

**Beiträge**  
**zum Grundwasser in Berlin, Brandenburg und**  
**Mecklenburg-Vorpommern,**  
**zum tieferen Untergrund Brandenburgs:**  
**3D-Modell, Geologische Landesaufnahme und Stratigraphie**  
**sowie zur Quartärgeologie**

	INHALT	CONTENTS	Seite
HANS-GEORG THIEM	Vorwort	Foreword	5
SILVIO JANETZ	Datenerfassung und Bewertung artesisch gespannter Grundwässer in den känozoischen Lockergesteinsgrundwasserleitern des Landes Brandenburg	Data collection and evaluation of artesian confined groundwater in the Cenozoic unconsolidated aquifers of the state of Brandenburg	7–15
ULRIKE HÖRMANN, ALEXANDER LIMBERG & HARTMUT VERLEGER	Eine Karte des zu erwartenden mittleren höchsten Grundwasserstandes für das Warschau-Berliner Urstromtal und das Panketal in Berlin	Map of the expected mean highest groundwater level for the Warschau-Berlin glacial valley and the Panke valley in Berlin	17–26
HEIKO HENNIG & TORALF HILGERT	Speisung bedeckter Grundwasserleiter im norddeutschen Lockergestein – Eine Auswertung für Mecklenburg-Vorpommern	Infiltration into confined aquifers in Northern Germany – an evaluation for Mecklenburg-Western Pomerania	27–37
MAIK SCHILLING, ANDREAS SIMON, CHRISTOPH JAHNKE & THOMAS HÖDING	Brandenburg 3D – Das geologische 3D Modell Brandenburgs im Internet veröffentlicht	Brandenburg 3D – The geological 3D Model of Brandenburg published online	39–46
MICHAEL GÖTHEL	Stratigraphie von Brandenburg 2018	Stratigraphy of the state Brandenburg 2018	47–50
MICHAEL GÖTHEL	Erkundungs- und Kenntnisstand zu den präquartären Ablagerungen im Raum Bad Freienwalde/Letschin – weiterführende Erläuterungen zur Geologischen Karte 1 : 50 000, Blätter L 3350 und L 3372 und ihrer näheren Umgebung, Land Brandenburg	State of exploration and knowledge regarding the pre-Quaternary deposits in the area of Bad Freienwalde/Letschin – detailed comments to Geological map 1 : 50 000, sheets L 3350 and L 3372 and the nearer surroundings (State Brandenburg, Germany)	51–65
CHRISTIANE STANULLA, ROMAN RÖNICK, GERALD ZOMACK, BARBARA SEIBEL & KLAUS STANEK	Die „Flöz-anomalie Welzow“ – Nachweis einer kleinräumigen Störungsstruktur im 2. Miozänen Flözkomplex im Tagebau Welzow-Süd	„Seam anomaly Welzow“ – evidence of a small-spaced fault structure in the 2nd Miocene Seam Complex in the opencast mine Welzow-Süd	67–75
NORBERT SCHLAAK	Neue Untersuchungen an Dünen in Brandenburg	New investigations on dunes in Brandenburg	77–82

---

	INHALT	CONTENTS	Seite
	<b>Nachruf</b>		
WERNER STACKEBRANDT, ANGELA EHLING, ANGELIKA SEIDEMANN & JAQUELINE STRAHL	Johannes H. Schroeder 1939–2018		16
	<b>Buchbesprechung</b>		
MICHAEL GÖTHEL	Gesteine – Systematik, Bestimmung, Entstehung		38



Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

nachdem im vergangenen Jahr ausschließlich das Grundwasser hinsichtlich seiner zunehmenden Versalzungsgefahr im Vordergrund stand, freue ich mich, Ihnen mit den diesjährigen Brandenburgischen Geowissenschaftlichen Beiträgen wieder ein thematisch breiter gefächertes Doppelheft aus den Bereichen tieferer Untergrund, Geologische Landesaufnahme und Grundwasser präsentieren zu können.

Ihre besondere Aufmerksamkeit möchte ich dabei auf zwei neue digitale Produkte des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg lenken, die seit neuestem dem Nutzer auf unserer Internetseite unter <http://www.geo.brandenburg.de/lbgr> bzw. unter der Adresse [http://www.geo.brandenburg.de/Brandenburg\\_3D/](http://www.geo.brandenburg.de/Brandenburg_3D/) zur Verfügung stehen. Zum einen die hydrogeologische Karte der artesisch gespannten Grundwasservorkommen in Brandenburg, zum anderen das 3D-Modell des tieferen Untergrundes von Brandenburg.



Der Wandel des Klimas macht auch vor unserem Bundesland nicht halt. So beobachten wir schon seit längerem eine sehr starke Zunahme der Bohrtätigkeit auf Grundwasser, insbesondere für landwirtschaftliche Beregnungsbrunnen. Aber auch der Zuzug in das Berliner Umland sowie die Erschließung gewerblicher Flächen wirken sich auf unsere Arbeit aus – seien es Bohrungen für Brunnen in privater wie wirtschaftlicher Nutzung oder Bohrungen zum Bau von Erdwärmesonden.

Vor Bohrbeginn gilt Informationspflicht – die neue Karte der artesisch gespannten Grundwasservorkommen soll dabei helfen, mögliche Gefahren vor dem Niederbringen von Bohrungen zu kalkulieren, um damit von vornherein Folgeschäden ausschließen zu können.

Aber nicht nur die zunehmende Trockenheit, sondern auch häufiger werdende Starkregenereignisse bereiten Probleme. So hat die Arbeitsgruppe Landesgeologie der Berliner Senatsverwaltung in ihrem digitalen Umweltatlas ein vergleichbares Planungswerkzeug mit der Karte des zu erwartenden mittleren höchsten Grundwasserstandes (zeMHGW) für das Warschau-Berliner Urstromtal und das Panketal veröffentlicht. Auf Grundlage dieser Karte wird eine gezieltere Planung des Baus von Versickerungsanlagen hinsichtlich ihrer Anlage und Dimensionierung für die Aufnahme von Niederschlagswasser ermöglicht.

Während herkömmliche geologische Karten und Schnitte lediglich einen zweidimensionalen Blick in den geologischen Untergrund unseres Landes gewähren, wird mit dem 3D-Modell des tieferen Untergrundes Brandenburgs nun auch die dritte Dimension erschlossen. Die Nacherkundung rohstoffrelevanter Schichten auf beispielsweise Erdöl, Erdgas und Kupfer oder die Speicherfähigkeit von Gesteinen erlaubt, mittels neu hinzukommender Daten, eine stetige Präzisierung des räumlichen Modells und wird damit zu einer mehr und mehr verlässlichen Basis für die Projektierung weiterer Erkundungsvorhaben.

Doch ist und bleibt die Grundlage für alle digitalen Produkte die fortlaufende Erhebung und Bewertung von Daten im Rahmen der Geologischen Landesaufnahme. Ergänzend zu den amtseigenen Arbeiten, beispielweise bei der geologischen Kartierung im Maßstab 1 : 50 000 einschließlich der litho- und chronostratigraphischen Bewertungen von Bohrungen, sind hier die dem Braunkohlenabbau vorausgehenden Kartierungsarbeiten hervorzuheben. Die trotz Energiewende immer noch notwendige Braunkohlegewinnung erlaubt als Nebenprodukt mittels der Lausitzer Tagebaue einen ebenfalls dreidimensionalen Einblick in den geologischen Untergrund und trägt damit wesentlich zu seinem Verständnis bei.

Ich wünsche Ihnen nun – wie immer mit einem freundlichen Glück auf! – viel Freude beim Lesen des 25. (!) Bandes der BGB, das seit dem letzten Jahr auch sofort digital unter:[https://www.geobasis-bb.de/geodaten/lbgr\\_beitraege.htm](https://www.geobasis-bb.de/geodaten/lbgr_beitraege.htm) möglich ist!

A handwritten signature in black ink that reads "Hans-Georg Thiem". The signature is stylized and includes a large, sweeping flourish at the end.

Hans-Georg Thiem  
Präsident  
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe



Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	25 (2018), 1/2	S. 7–15	5 Abb., 19 Zit.
------------------------------	---------	----------------	---------	-----------------

# Datenerfassung und Bewertung artesisch gespannter Grundwässer in den känozoischen Lockergesteinsgrundwasserleitern des Landes Brandenburg

## Data collection and evaluation of artesian confined groundwater in the Cenozoic unconsolidated aquifers of the state of Brandenburg

SILVIO JANETZ

### 1 Einleitung und Kenntnisstand

Artesisch gespanntes Grundwasser stellt einen Sonderfall von gespanntem Grundwasser dar. Nach der DIN 4049-3 (1994) werden Wasservorkommen innerhalb eines Grundwasserleiters, deren Grundwasserdruckfläche oberhalb der Erdoberfläche liegt, als artesisch gespannte Grundwässer bezeichnet. Ihr Auftreten ist prinzipiell an natürliche Grundwasseraustritte an der Erdoberfläche („artesische Quellen“) oder künstliche Bohrungsaufschlüsse („artesische Brunnen“ bzw. „Arteser“) gebunden. Namensgebend für den Begriff „Arteser“ war die französische Landschaft Artois (deutsch: Artesien), in der im 12. Jahrhundert eine Anlage zur Gewinnung artesischer Grundwässer errichtet wurde (ARAGO 1860).

Für die Ausbildung artesisch gespannter Grundwasserverhältnisse in Lockergesteinsgrundwasserleitern sind prinzipiell folgende Lagerungsbedingungen erforderlich:

- ein Grundwasserleiter ist ober- und unterhalb von einer gering wasserdurchlässigen Gesteinsschicht (Grundwassergeringleiter) begrenzt,
- der überlagernde Grundwassergeringleiter weist eine Schichtneigung auf und
- es besteht ein morphologischer Höhenunterschied zwischen Neubildungs- und Entlastungsgebiet des Grundwasserleiters.

Die Struktur eines artesisch gespannten Grundwassersystems wird beispielhaft im hydrogeologischen Profil in Abbildung 1 dargestellt. Hier wird der Elster- bis Saale-kaltzeitliche Grundwasserleiterkomplex 2 (Hauptgrundwasserleiter) von einem gering wasserdurchlässigen Geschiebemergel bedeckt. Wegen der Neigung dieses Grundwassergeringleiters erhöht sich im Grundwasser mit zunehmender Tiefe der Druck. Dadurch bilden sich im Bereich der Sanderhochfläche (Bildmitte in Abb. 1) gespannte und in den benachbarten Talniederungen (linke und rechte Bildseite in Abb. 1) artesisch Grundwasserdruckverhältnisse aus. Da die Grundwasserdruckfläche des Grundwasserleiterkomplexes 2 im Bereich der Talniederungen ober-

halb der Erdoberfläche liegt, würde das Grundwasser beim Abteufen einer Bohrung bis in dessen Niveau wegen seines erhöhten hydraulischen Druckpotenzials in diesem Gebiet frei ausfließen.

Die Höhe des artesischen Druckes eines Grundwasserleiters hängt hauptsächlich vom Gefälle zwischen der morphologischen Hochlage als potenziellem Neubildungsgebiet und der Talniederung als potenziellem Entlastungsgebiet ab. Dabei wird das hydraulische Druckpotenzial und die flächenhafte Erstreckung von artesischen Grundwasservorkommen unmittelbar von den jahreszeitlichen Schwankungen der Niederschlags- und Verdunstungsrate bzw. durch Bewirtschaftungsmaßnahmen wie Grundwasserförderung oder -anreicherung beeinflusst. So kann sich durch die Grundwasserspiegelabsenkung infolge einer lang anhaltenden Trockenperiode oder einer intensiven Brunnenförderung im Einzugsgebiet eines artesisch gespannten Grundwasserleiters auch die horizontale Ausdehnung des artesischen Grundwasserbereiches verringern. Zum Teil können diese Einflüsse auch zum zeitweisen oder endgültigen Abbau des artesischen Druckes in einem Grundwasserleiter führen.

