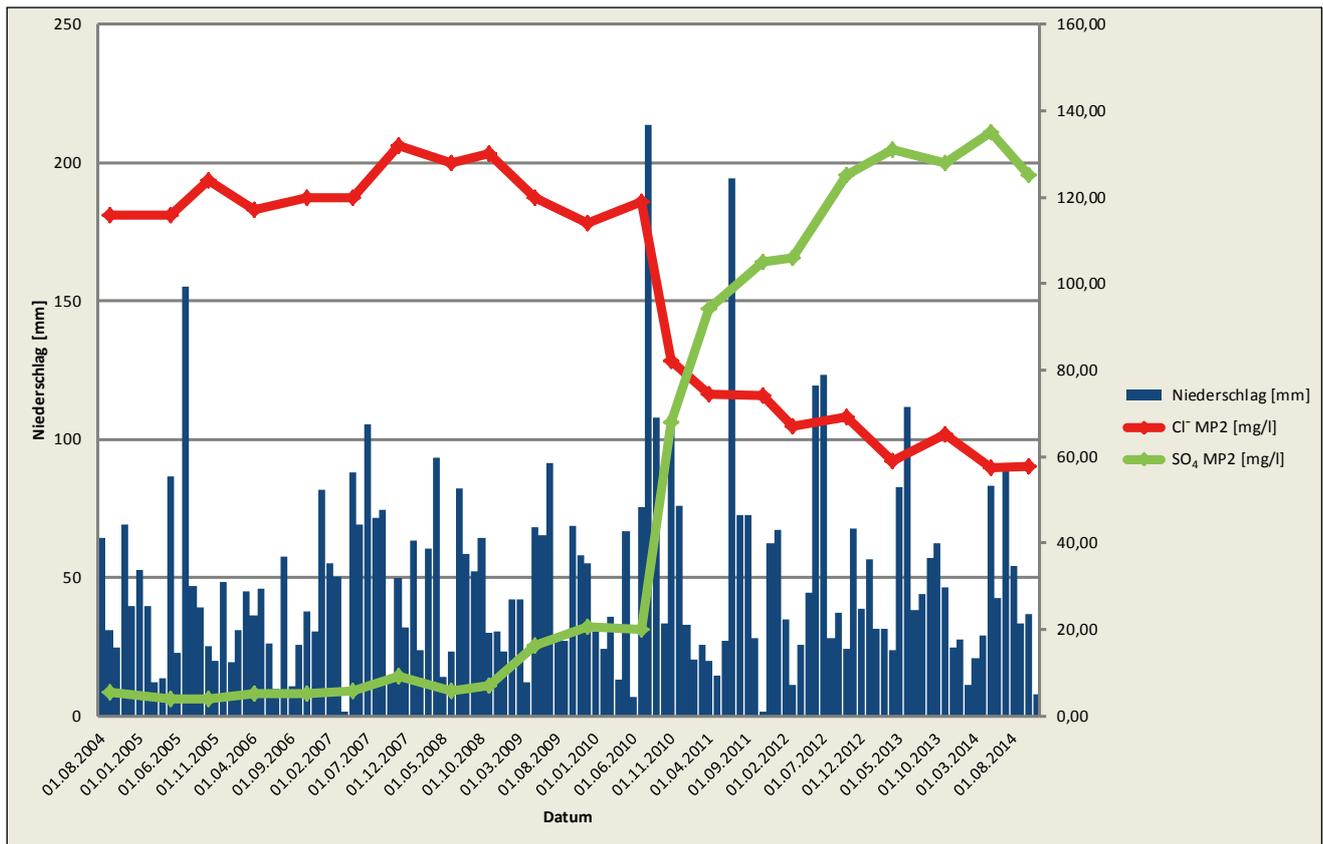


Abb. 4: Zeitreihen der Chlorid (Cl<sup>-</sup>)- und Sulfat (SO<sub>4</sub>)-Konzentrationen in Abhängigkeit vom Niederschlag in der Messstelle MP2  
 Fig. 4: Time series of the concentrations of chlorides and sulfates in dependency of precipitation from the groundwater measuring point MP2

sche Verfahren erzeugen unter den oben genannten Prämissen bei Wiederholungsmessungen identische Widerstandsbilder. Für ein Salinarmonitoring, d. h., die Untersuchung der zeitlich-räumlichen Variabilität der salinären Wässer, sind diese Verfahren im Bereich Müllrose deshalb nicht geeignet.

**Hydrogeochemisch-genetische Karte zur Darstellung der Salzwasserverbreitung im Raum Müllrose**

Die hydrogeochemisch-genetische Karte für den saalekaltzeitlichen GWL wurde zur Charakterisierung des unbeeinflussten Ausgangszustandes der Verbreitung von Süß- und Salzwässern im Rahmen des Projektes zur CO<sub>2</sub>-Abscheidung und -Speicherung (CCS) Beeskow-Birkholz erarbeitet und in HOTZAN & VOSS (2013) publiziert. Die Abbildung 5 zeigt eine Ausschnittsvergrößerung für den Bereich Müllrose. Die dieser Karte zugrunde liegenden methodischen Ansätze wurden in HOTZAN (2012) beschrieben. Kartierungseinheiten sind die „Geneseklassen“ für Süß- und salinare Wässer, die im Ergebnis der Auswertung der Analysendaten mit dem Softwareprogramm GEBAH 1.1 (RECHLIN et al. 2010) und der in HOTZAN (2010, 2011) beschriebenen Methodik ermittelt wurden.

Daten aus geophysikalisch vermessenen Bohrungen (VOSS & KLINCK 2010) liefern zusätzliche Stützstellen für die Ab-

grenzung der Geneseariale. Die aus den Bohrlochmessungen ermittelten Natriumchlorid (NaCl)-Äquivalente können mit hinreichender Genauigkeit spezifischen „Geneseklassen“ zugeordnet und als Hilfspunkte für die Kartierung genutzt werden.

Aus der hydrogeochemisch-genetischen Karte werden der Charakter und der Entwicklungsgrad der Grundwässer im betrachteten GWL deutlich. Die Speisungsbedingungen können rekonstruiert sowie Aufstiegsbahnen und die Verbreitung salinärer Wässer in den süßwasserführenden GWL verdeutlicht werden.

Die hydrogeochemisch-genetische Kartierung des Grundwasserchemismus stellt eine Momentaufnahme in einem dynamischen System dar. Änderungen der Grundwasserdynamik, z. B. durch anthropogene Eingriffe (Wassergewinnungsanlagen), können zu Veränderungen der Speisungsbedingungen in den GWL führen und gravierende Veränderungen im Grundwasserchemismus hervorrufen.

Mit der Merz-Neubrucker Rinne in Kombination mit der Fürstenwalde-Gubener Störungszone sind im Betrachtungsgebiet die für einen Salzwasseraufstieg notwendigen vertikalen Strukturelemente gegeben. Davon ausgehend verbreiten sich die salinären und salinar beeinflussten Wässer, in der Karte durch spezifische „Geneseklassen“ charakterisiert, im