Viele der heute bekannten artesischen Grundwasservorkommen wurden im 19. und 20. Jahrhundert in den kontinentalen Sedimentbecken der Erde in unterschiedlichen Tiefen und stratigraphischen Einheiten angetroffen. Dazu zählen insbesondere die Vorkommen in den Kreide-Tertiärzeitlichen Sedimentbecken der Sahara (ROLLAND 1894), in den alttertiären Ablagerungen der Arabischen Halbinsel in Saudi-Arabien (ZÖTL 1983), in den Kreidezeitlichen Sandstein-Aquiferen im Bundesstaat Dakota in den USA (TODD & HALL 1904, MEINZER 1923), in den Kreidezeitlichen Sedimentablagerungen des Ordos-Beckens in China (HOU et al. 2007) und in den mesozoischen Sandstein-Formationen des Großen Artesischen Beckens von Queensland in Australien (HABERMEHL 1980). In Europa wurden größere artesisch Grundwasservorkommen in der Vergangenheit hauptsächlich in tertiären Grundwasserleitersystemen wie dem Wiener Becken (ZETINIGG 1999), dem Steirischen Becken (ZETINIGG 1982, ZÖTL 1983), dem Pannonischen und dem Pariser Becken angetroffen (PRINZ 1919). Im Nord-

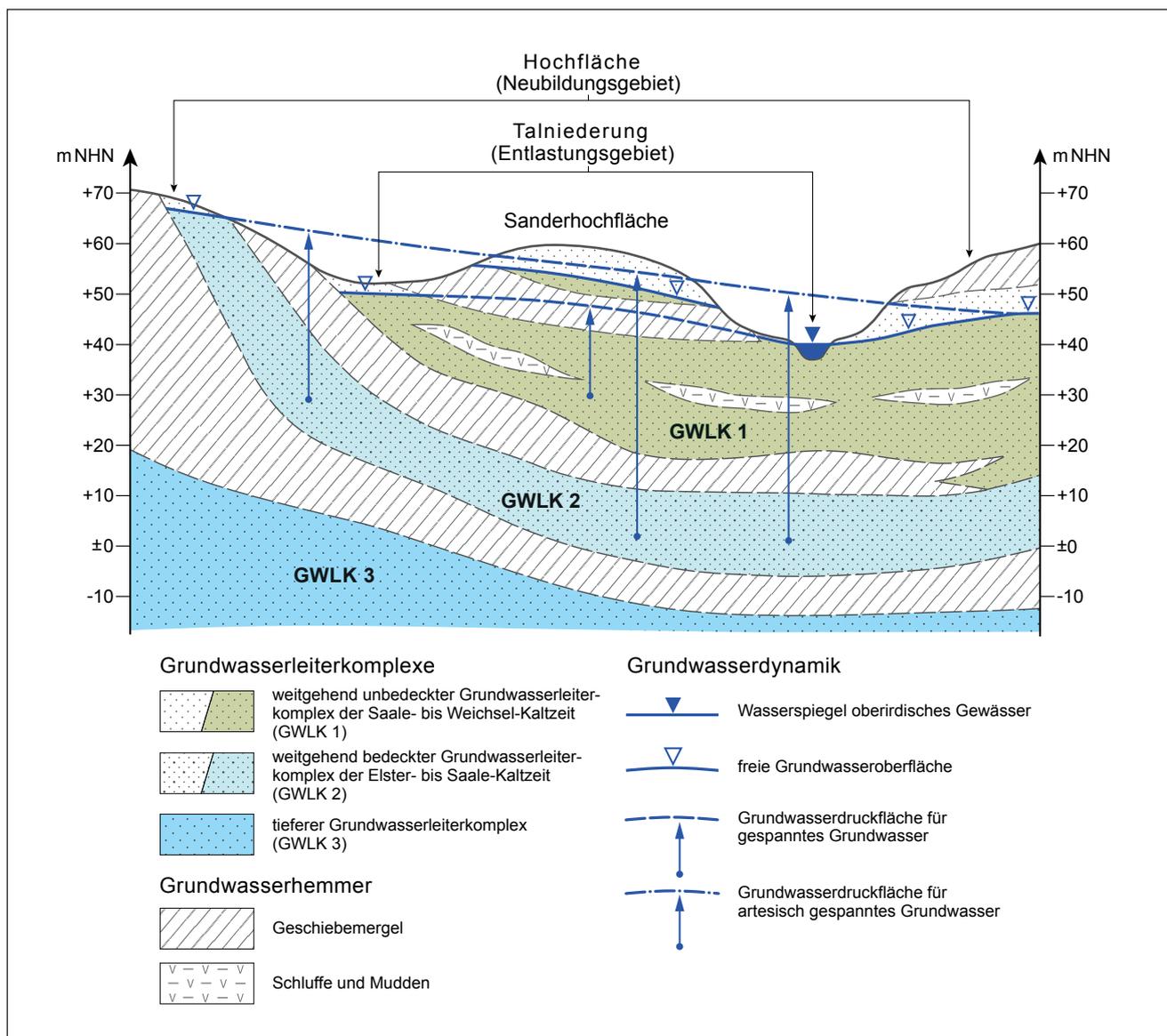


Abb. 1: Schematische Darstellung artesisch gespannter Grundwasserverhältnisse (modifiziert nach DIN 4049-3)  
 Fig. 1: Schematic representation of artesian confined groundwater conditions (modified according to DIN 4049-3)

deutschen Becken treten artesisch gespannte Grundwasser sowohl in den tiefen paläozoisch-mesozoischen Festgesteinsgrundwasserleitern (VOIGT 1975) als auch in den flachen känozoischen Lockergesteinsgrundwasserleitern (PRINZ 1919, ZIESCHANG & ZEIDLER 1972, EINSELE et al. 1987, TESCH et al. 1987) auf.

Informationen zu artesisch gespannten Grundwasserverhältnissen stellen für die sachgerechte Planung und Durchführung von Baumaßnahmen (z. B. der Errichtung von Bohrungen für Erdwärmesonden, Brunnen, Grundwassermessstellen sowie für die Baugrunderkundung und Projektierung) eine wichtige Entscheidungsgrundlage dar, mit der das Bohrrisiko in Gebieten mit bekannten artesischen Grundwasservorkommen erheblich verringert werden kann. Wie einige Schadensfälle durch havarierte artesische Bohrungen in der Vergangenheit gezeigt haben (PK GEOTHERMIE 2011, HOTZAN 2017), können das unerwartete Antreffen

von artesisch gespannten Grundwässern beim Bohren und dessen technische Nichtbeherrschbarkeit enorme Schäden verursachen. Dazu zählen z. B. die Destabilisierung des Bohrlochs, unkontrollierte Grundwasseraustritte und die Schaffung von hydraulischen Verbindungen zwischen verschiedenen Grundwasserstockwerken. Dadurch können Bohrungshavarien, die durch artesische Grundwässer hervorgerufen werden, zur dauerhaften Beeinträchtigung des hydraulischen und hydrochemischen Zustands der lokalen Grundwasserressourcen und darüber hinaus zur Gefährdung der Standsicherheit bei geplanten und bestehenden Gebäuden im Umfeld der betreffenden Bohrung führen.

Da Daten zu artesischen Grundwasservorkommen auf dem Gebiet des Landes Brandenburg zuletzt vor fast 50 Jahren erhoben wurden (ZIESCHANG & ZEIDLER 1972), liegt der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit in der Schaffung ei-

ner aktuellen Datengrundlage zur Bewertung der hydrogeologischen Bedingungen und Vorkommen von artesischen Grundwässern in den känozoischen Lockergesteinsgrundwasserleitern. Dazu wurden im ersten Schritt alle bekannten artesischen Bohrungslokationen räumlich erfasst und hinsichtlich der hydrostratigraphischen Zuordnung und den hydraulischen Druckverhältnissen beurteilt. Im zweiten Schritt wurden die gewonnenen Informationen strukturiert und einheitlich in einer Projektdatenbank („Arteser“) abgelegt, um zukünftig eine effiziente Ersteinschätzung von artesischen Grundwasserverhältnissen zu ermöglichen.

## 2 Datengrundlagen und -aufbereitung

Der Großteil der recherchierten artesischen Grundwassermessstellen und Brunnen wurde seit den 1950er Jahren zum Zweck der hydrogeologischen Erkundung der Trinkwasserressourcen auf dem Territorium des Landes Brandenburg errichtet. Eine wichtige Grundlage für die vorliegende Arbeit bildeten dabei eine Datendokumentation von Grundwassermessstellen und Brunnen mit artesischen Grundwässern, die bereits Anfang der 1970er Jahre im Rahmen von hydrogeologischen Untersuchungen zu tiefliegenden Süßwasservorkommen auf dem Gebiet der DDR erhoben wurden (ZIESCHANG & ZEIDLER 1972). Aufbauend auf diesen Informationen wurden in der Bohrungsdatenbank des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe (LBGR) zusätzlich zeitlich neuere Primärinformationen zu artesischen Grundwässern recherchiert, so dass diese nach der Datenaufbereitung als integrierter Eingangsdatensatz für die Erstellung der Projektdatenbank „Arteser“ zur Verfügung standen. Für Datenabfragen in der Bohrungsdatenbank konnten insgesamt 200 803 Bohrungen aus dem Zeitraum von 1826 bis 2017 berücksichtigt werden. Davon waren 30 067 Bohrungen zu Grundwassermessstellen oder Brunnen ausgebaut, von denen wiederum 15 753 Bohrungen Angaben zu gemessenen Grundwasserständen enthielten. In der Projektdatenbank „Arteser“ wurden des Weiteren Sekundärinformationen aus der Hydrogeologischen Karte der DDR im Maßstab 1 : 50 000 (VOIGT 1987) sowie Datenerhebungen Dritter (Landesamt für Umwelt Brandenburg, Untere Wasserbehörde Potsdam-Mittelmark, Untere Wasserbehörde Teltow-Fläming, BTU Cottbus-Senftenberg, Bohrlochmessung Storkow GmbH) als auch persönliche Mitteilungen und Hinweise von Mitarbeitern des Geologischen Dienstes Brandenburg als ergänzende Informationen aufgenommen.

Aufgrund der unterschiedlichen Informationsquellen war es zunächst notwendig, diese Daten zu vereinheitlichen und inhaltlich mit den im LBGR vorhandenen Archivunterlagen abzugleichen, um diese im zweiten Schritt in die Projektdatenbank „Arteser“ überführen zu können. Im Rahmen der Projektbearbeitung konnten dadurch zahlreiche Angaben auf Grundlage von archivierten Bohrungsdokumentationen ergänzt und korrigiert werden. Nach Fertigstellung der Datenbank werden darin alle bekannten Bohrungsaufschlüsse mit artesisch gespanntem Grundwasser unter Angabe von

Bohrungsname, geographischer Lage, Tiefenbereich und hydraulischen Druckverhältnissen des jeweiligen Grundwasserleiterkomplexes aufgeführt.

Für die Datenerfassung wurden entsprechend der DIN 4049-3 (1994) alle Wasservorkommen, deren Grundwasserdruckfläche oberhalb der Erdoberfläche liegt, als artesisch gespannte Grundwässer eingestuft. Die Steighöhe des artesischen Grundwassers über Gelände ergibt sich dabei aus der Differenz zwischen Grundwasserdruckhöhe (m NHN) und Geländeoberfläche (m NHN). Für die Bewertung der hydraulischen Druckverhältnisse der einzelnen Grundwasservorkommen wurde die hydrostratigraphische Gliederung der Lockergesteinsgrundwasserleiter in drei Grundwasserleiterkomplexe nach MANHENKE (2002) verwendet.

## 3. Artesisch gespannte Grundwasservorkommen im Land Brandenburg

### 3.1 Räumliche Verteilung und Häufigkeit

Aus den Lockergesteinsgrundwasserleitern Brandenburgs sind aktuell 245 Lokationen (Stand: 2018) mit artesisch gespannten Grundwasservorkommen bekannt, die beim Niederbringen von Bohrungen nachweislich seit dem 19. Jahrhundert angetroffen und in geologischen Schichtenverzeichnissen dokumentiert wurden. Die Datenerhebung umfasst insgesamt 18 Brunnen, 205 Grundwassermessstellen sowie 22 nicht ausgebaute Bohrungen mit artesischen Grundwasserverhältnissen. Aus der räumlichen Verteilung der artesisch gespannten Grundwasservorkommen (Abb. 2) geht hervor, dass sich die Mehrzahl der Vorkommen mit einem Anteil von etwa 80 % hauptsächlich auf die Bereiche der Urstromtäler, Nebentäler und Niederungsgebiete konzentriert. So treten artesisch gespannte Grundwasserverhältnisse häufig im geologischen Untergrund von Flussniederungen auf (z. B. Elbe, Oder, Havel, Finow und Spree); seltener sind sie in tief eingeschnittenen subglazialen Schmelzwasserrinnen der Weichsel- oder Saale-kaltzeitlich angelegten Moränenlandschaften (z. B. Prignitz und Uckermark) anzutreffen.

Die artesischen Grundwasservorkommen in den känozoischen Grundwasserleitern Brandenburgs lassen sich nach ihrem räumlichen Auftreten prinzipiell in kleinräumige Einzelvorkommen (ca. 77 %) und größere Flächenvorkommen (ca. 23 %) unterteilen. Bei kleinräumigen Einzelvorkommen wurden artesisch gespannte Grundwasserverhältnisse meist nur in einzelnen Grundwassermessstellen festgestellt. Die horizontale Ausdehnung des artesischen Grundwasserbereiches beschränkt sich bei kleinräumigen Vorkommen unter der Annahme schwacher artesischer Verhältnisse nur auf wenige Zehner Quadratmeter.

Im Rahmen der hydrogeologischen Kartierungsarbeiten (VOIGT 1987) auf dem Territorium des Landes Brandenburg wurden zum Teil größere flächenhafte Vorkommen von 1 bis maximal 10 km<sup>2</sup> (z. B. Eberswalder Urstromtal, Niederungsbereiche der Dosse und der Kleinen Elster) ausgewie-

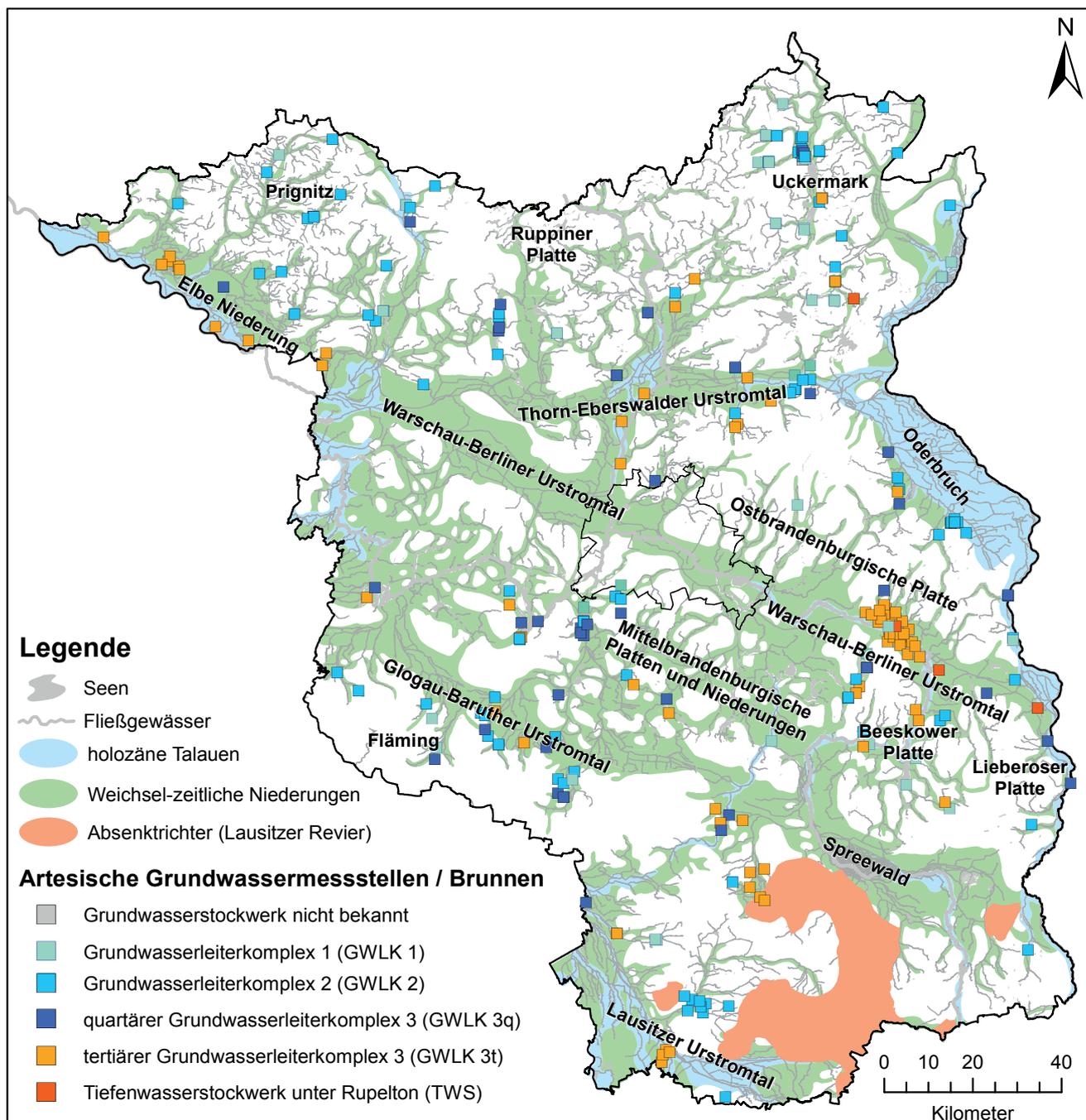


Abb. 2: Räumliche Verteilung artesischer Grundwassermessstellen und Brunnen im Land Brandenburg ( $n = 245$ )

Fig. 2: Spatial distribution of artesian groundwater measuring points and wells in the state of Brandenburg ( $n = 245$ )

sen, in denen auch großräumig mit artesischen Grundwasserhältnissen gerechnet werden muss. In der Region um Fürstenwalde/Spree wurde im Rahmen der hydrogeologischen Erkundungen einer potenziellen Braunkohlenlagerstätte ein größeres artesisches Grundwasservorkommen im Bereich des tertiären Grundwasserleiterkomplexes 3 nachgewiesen (TESCH et al. 1987).

In Abbildung 3 wird die Anzahl der gemeldeten Bohrungen zu Bau- oder Erkundungsmaßnahmen in den Bereichen Ingenieurgeologie, Geothermie, Grundwasser und Braun-

kohle der jeweiligen Anzahl der im Zeitraum von 1991 bis 2016 angetroffenen Arteser im Land Brandenburg gegenübergestellt. Aus dem Diagramm geht hervor, dass in den letzten 25 Jahren von durchschnittlich 1342 angemeldeten Bohrungen im Jahr (mit oben genannten Bohrungszweck) in lediglich 19 Fällen artesischen Grundwasserhältnissen festgestellt wurden.

Die meisten artesischen Grundwasserhorizonte wurden jedoch im Rahmen umfangreicher hydrogeologischer und rohstoffgeologischer Erkundungsprogramme bei entsprechend

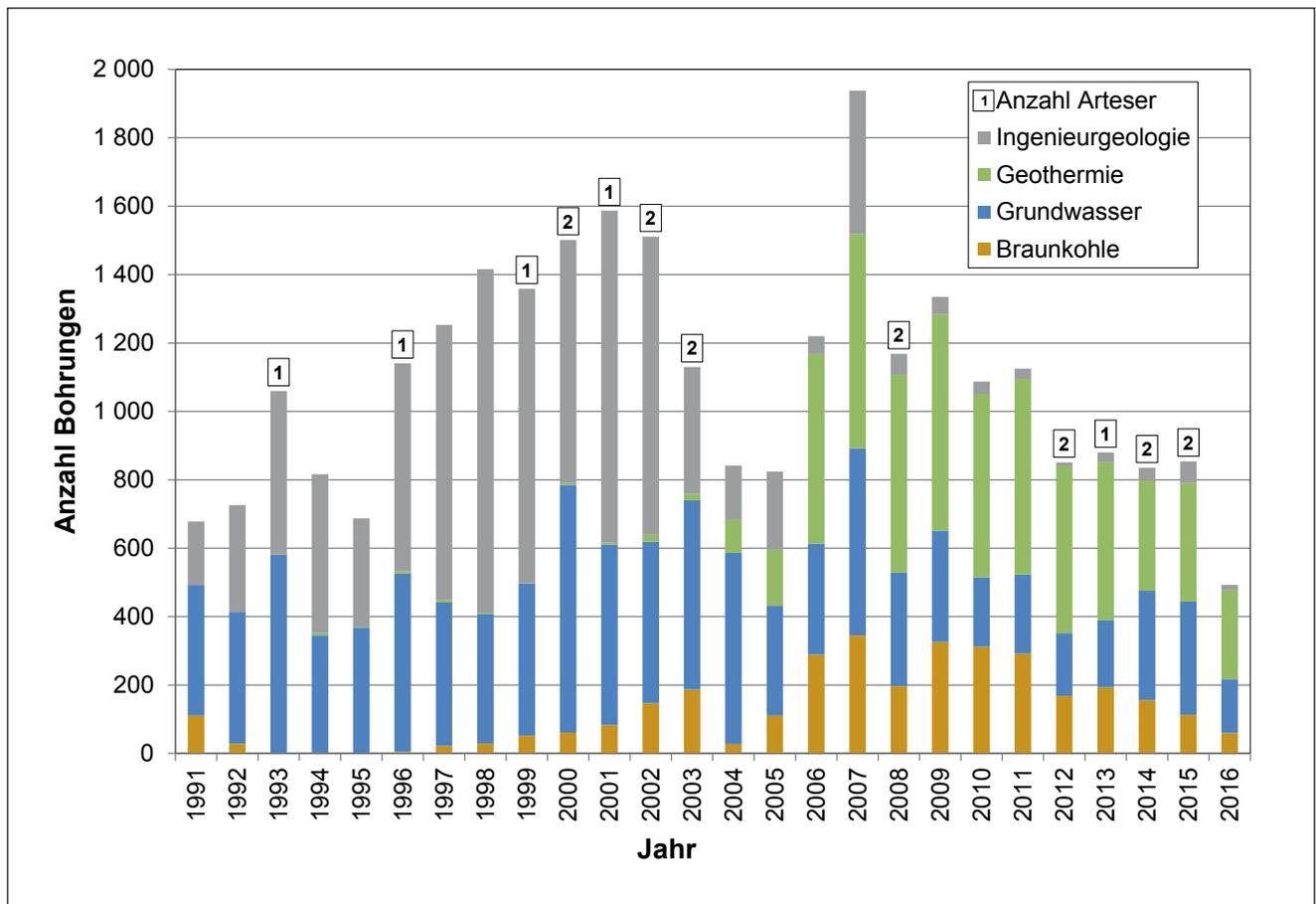


Abb. 3: Übersicht der Flachbohrungen im Zeitraum 1991–2016 mit Bohrungszweck und Anteil artesischer Bohrungen  
 Fig. 3: Overview of shallow drillings over the period 1991–2016 with the purpose of drilling and the proportion of artesian wells

hohen Bohraktivitäten (ca. 3400 Bohrungen pro Jahr) zwischen 1965 und 1990 angetroffen. In diesem Zeitraum wurden bei 195 Bohrungen artesische Grundwasserverhältnisse in unterschiedlichen Tiefenbereichen festgestellt. Viele dieser Bohrungen wurden zu Grundwassermessstellen oder Brunnen ausgebaut und zeigen im Fall eines mehrfachen Filterausbaus, dass sich artesische Grundwasserbedingungen zum Teil vertikal über mehrere Grundwasserhorizonte erstrecken.

Die Häufigkeitsverteilung in Bezug auf die Filtertiefe artesischer Grundwässer in Abbildung 4 zeigt, dass artesische Verhältnisse am häufigsten in Tiefen von 50 bis 100 m unter Gelände angetroffen werden. Diese Tiefenbereiche umfassen insbesondere den tieferen pleistozänen bzw. tertiären Grundwasserleiterkomplex 3. Der Großteil der Bohrungen mit artesischen Grundwasservorkommen in Tiefen bis 100 m liegt im Bereich der brandenburgischen Urstromtäler sowie den Flussniederungen von Elbe, Oder, Havel und Spree (vgl. Abb. 2). Aus Abbildung 4 wird zudem ersichtlich, dass artesisch gespannte Grundwasserverhältnisse in der Vergangenheit am zweithäufigsten im Niveau des Elster- bis Saale-kaltzeitlichen Grundwasserleiterkomplexes 2 zwischen 25 und 50 m unter Gelände sowie im Niveau des tertiären Grundwasserkomplexes 3 zwischen 100 und 150 m unter Gelände angetroffen wurden.

Sehr selten wurden dagegen artesische Grundwasserverhältnisse im Bereich des weitgehend unbedeckten Grundwasserleiterkomplexes 1 zwischen 10 und 25 m unter Gelände dokumentiert (Abb. 4). Verantwortlich für die Ausbildung dieser meist kleinräumigen leicht artesischen Grundwasservorkommen innerhalb des oberflächennahen Grundwasserleiterkomplexes 1 im Bereich von Niederungen und Tälern sind hauptsächlich bindige Deckschichten (wie z. B. Torf, Auelehm, Mudde). Auch in Tiefenbereichen von mehr als 150 m unter Gelände konnten bislang nur vereinzelt artesische Grundwasservorkommen festgestellt werden, was jedoch vielmehr auf die geringere Anzahl von Grundwassermessstellen und Brunnen in diesen tiefen Grundwasserleitersystemen zurückgeführt werden kann.