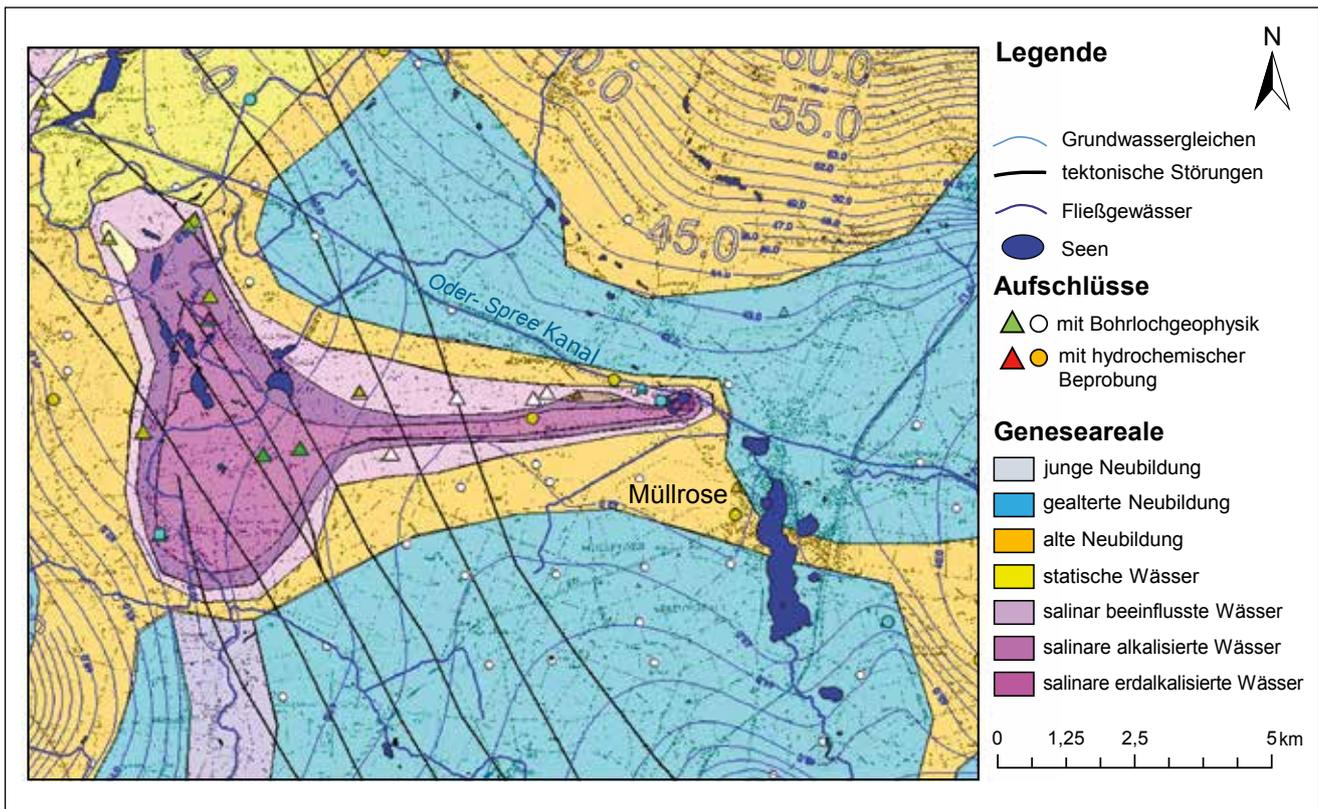


Abb. 5: Hydrogeochemisch-genetische Karte für den Bereich Müllrose  
 Fig. 5: Hydrochemical-genetic map of the region of Müllrose

saale- bis weichselkaltzeitlichen Hauptgrundwasserleiter. Die intrudierten Salzwässer bilden „Salzwasserströme“ und bewegen sich in bzw. gegen die Grundwasserfließrichtung zu den Vorflutern. Mit der hydrogeochemisch-genetischen Kartierung gelingt es, die Ausbreitungskinetik der salinaren Wässer zu visualisieren.

### Zusammenfassung

Das Auftreten geogen-salinärer Grundwässer im Niveau des unbedeckten quartären HGWL im Bereich Müllrose wurde erstmals bei hydrogeologischen Untersuchungsarbeiten 1986/87 festgestellt. Das im Rahmen dieser Untersuchungsarbeiten errichtete Messstellennetz gestattete die Entnahme einer Vielzahl von Wasseranalysen aus mehreren Niveaus innerhalb des unbedeckten HGWL. Durch die Übernahme einer Mehrfachmessstelle in das Sondermessnetz Salinar des LfU Brandenburg wurde das Monitoring fortgesetzt und eine kontinuierliche Datenreihe für einen Zeitraum von 12 Jahren geschaffen. Im Ergebnis der Auswertung der Daten mit Hilfe des Softwareprogramms GEBAH 1.1 (RECHLIN et al. 2010) und der Ermittlung von Geneseklassen konnte die Internstruktur des Salzwasserstromes und ihre zeitlich-räumliche Variabilität in Abhängigkeit von der Grundwasserneubildung beschrieben werden.

Durch die Übertragung der aufschlusspezifischen Punktdaten in die Fläche in Kombination mit der Darstellung der

Grundwasserdynamik sowie geologischen Strukturelementen, die hydraulische Verbindungen zwischen den einzelnen GWL schaffen, wurde eine hydrogeochemisch-genetische Karte erzeugt. Aufgrund der hohen Aufschlussdichte im Betrachtungsgebiet gelang eine flächenhafte Darstellung der Verbreitungsareale von Wässern mit gleichem hydrochemischem Entwicklungsgrad. Diese Karte kann als Grundlage für weiterführende Untersuchungsarbeiten dienen.