### 3.2 Hydraulische Druckverhältnisse

Die Angaben zu den Grundwasserdruckhöhen der jeweiligen Grundwassermessstellen und Brunnen stammen größtenteils aus einmaligen Wasserstandsmessungen und wurden aus unveröffentlichten Archivunterlagen bzw. Bohrungsdaten des LBGR sowie aus Unterlagen Dritter übernommen. Für die Aufgabebearbeitung wurden die gemessenen Grundwasserdruckhöhen zunächst einer Plausibilitätsprüfung un-

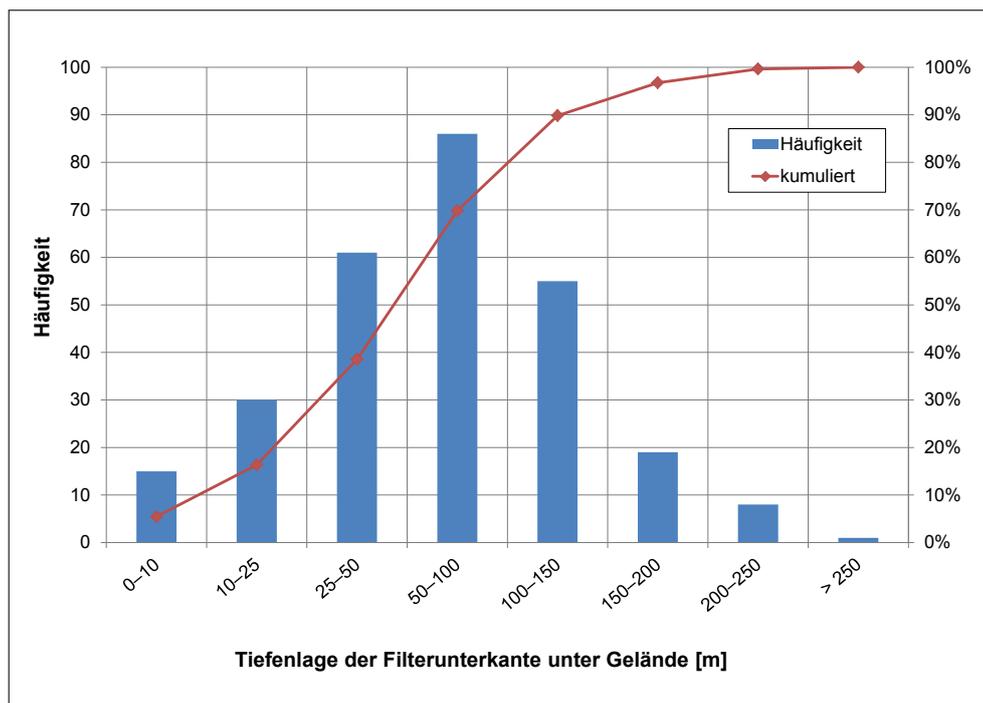


Abb. 4:  
Häufigkeitsverteilung  
artesisch gespannter  
Grundwässer nach  
Tiefenlage der  
Filterunterkante  
(in m unter Gelände)

Fig. 4:  
Frequency distribution of  
artesian confined groundwater  
according to the  
depth of the screen  
(in meters below ground level)

terzogen und anschließend auf ein einheitliches Bezugsniveau (Geländeoberfläche) gebracht. Aus der Differenz von Grundwasserdruckhöhe (m NHN) und Geländeoberfläche (m NHN) wurden die hydraulischen Druckhöhen der artesischen Grundwässer ermittelt und in die physikalische Einheit bar umgerechnet (1 bar = ca. 10 m Wassersäule).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit konnten aus Kapazitätsgründen weder stichtagsbezogene Kontrollmessungen der Grundwasserdruckhöhen noch Vorort-Überprüfungen von Lage, Existenz, Funktionstüchtigkeit oder Messstellenzustand der verzeichneten artesischen Grundwassermessstellen und Brunnen durchgeführt werden. Dadurch besitzen die erhobenen Grundwasserdruckhöhen keinen einheitlichen Zeitbezug, sondern repräsentieren lediglich den Zeitpunkt der Errichtung der jeweiligen Grundwassermessstellen und Brunnen.

In Abbildung 5 werden die statistischen Größen der hydraulischen Überdrücke als Spannweitendiagramm für die jeweiligen Grundwasserleiterkomplexe dargestellt. Die überwiegende Mehrheit der im känozoischen Lockergestein ausgebauten Grundwassermessstellen und Brunnen sind nur durch schwache hydraulische Überdrücke mit Erwartungswerten zwischen 0,05 und 0,15 bar gekennzeichnet. Dabei liegen die mittleren 50 % der hydraulischen Überdrücke in den oberflächennahen pleistozänen Grundwasserleiterkomplexen 1 und 2 in einem Bereich von ca. 0,03 bis 0,5 bar und im tieferen tertiären Grundwasserleiterkomplex 3 in einem Bereich von 0,04 bis 0,25 bar. In den oberflächennahen Grundwasserleiterkomplexen 1 und 2 mit deutlicherer Ausprägung, aber auch im tieferen Grundwasserleiterkomplex 3 nehmen die hydraulischen Überdrücke tendenziell mit steigender Tiefe zu.

Aus Abbildung 5 werden darüber hinaus größere Schwankungsbereiche zwischen den verschiedenen Grundwasserleiterkomplexen ersichtlich. Die größten Spannweiten

der hydraulischen Überdrücke treten dabei im Bereich des Grundwasserkomplexes 2 auf, wo das 90-Perzentil maximal ca. 0,85 bzw. 1,35 bar beträgt. Die vergleichsweise hohen hydraulischen Überdrücke im Grundwasserleiterkomplex 2, die hauptsächlich in Grundwassermessstellen und Brunnen in subglazialen Schmelzwasserrinnen der Moränenlandschaften (z. B. Prignitz, Uckermark) sowie in den Urstromtälern (z. B. Eberswalder und Baruther Urstromtal) festgestellt wurden (vgl. Abb. 2), resultieren hauptsächlich aus dem morphologischen Höhenunterschied zwischen Neubildungs- und Entlastungsgebiet auf kurzen Distanzen sowie aus der Schichtneigung der pleistozänen Ablagerungen im Bereich der Hochflächenränder.

Im tieferen tertiären Grundwasserleiterkomplex 3 ergeben sich für die hydraulischen Überdrücke ebenfalls größere Spannweiten. Das 90-Perzentil beträgt hier ca. 0,75 bar. Bei der Bewertung dieser Messdaten muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich der Großteil dieser artesischen Grundwasservorkommen nur lokal auf den tertiären Grundwasserleiterkomplex 3 (z. B. miozäne Mölliner Schichten und oligozäne Cottbuser Schichten) sowie das darunter befindliche Tiefenwasserstockwerk in ca. 80 bis 250 m unter Gelände in der Region Fürstenwalde/Spree bezieht, wo eine ausreichende Datengrundlage zur Bewertung der hydraulischen Druckverhältnisse zur Verfügung stand (vgl. TESCH et al. 1987).

### 3.3 Wasserwirtschaftliche Nutzung

Wegen der überlagernden bindigen Deckschichten und ihres hydraulischen Druckniveaus sind artesisch gespannte Grundwässer prinzipiell gut gegenüber anthropogenen Stoffeinträgen geschützt. Daher stellen sie ein wertvolles Trinkwasserreservoir dar.

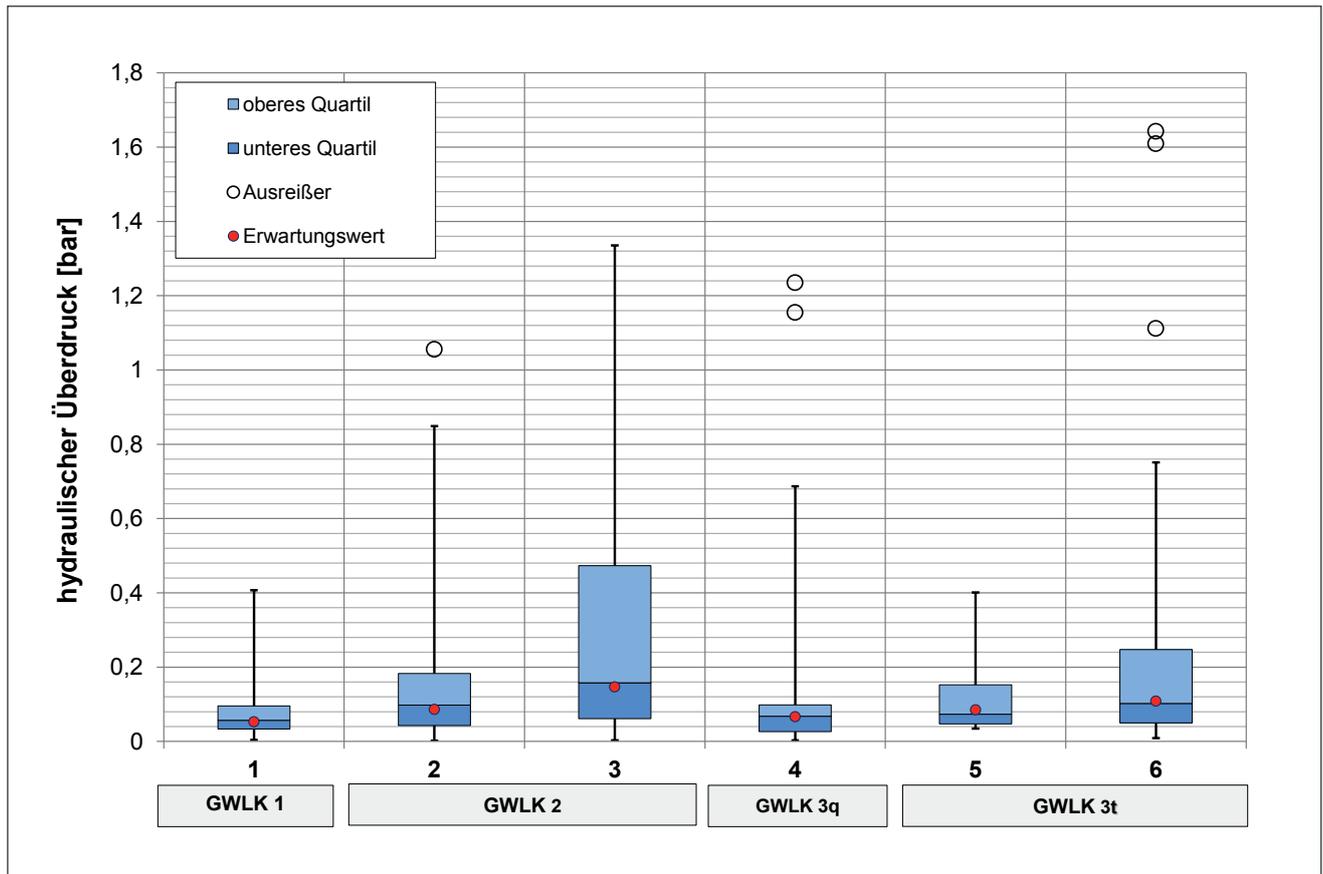


Abb. 5: Spannweitendiagramm der hydraulischen Überdrücke in den Lockergesteinsgrundwasserleitern: Hydrostratigraphische Gliederung in Grundwasserleiterkomplexe (GWLK) nach MANHENKE (2002) (1 = Weichsel-kaltzeitlich-holozäner GWLK 1, 2 = Weichsel-kaltzeitlicher GWLK 2, 3 = Saale-kaltzeitlicher GWLK 2, 4 = Elster-kaltzeitlicher GWLK 3 in pleistozänen Rinnen, 5 = tertiärer GWLK 3 (Untere Briesker Schichten), 6 = tertiärer GWLK 3 (Mölliner und Cottbuser Schichten)

Fig. 5: Span diagrams of hydraulic overpressures in in the unconsolidated aquifers: Hydrostratigraphic classification into aquifer complexes (GWLK) according to MANHENKE (2002) (1 = Weichselian-Holocene Aquifer complex 1, 2 = Weichselian aquifer complex 2, 3 = Saalian aquifer complex 2, 4 = Elsterian aquifer complex 3 within Pleistocene channels, 5 = Tertiary aquifer complex 3 (Lower Brieske Formation), 6 = Tertiary aquifer complex 3 (Möllin and Cottbus Formation)

Im Land Brandenburg fördern 19 Wasserwerke aktiv aus ursprünglich artesisch gespannten Grundwasserleitern in Tiefen zwischen 24 und 135 m unter Gelände. Die Wassergewinnung erfolgt dabei über Vertikalfilterbrunnen und dient hauptsächlich dem Zweck der öffentlichen Trinkwasserversorgung. Wegen der verhältnismäßig geringen artesischen Druckverhältnisse in den Grundwasserleitern werden die Wassermengen überwiegend durch Pumpförderung gewonnen. Die wasserbehördlich genehmigten Jahresentnahmen ( $Q_{365}$ ), die im Land Brandenburg aus artesischen Grundwasserleitern stammen, betragen etwa 44 000 m<sup>3</sup>/d. Etwa die Hälfte dieser Wasserwerke fördern dabei pro Jahr jeweils Wassermengen in Höhe von mehr als 1 000 m<sup>3</sup>/d.

Aufgrund der zum Teil bereits seit mehreren Jahrzehnten andauernden wasserwirtschaftlichen Nutzung ist davon auszugehen, dass die hydraulischen Überdrücke im Bereich der Absenkrichter der Förderbrunnen, bedingt durch die

Grundwasserentnahmen im Dauerbetrieb, inzwischen weitgehend abgebaut sind und hier lediglich noch gespannte Grundwasserverhältnisse auftreten.

### Zusammenfassung

Die Datenerhebung zu artesisch gespannten Grundwasservorkommen im Land Brandenburg basiert auf umfangreichen Abfragen innerhalb der Bohrungsdatenbank sowie auf Recherchen im Geoarchiv des LBGR. Sie beinhaltet insgesamt 245 Lokationen, wovon 19 Standorte mit artesisch gespannten Grundwässern gegenwärtig der öffentlichen Trinkwasserversorgung dienen. Ein Schwerpunkt der Arbeit lag dabei in der hydrostratigraphischen Zuordnung der artesischen Grundwasserleiter und der Einschätzung der hydraulischen Druckverhältnisse, da diese insbesondere für die Projektierung von Bohrungen im känozoischen

Lockergesteinsstockwerk eine wichtige Entscheidungsgrundlage zur Minimierung des Bohrrisikos darstellen. Aus der Bewertung der erhobenen Daten ergeben sich folgende Erkenntnisse:

- Der Großteil der artesischen Grundwasservorkommen konzentriert sich mit einem Anteil von etwa 80 % auf die Bereiche der Urstromtäler, Nebentäler und Flussniederungen; seltener sind artesisch gespannte Grundwasserverhältnisse in tief eingeschnittenen subglazialen Schmelzwasserrinnen in den Bereichen der Jung- und Altmoränenlandschaften anzutreffen.
- Die Häufigkeitsverteilung artesischer Grundwasservorkommen in Bezug auf die Filtertiefe zeigt, dass artesische Druckverhältnisse am häufigsten in Tiefen von 50 bis 100 m unter Gelände im Bereich des Grundwasserleiterkomplexes 3 angetroffen wurden.
- Die größten Spannweiten der hydraulischen Überdrücke treten im Bereich des pleistozänen Grundwasserkomplexes 2 auf, bei denen das 90-Perzentil maximal 1,35 bar beträgt.
- Die mittleren 50 % der hydraulischen Überdrücke in den bewerteten Grundwassermessstellen und Brunnen weisen dagegen auf moderate artesische Druckverhältnisse von 0,03–0,5 bar hin.

Alle Informationen zu artesischen Grundwasservorkommen im Land Brandenburg können im Geoportals des LBGR Brandenburg zusätzlich als Kartendienst „Artesisch gespannte Grundwasservorkommen“ abgerufen werden (<http://www.geo.brandenburg.de/lbgr/hydro>).

## Summary

The data collection on artesian confined groundwater resources in the state of Brandenburg is based on extensive queries within the borehole database as well as on searches in the geological archive of the LBGR. It contains a total of 245 locations, of which 19 sites with artesian confined groundwater currently serve the public drinking water supply. One focus of this work was the hydrostratigraphic assignment of the artesian aquifers and the assessment of the hydraulic pressure conditions, as these represent an important basis for the decision to minimize the drilling risk, especially for the design of boreholes in the Cenozoic unconsolidated rocks. The evaluation of the data collection reveals the following findings:

- The majority of the artesian groundwater resources concentrate with a share of about 80 % on the areas of glacial valleys, side valleys and river valleys; rarer artesian confined groundwater conditions are found in deeply cut subglacial meltwater channels in the areas of the Young and Old Drift landscapes.
- The frequency distribution of artesian groundwater resources in terms of the depth of the screen indicates that artesian pressure were most commonly encountered at depths of 50 to 100 meters below ground level in the aquifer complex 3.

- The largest spans of the hydraulic overpressures occur in the Pleistocene groundwater complex 2, where the 90th percentile reaches a maximum rate of 1.35 bar.
- On the other hand, the average 50 % of the hydraulic overpressures in the assessed groundwater measuring points and wells indicate moderate artesian pressure of 0.03 – 0.5 bar.

All information on artesian groundwater resources in the state of Brandenburg can also be found in the geoportal of the LBGR Brandenburg as Web Map Service „Artesisch gespannte Grundwasservorkommen“ (<http://www.geo.brandenburg.de/lbgr/hydro>).

## Literatur

- ARAGO, F. (1860): Die artesischen oder gebohrten Brunnen. – In: ARAGO, F., HANKEL, W. & A. HUMBOLDT (Hrsg.): Franz Arago's sämtliche Werke, S. 213–380, Leipzig, Jena
- DIN 4049-3 (1994): Hydrologie. Begriffe zur quantitativen Hydrologie. – S. 54, Deutsches Institut für Normung, Berlin (Beuth)
- EINSELE, G., SEILER, K., BERTLEFF, B., LINDNER, W., PLUM, H. & E. WEBER (1987): Erkundung tiefer Grundwasser-Zirkulationssysteme. Grundlagen und Beispiele. – Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e. V **81**, 223 S.
- HABERMEHL, M. (1980): The Great Artesian Basin, Australia. – BMR Journal of Australian Geology & Geophysics **5**, S. 9–38
- HOTZAN, G. (2017): Georisiko Artesik in der Uckermark. – In: LUTZE, G. & H. DOMINICK (Hrsg.): Entdeckungen entlang der Märkischen Eiszeitstraße **19**, S. 96–99
- HOU, G.-C., ZHANG, M.-S., WANG, Y.-H., ZHAO, Z.-H., LIANG, Y.-P., TAO, Z.-P., YANG, Y.-C., LI, Q., YIN, L., WANG, X.-Y., WANG, D. & Y. LI (2007): Groundwater resources of the Ordos Basin and its development and utilization. – North. Geol. **40**, 1, S. 7–34
- MANHENKE, V. (2002): Hydrostratigraphische Gliederung der känozoischen Lockergesteine von Brandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **9**, 1/2, S. 59–64
- MEINZER, O. (1923): The Occurrence of Ground Water in the United States with a Discussion of Principles. – United States Geological Survey Water Supply Paper **489**, 321 S.
- PK GEOTHERMIE (2011): Fachbericht zu bisher bekannten Auswirkungen geothermischer Vorhaben in den Bundesländern. – Informationen aus den Bund/Länderarbeitsgruppen der Staatlichen Geologischen Dienste (PK Geothermie der Ad-Hoc-Arbeitsgruppe Geologie), 58 S.

PRINZ, E. (1919): Handbuch der Hydrologie. – 445 S., Berlin (Springer)

ROLLAND, G. (1894): Hydrologie du Sahara Algérien. – 77 S., Paris (Impr. Nationale)

TESCH, J., BURMANN, G., SCHWAMM, G. & P. NILLERT (1987): Hydrogeologischer Ergebnisbericht mit Grundwasservorratsberechnung VE Fürstenwalde. – Bericht VEB Hydrogeologie Nordhausen, BT Berlin, 309 S., 12 Anl., 36 Anhänge, Berlin (unveröff.)

TODD, J. & C. HALL (1904): Geology and water resources of part of the lower James River Valley, South Dakota. – Gov. Print. Off, 47 S., Washington, DC

VOIGT, H.-J. (1975): Zur Dynamik mineralisierter Schichtenwässer im Nordteil der DDR. – Zeitschrift für Angewandte Geologie **21**, 4, S. 164–167

VOIGT, H.-J. (1987): Hydrogeologisches Kartenwerk der DDR 1 : 50 000. – Zentrales Geologisches Institut der DDR, Berlin

ZETINIGG, H. (1982): Die artesischen Brunnen im steirischen Becken. – Mitteilungen der Abteilung für Geologie, Paläontologie und Bergbau am Landesmuseum Joanneum **43**, S. 9–211

ZETINIGG, H. (1999): Die Bedeutung des artesischen Wassers für die Wasserversorgung in Österreich. – Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft **51**, 11/12, S. 320–332

ZIESCHANG, J. & A. ZEIDLER (1972): Studie „Tieferliegendes Süßwasser“. Datendokumentation zu artesischen (überflurgespannten) Süßwässern für das Gebiet der DDR. – Zentrales Geologisches Institut der DDR, 29 S., Berlin

ZÖTL, J. (1983): Tiefengrundwässer im Oststeirischen Becken (Österreich). – Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft **134**, S. 857–870

**Anschrift des Autors:**

Dipl.-Geol. Silvio Janetz  
Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg  
Dezernat Hydrogeologie  
Inselstraße 26  
03046 Cottbus  
silvio.janetz@lbgr.brandenburg.de

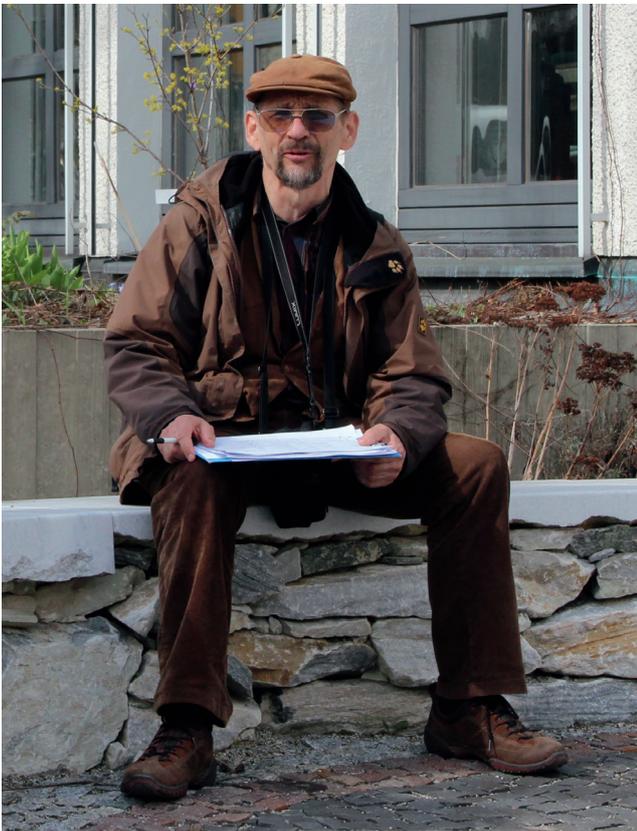
## Nachruf

### Johannes H. Schroeder 1939–2018

Akademischer Lehrer, Sedimentologe, Forschungstaucher, Regionalgeologe, Netzwerker, Geokommunikator, Bundesverdienstkreuzträger oder einfach nur ein feiner Mensch. Studium der Geologie in Tübingen, Forschungsaufenthalte in Washington, dort auch Promotion, Feldarbeiten am Great Barriere Reef, Untersuchungen in den Dry Valleys in Antarktika, mehrere Forschungsprojekte in Ostafrika, teils auch schon aus der TU Berlin heraus, hier auch Habilitation und schließlich die Professur im Fachgebiet Sedimentologie und Quartärgeologie.

Das erfüllte Leben von Johannes H. Schroeder lässt sich nicht in wenigen Schlagworten würdigen. Er war nicht nur Geologe aus Leidenschaft, sondern ein mitreißender Gestalter, der auch andere zu begeistern wusste.

Wer sein bis zuletzt gewachsenes Lebenswerk sieht, glaubt kaum, dass er schon 2004 emeritiert wurde. Zu gegenwärtig ist uns sein Wirken auch lange nach seiner Pensionierung an *seiner* TU Berlin – und in den zumeist selbst initiierten Geonetzwerken, die sich über ganz Deutschland spannten. Doch seine Sternstunden erlebte und gestaltete er mit dem Zusammenwachsen der Geowissenschaftler aus Ost und West. Unvergessen sein Wirken als kreativer, sich nicht in den Vordergrund spielender Moderator, als gestaltender



Wissenschaftler, der auch zuhören und adaptieren konnte und schließlich als integre Persönlichkeit, die auch von den stärksten Individualisten geachtet wurde. Johannes H. Schroeder hat diesen hohen Ansprüchen in mustergültiger Form entsprochen. Nicht zuletzt hierfür hat ihm der Bundespräsident das Verdienstkreuz 1. Klasse der Bundesrepublik Deutschland verliehen.

Es ist ein gutes Zeichen für die Nachhaltigkeit seines Wirkens, das der bereits 1991 gegründete Verein *Geowissenschaftler von Berlin und Brandenburg e. V.* auch heute noch eine wichtige Rolle spielt; JHS hat ihn im Zusammenwirken mit seinen Vorstandskollegen rechtzeitig zu einer regionalen Instanz von Brandenburg und Berlin weiterentwickelt. Die von ihm herausgegebene Buchreihe *Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg* mit 10 Bänden und insgesamt 3 Nachauflagen ist ein einzigartiges Abbild seines wissenschaftlichen Schaffens und seiner Fähigkeit als stimulierender Koordinator.

Bereits mit dem 1992 erschienenen ersten Führer zur Struktur Rüdersdorf begann eine fruchtbringende langjährige Zusammenarbeit mit dem damaligen Landesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe Brandenburg. Der Veröffentlichung der Exkursionsführer gingen jeweils eine Vortragsveranstaltung und eine Exkursion am 1. Mai voraus, meist verbunden mit umfangreichen Vorarbeiten für die zu befahrenden Aufschlüsse und zu beschreibenden Exkursionspunkte. Auch wenn es manchmal schwerfiel – die Ergebnisse in Form der handlichen Büchlein mit umfangreichem geowissenschaftlichen Inhalt können sich sehen lassen und wurden und werden als Geschenke gern weitergereicht. Besonders die ost- und südbrandenburgische Region konnte mit den insgesamt 7 erschienenen Führern von dieser Form der Sichtbarmachung regionaler geowissenschaftlicher Besonderheiten profitieren.