### Summary

The occurrence of geogenic saline groundwater in the depth of the uncovered Cenozoic freshwater aquifers in the region of Müllrose was first found during hydrogeological field studies in 1986–87. These investigations included the establishment and development of an extended network of groundwater monitoring wells which allows the abstraction of groundwater samples from different groundwater levels within the uncovered main aquifer. On the basis of a multiple-measurement well which is part of the groundwater monitoring network in relation to geogenic groundwater salinization of the Brandenburg State Authority of Environment (LfU Brandenburg) continuous measurements of hydrochemical parameters were conducted over a period of 12 years. The data interpretation by the software package GEBAH 1.1 (RECHLIN et al. 2010) and the subsequent determination of hydrochemical genesis classes showed that the

internal structure and the spatial and temporal variability of the salt stream are mainly controlled by the recharge process. The spatial representation of point data in combination with information to groundwater dynamics and hydrogeological connections between the different aquifers provide the basis of a hydrochemical-genetic map of the region of Müllrose. The relatively high density of exploration wells in the study area allowed visualizing the spatial distribution of groundwater with the same hydrochemical development. The map serves as the basis for further investigation.

VOSS, TH. & W. KLINK (2010): Interpretationsbericht zur Komplexauswertung von Alt-Bohrlochmessdaten im Bereich des Erlaubnisfeldes Beeskow-Birkholz. – Bericht Bohrlochmessung Storkow GmbH i. A. der Vattenfall Europe Mining AG, 42 S., Storkow (unveröff.)

## Literatur

HANNAPPEL, S., HERMSDORF, A., POHL, S., RIETZ, CH. & R. KOSSECK (2007): Aufbau von Sondermessnetzen zur Überwachung der geogenen Grundwasserversalzung in Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **14**, 1/2, S. 4–14

HOTZAN, G. (2010): Genetische Grundwassertypen der Binnenversalzung, ihre Klassifizierung und Erscheinungsformen. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **17**, 1/2, S. 39–53

HOTZAN, G. (2011): Die Formierung und Entwicklung des Chemismus natürlicher Grundwässer, ihre Widerspiegelung in hydrogeochemischen Genesemodellen sowie ihre Klassifizierung auf hydrogeochemisch-genetischer Grundlage. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **18**, 1/2, S. 77–91

HOTZAN, G. (2012): Ein Beitrag zur Methodik der hydrogeochemisch-genetischen Kartierung von Grundwässern in den Lockergesteinsgrundwasserleitern des Norddeutschen Tieflands. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **19**, 1, S. 65–80

HOTZAN, G. & TH. VOSS (2013): Komplexe hydrogeochemisch-genetische Kartierung zur Einschätzung der Salzwassergefährdung pleistozäner und tertiärer Grundwasserleiter im Raum Storkow-Frankfurt (Oder)-Eisenhüttenstadt. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **20**, 1/2, S. 63–82

KALATZ, R. & J. DIETTERLE (1988): Hydrogeologischer Ergebnisbericht mit GW-Vorratsnachweis Müllrose 1988. – Bericht VEB Hydrogeologie Nordhausen, BT Berlin, 40 S., 10 Anl., Nordhausen (unveröff.)

RECHLIN, B. (2008): Eine Methode zur konzentrationsunabhängigen Früherkennung von Salzwasserintrusionen in süßwasserführende Grundwasserleiter und Oberflächengewässer. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **15**, 1/2, S. 57–68

RECHLIN, B., HÖFFKNECHT, A., SCHOLZ, H. & A. HELMS (2010): Genetische Bewertung von Analysen der Hydrosphäre. – Software GEBAH Vers. 1.1 LBGR/GCI, Cottbus, Königs Wusterhausen

## Anschrift des Autors:

Dipl.-Geol. Gerhard Hotzan  
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe  
Brandenburg  
Dezernat Hydrogeologie  
Inselstraße 26  
03046 Cottbus  
gerhard.hotzan@lbgr.brandenburg.de