Nicht zu vergessen seine späte große Leidenschaft – die *Steine in der Stadt!* Er ist nicht nur der Hauptgründer des gleichnamigen Netzwerkes, er hat ihm eine Struktur und ein Gesicht gegeben und um Öffentlichkeitswirksamkeit gerungen; zusammen mit vielen Mitstreitern entstanden auch hier unverwechselbare Publikationen, die von einem dynamischen und mit Leben erfüllten Netzwerk künden.

Nicht unerwähnt sein darf seine engagierte fachliche Unterstützung für Geoparks, Geomuseen, geologische Fachausstellungen, seine Tagungsleitungen und vor allem seine Gabe, unterschiedliche Fachleute, Künstler und neugierige Menschen zusammenzubringen.

Mit dem Tod von Johannes H. Schroeder verlieren die Geowissenschaften Deutschlands nicht nur einen herausragenden Wissenschaftler und Organisator, sondern auch einen liebenswerten, humorvollen und liebenswürdigen Menschen. Er wird uns sehr fehlen.

Werner Stackebrandt,  
Angela Ehling,  
Angelika Seidemann,  
Jaqueline Strahl

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	25 (2018), 1/2	S. 17–26	9 Abb., 6 Zit.
------------------------------	---------	----------------	----------	----------------

## Eine Karte des zu erwartenden mittleren höchsten Grundwasserstandes für das Warschau-Berliner Urstromtal und das Panketal in Berlin

### Map of the expected mean highest groundwater level for the Warschau-Berlin glacial valley and the Panke valley in Berlin

ULRIKE HÖRMANN, ALEXANDER LIMBERG & HARTMUT VERLEGER

#### 1 Einführung und Problemstellung

Um eine praktikable und zuverlässige Grundlage für die Planung von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser zu erhalten, wurde die Karte des zu erwartenden mittleren höchsten Grundwasserstandes (zeMHGW) für das Warschau-Berliner Urstromtal und das Panketal in Berlin für die Arbeitsgruppe Landesgeologie der Senatsverwaltung erstellt und anschließend im digitalen Umweltatlas veröffentlicht.

Bisher wurde der mittlere höchste Grundwasserstand (MHGW) in Berlin als Bemessungsgrundwasserstand für Versickerungsanlagen genutzt, der als Mittelwert aus den Jahreshöchstwerten der in einer Messstelle beobachteten Grundwasserstände berechnet wird.

Entsprechend DWA-A 138 (2005) sollte eine Sickerstrecke von mindestens 1 m von der Sohle der Versickerungsanlage zum MHGW eingehalten werden, um die Filterwirkung in der belebten Bodenzone und damit den Schutz des Grundwassers vor Verunreinigungen zu gewährleisten (Abb. 1). Voraussetzung für eine statistisch sichere Aussage zum MHGW ist, dass eine Messreihe von ausreichender Beobachtungsdauer und -frequenz für die Berechnung vorliegt. Sofern für den Standort keine entsprechenden Daten zur Verfügung stehen, kann der MHGW ggf. auch mit den Daten umliegender Grundwassermessstellen interpoliert werden.

In diesem Zusammenhang ist relevant, dass in weiten Teilen des Landes z. T. starke anthropogene Beeinflussungen der Grundwasserstände gegeben sind, die sowohl zu Absenkungen als auch zu Anhebungen führten. Zeitweise oder dauerhafte Eingriffe, wie z. B. die Förderung oder Anreicherung von Grundwasser zur Trinkwasserversorgung, Wasserhaltungen im Rahmen von Bautätigkeiten, aber auch die Anlage von Drainagegräben in einigen Ortsteilen sowie wasserbauliche Vorhaben an Oberflächengewässern oder Oberflächenversiegelungen und Erschließungsmaßnahmen mit Regenwasserkanalisation in der Innenstadt, haben die natürlichen Grundwasserverhältnisse mit unterschiedlicher Intensität verändert. Ob die gemessenen Jahreshöchstgrundwasserstände künstlich überprägt wurden und in welchem

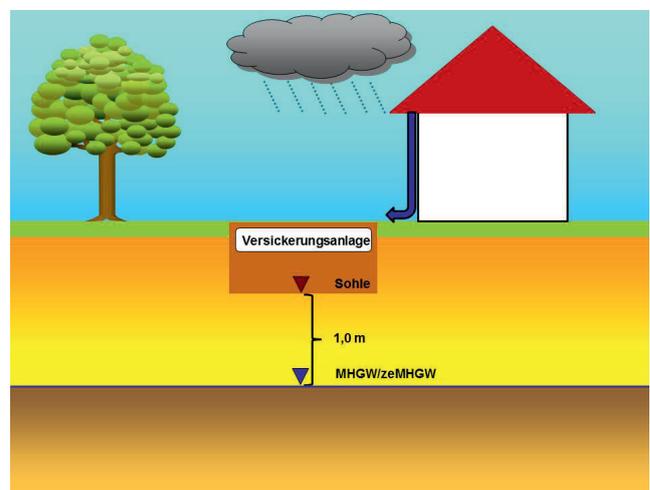


Abb. 1: Mindestabstand von der Sohle der Versickerungsanlage zum mittleren höchsten Grundwasserstand/zu erwartenden mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW/zeMHGW)

Fig. 1: Minimum distance between the bottom of the percolation facility and the mean highest groundwater level/expected mean highest groundwater level (MHGL/EMHGL)

Ausmaß, ist demzufolge teilweise kaum abzuschätzen. Hinzu kommt auch, dass in der Grundwasserdatenbank des Landes sehr unterschiedliche Messzeiträume, die im Stadtzentrum bis 1869 zurückreichen, in den randlichen Gebieten aber auch nur wenige Jahre umfassen können, und variierende zeitliche Auflösungen mit früher meist monatlichen und heute im allgemeinen täglichen Messungen archiviert sind. Für die Berechnung des MHGW sind jedoch nur unbeeinflusste Grundwasserstände einer langjährigen Messreihe mit repräsentativer Häufigkeit für den Jahresgang maßgebend, da wahrscheinlich ist, dass sie auch zukünftig eintreten können.

Die Auswahl der Messwerte als belastbare Eingangsgrößen für die Berechnung des MHGW war aufgrund der zahlreichen möglichen anthropogenen Eingriffe und unterschied-

lichen Charakteristika der Messreihen auch für Fachleute häufig sehr zeit- und arbeitsaufwändig und in Bereichen mit langfristig abgesenkten Grundwasserständen nicht durchführbar. Relativ einfache Beispiele zeigen die temporär künstlich überprägten Ganglinien von drei Grundwassermessstellen im Urstromtal in der Abbildung 2. Während die Grundwasserstandsganglinie der Messstelle 137 bereits ab etwa 1980 einen relativ unbeeinflussten Verlauf aufweist, ist das Ende der Beeinflussung durch Grundwasserentnahmen in den 1990er Jahren für die Messstellen 5476 und 8979 nicht eindeutig festzulegen.

Um eine effiziente und transparente Arbeitsgrundlage zu schaffen, wurde daher die Karte des zeMHGW entwickelt. Unter Berücksichtigung der natürlichen und dauerhaft künstlich veränderten Randbedingungen wie z. B. der Wasserdurchlässigkeit des Bodens, der Stauhaltungen des Fließgewässer etc. und einer den aktuellen Verhältnissen entsprechenden Grundwasserneubildung wird der zeMHGW wie folgt definiert:

„Der zu erwartende mittlere höchste Grundwasserstand (zeMHGW) ist derjenige, der als Mittelwert der Jahreshöchstwerte einer langjährigen Grundwasserstandsganglinie zukünftig zu erwarten ist, sofern der Grundwasserstand in der Umgebung durch künstliche Eingriffe weder abgesenkt noch aufgehört wird.“

Aktuell ist die Karte des zeMHGW für das Urstromtal und das Nebental der Panke fertig gestellt (s. Abb. 3) und mit entsprechenden Erläuterungen zur Methodik, Datengrund-

lage etc. seit August 2016 im Umweltatlas der Senatsverwaltung auch online verfügbar (<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i220.htm>).

Der obere Grundwasserleiter beider hydrogeologischer Einheiten zeichnet sich durch gut wasserdurchlässige, sandige und kiesige Lockersedimente und geringe Flurabstände aus. Der in einer Erosionsrinne auf der Barnim-Hochfläche über dem bedeckten gespannten Hauptgrundwasserleiter ausgebildete Panketalgrundwasserleiter erreicht nur eine geringe Mächtigkeit, die selten 10 m überschreitet. Im Südwesten verzahnt sich der Panketalgrundwasserleiter mit dem deutlich mächtigeren, intensiv wasserwirtschaftlich genutzten Hauptgrundwasserleiter des Warschau-Berliner Urstromtals. Da die bindigen Sedimente der Grundmoräne der Barnim-Hochfläche in diesem Übergangsbereich auskeilen, liegen komplizierte und kleinteilig wechselnde Lagerungsverhältnisse vor, die hydraulisch schwierigere Rahmenbedingungen begründen.

## 2 Methode

Das Warschau-Berliner Urstromtal und das Panketal unterscheiden sich hinsichtlich des hydrogeologischen Schichtaufbaus, der wasserwirtschaftlichen Nutzung des obersten Grundwasserleiters und nicht zuletzt auch hinsichtlich der Datenlage über die geohydraulischen Verhältnisse durchaus deutlich voneinander. Bei der Bearbeitung stellte

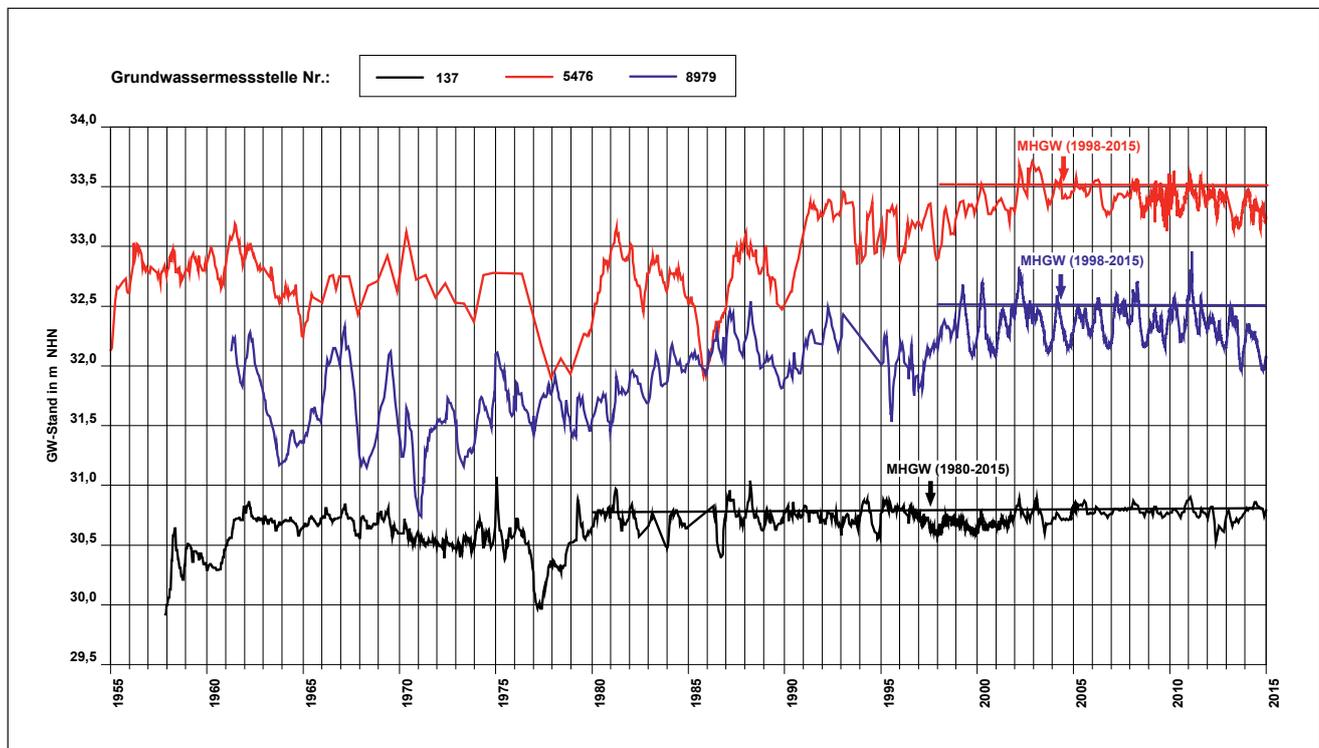


Abb. 2: Grundwasserstandsganglinien von Messstellen im Warschau-Berliner Urstromtal mit MHGW-Werten in Zeiträumen mit nicht oder nur geringfügigen künstlichen Beeinflussungen

Fig. 2: Groundwater hydrographs from measuring points in the Warschau-Berlin glacial valley with MHGL values for periods with apparently no or only little artificial influence

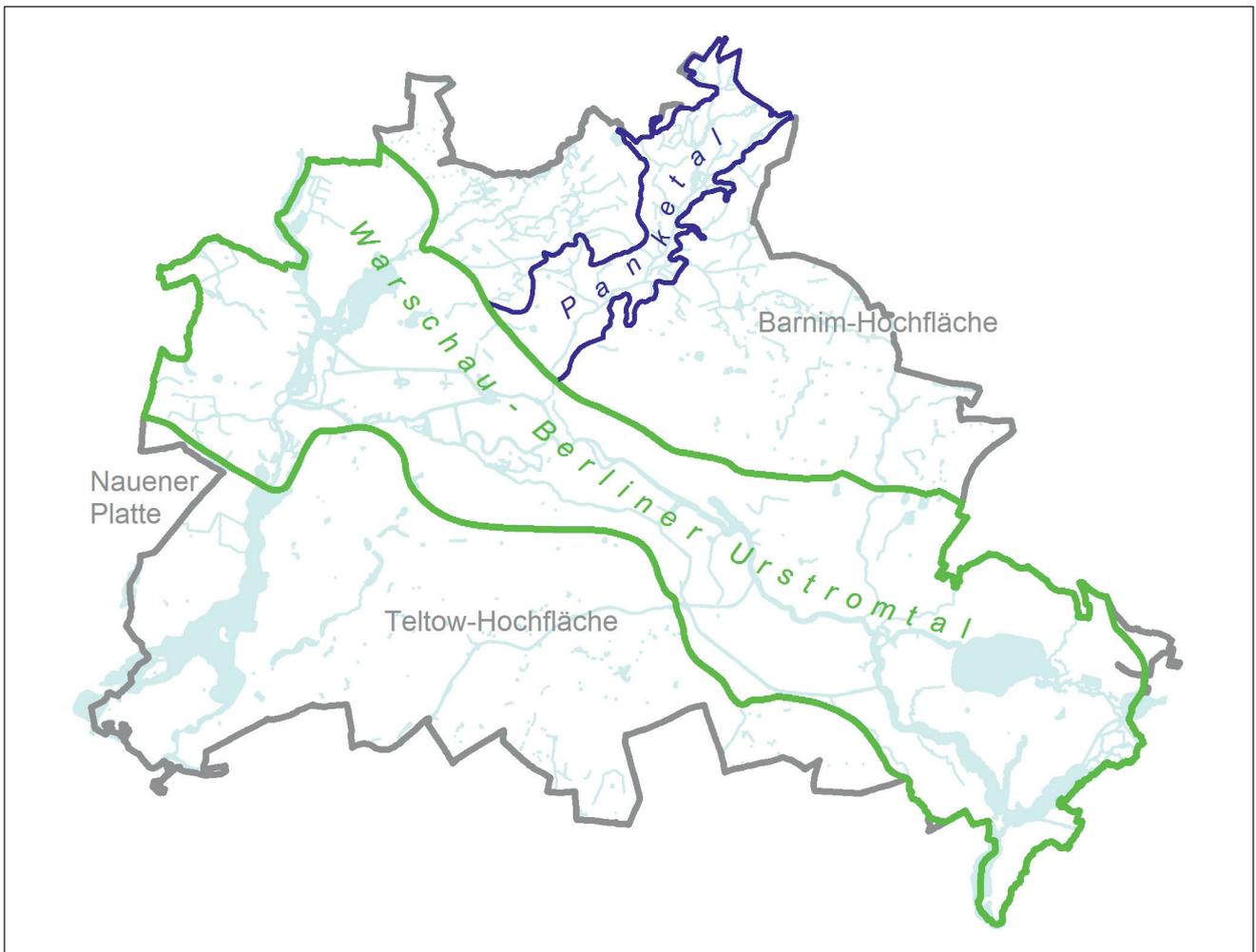


Abb. 3: Gültigkeitsbereiche der zeMHGW-Karten für das Warschau-Berliner Urstromtal (grün) und das Panketal (blau)  
 Fig. 3: Area of validity of the EMHGL maps for the Warschau-Berlin glacial valley (green) and the Panke valley (blue)

es sich daher als zweckmäßig heraus, auch unterschiedliche Methoden anzuwenden. So war auch schon bei der Entwicklung der Karten des zu erwartenden höchsten Grundwasserstands (zeHGW) verfahren worden. In beiden Fällen bildeten diese Karten die Grundlage für die zeMHGW-Karten, womit gewährleistet werden konnte, dass der auf den Karten ausgewiesene zeMHGW – definitionsgemäß – immer niedriger als der zeHGW ist.

## 2.1 Warschau-Berliner Urstromtal

Für das Gebiet des Warschau-Berliner Urstromtals ist die zeMHGW-Karte mit Hilfe eines numerischen Grundwasserströmungsmodells berechnet worden. Das war deshalb erforderlich, weil wegen der langen, z. T. starken anthropogenen Beeinflussung der Grundwasseroberfläche die Berechnung einer solchen Karte nur auf der Grundlage gemessener und daraus berechneter mittlerer Grundwasserstände im Sinne der o. g. zeMHGW-Definition nicht möglich ist.

Die Grundlage für das zeMHGW-Modell bildet das Modell, mit dem bereits die Karte des zeHGW entwickelt worden ist. Dieses Modell ist in LIMBERG et al. (2010) beschrieben und wird hier zusammengefasst.

Das numerische Modell, für das das Programmsystem MODFLOW verwendet wurde, ist so angelegt, dass es die gesamte Fläche Berlins umfasst (Abb. 4).

Das Gebiet des Warschau-Berliner Urstromtals ist vertikal in mehrere Modellschichten unterteilt, von denen die oberste (Modellschicht 1) für den – hier im Regelfall ungespannten – Hauptgrundwasserleiter steht, dessen zeMHGW berechnet werden soll (s. Abb. 5).

Horizontal ist das Modell in Rechteckzellen unterteilt. Die Zellgröße variiert zwischen 50 x 50 und 100 x 100 m.

Dieses Strömungsmodell ist durch hydraulisch stationäre Berechnungen kalibriert und verifiziert worden. Hierzu wurden im Jahr 2004 (Kalibrierung) und im Jahr 2001 (Verifizierung) gemessene Grundwasserstände benutzt. Zur Kalibrierung standen die Daten von 780 Grundwassermessstellen im Warschau-Berliner Urstromtal zur Verfügung, für die Verifizierung 615 Grundwassermessstellen. Verwendet wurden jeweils die Jahresmittelwerte von bis zu 365 Einzelmes-

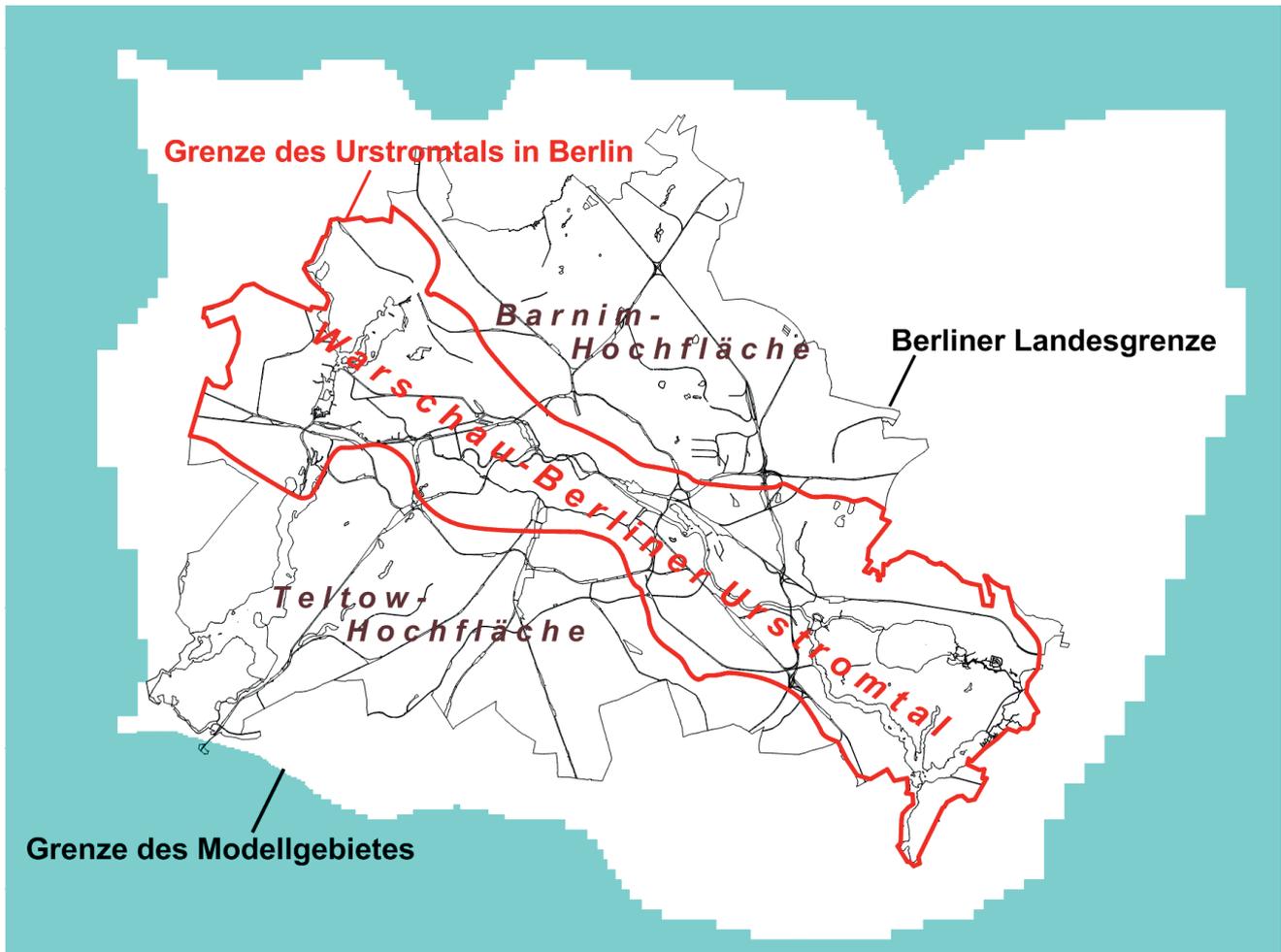


Abb. 4: Gebiet des numerischen Grundwasserströmungsmodells  
 Fig. 4: Area of the groundwater flow model

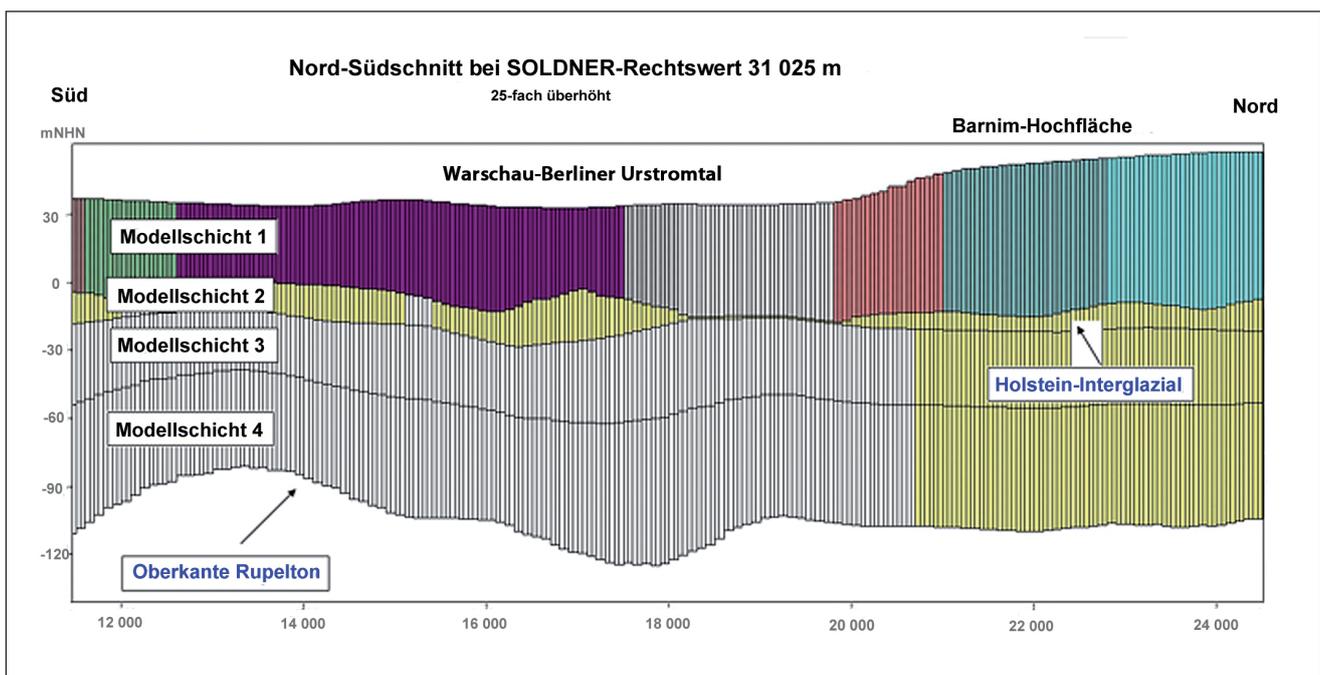


Abb. 5: Nord-Süd-Schnitt mit vertikaler Diskretisierung des numerischen Grundwasserströmungsmodells  
 Fig. 5: North-South section with vertical discretisation of the numerical groundwater flow model

sungen. Mit Hilfe gemessener höchster Grundwasserstände ist das darauf basierende zeHGW-Modell mit sehr gutem Erfolg plausibilisiert worden.

Zur rechnerischen Simulation des zeMHGW sind gegenüber der des zeHGW die Randbedingungen Grundwasserneubildung und Spiegelhöhen der Vorflutgewässer (Spree, Havel und ihre Nebengewässer) verändert worden. Entsprechend der Zielstellung sind als Spiegelhöhen mittlere höchste Wasserstände (MHW) vorgegeben worden. Zur Ermittlung der MHW wurden die Zeitreihen 1960 bis 2009 verwendet. Die langjährige mittlere Grundwasserneubildung und ihre örtliche Verteilung im stark urban geprägten Berliner Stadtgebiet sind trotz aufwändiger Ermittlungsverfahren nicht bis ins letzte Detail bekannt. Von derjenigen, die zusammen mit den Vorflutspiegeln den mittleren höchsten Grundwasserstand hervorruft, kann lediglich gesagt werden, dass sie kleiner als diejenige im Fall des höchsten Grundwasserstandes sein muss. Deshalb sind Berechnungen mit unterschiedlich verminderter Grundwasserneubildung durchgeführt worden. Ziel war hierbei eine möglichst gute Anpassung an mittlere höchste Grundwasserstände, die aus Standrohrspiegelhöhen von Grundwassermessstellen berechnet worden sind, die durch

Grundwasserentnahmen oder -einleitungen möglichst nicht beeinflusst sind.

Aus mehreren tausend Ganglinien von vorhandenen aber auch heute nicht mehr existierenden Grundwassermessstellen, über die bis 2010 bei der Landesgeologie Daten vorlagen, wurden in mehreren Schritten 103 geeignete herausgefiltert. Es handelt sich um Ganglinien, die folgende Kriterien erfüllen:

- Filterstrecke der Grundwassermessstellen im Hauptgrundwasserleiter,
- Erfassung des Grundwasserstandes mindestens in den letzten zehn Jahren vor 2010,
- keine Messlücken von über einem halben Jahr in dem Zeitraum, für den der mittlere höchste Grundwasserstand berechnet wird und
- keine erkennbaren unnatürlich großen Schwankungen im betrachteten Zeitraum.

Die Lage der Grundwassermessstellen, deren MHGW-Werte als Zielwerte bei der Modellierung benutzt wurden, ist in der Abbildung 6 dargestellt. Allen Modellrechnungen ist gemäß der zeMHGW-Definition – wie der zeHGW-Definition – gemein, dass weder Grundwasserentnahmen noch -einleitungen stattfinden.

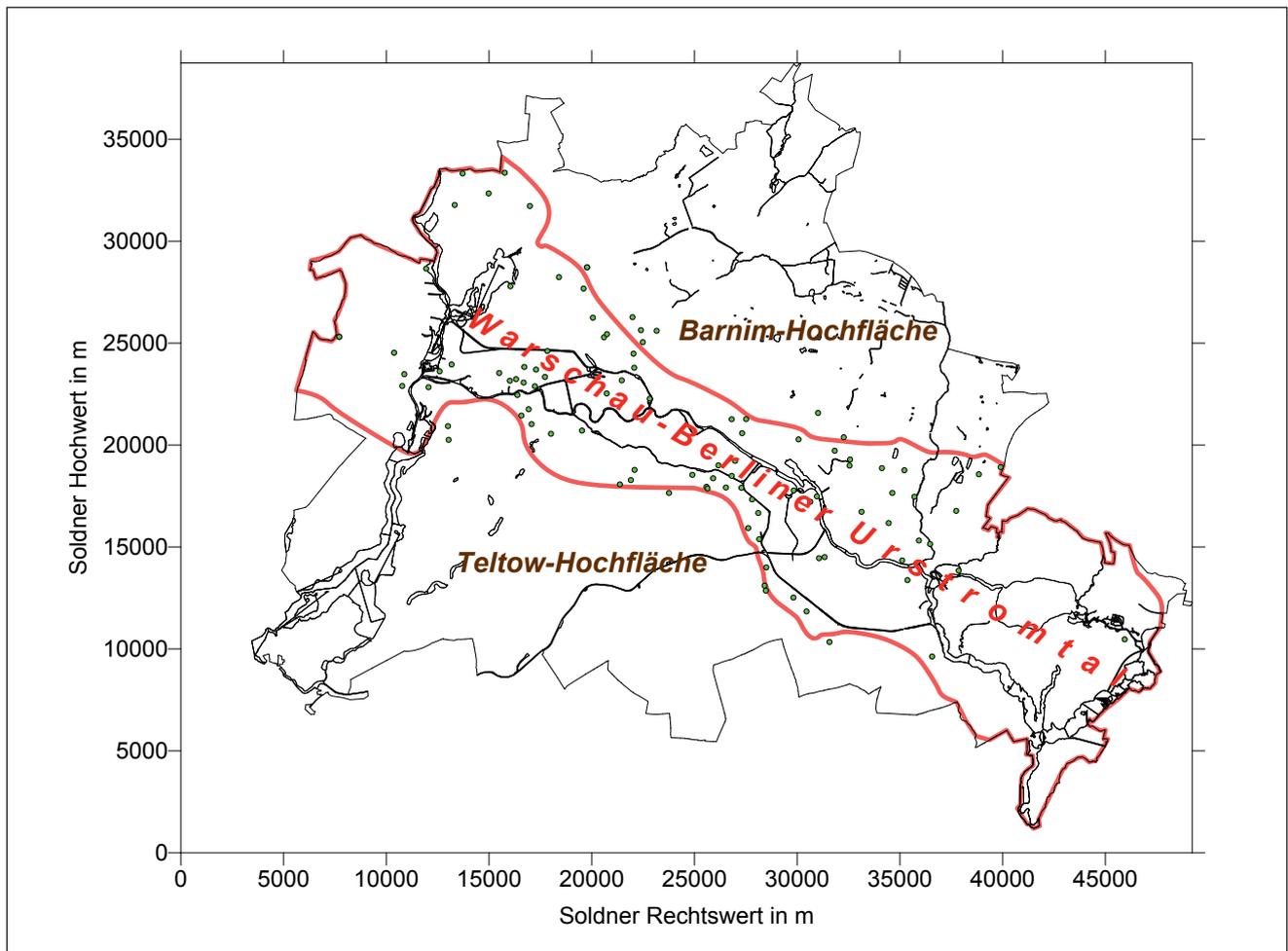


Abb. 6: Lage der 103 zur zeMHGW-Modellanpassung benutzten Grundwassermessstellen (grüne Punkte)

Fig. 6: Location of the 103 groundwater measuring points used for the EMHGL model adaptation (green dots)

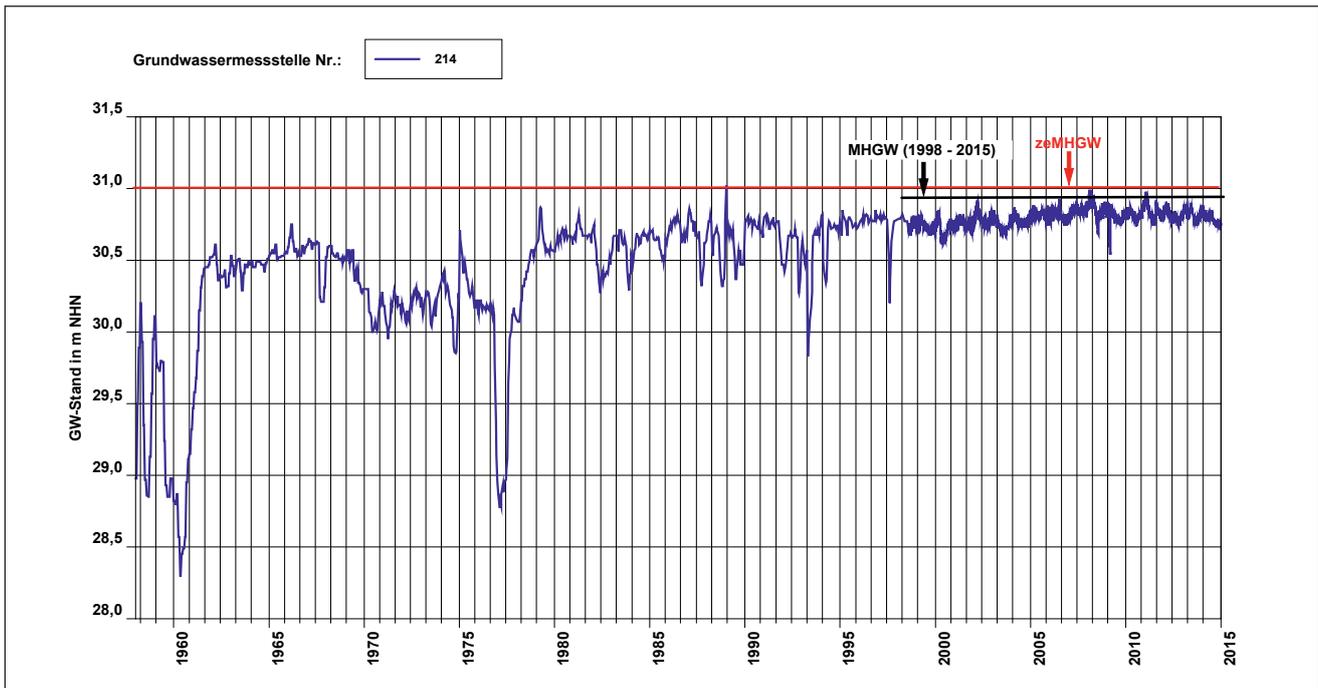


Abb. 7: Ganglinie der Grundwassermessstelle 214 mit eingetragenem mittlerem höchstem Grundwasserstand (MHGW) für den Zeitabschnitt 1998 bis 2015 und modelliertem zu erwartenden höchstem Grundwasserstand (zeMHGW)

Fig. 7: Hydrograph of the groundwater measuring point 214 with recorded mean highest groundwater level (MHGL) for the period 1998 to 2015 and modelled expected mean highest groundwater level (EMHGL)

Die Grundwasseroberfläche der Berechnungsvariante mit der besten Anpassung an diese Zielwerte entspricht der zeMHGW-Karte. Als Beispiel ist in der Abbildung 7 die Ganglinie der Grundwassermessstelle 214 mit dem MHGW für den Zeitraum 1998 bis 2015 und dem modellberechneten zeMHGW wiedergegeben. Hier liegt der zeMHGW 0,13 m über dem MHGW.

Im Jahr 2014 erfolgte eine Aktualisierung des Grundwasserströmungsmodells für den zeMHGW, da partielle Überarbeitungen im östlichen Bereich des zeHGW-Modells durchgeführt wurden. Somit sind auch Messreihen bis 2014 berücksichtigt.

## 2.2 Panketal

Als Basis für die Entwicklung der Karte des zeMHGW im Bereich des Panketals und seines Übergangs zum Warschau-Berliner Urstromtal stand keine zeHGW-Karte zur Verfügung, die mit einem geeigneten Grundwasserströmungsmodell berechnet worden war. Die zeHGW-Karte ist hier aus mit Zuschlägen versehenen HGW-Werten von insgesamt 105 Grundwassermessstellen unter Benutzung des Programms SURFER berechnet worden.

Der Grund hierfür war, dass – anders als im Urstromtal – einerseits die Datenlage für ein numerisches zeHGW-Modell als nicht hinreichend beurteilt wurde und andererseits keine maßgebliche anthropogene Beeinflussung der Grundwasseroberfläche durch größere langfristige Grundwasserförderungen, etwa durch Wasserwerke, stattgefunden hat.

Um auszuschließen, dass die zeMHGW-Karte keine Widersprüche zur zeHGW-Karte aufweist (definitionsbedingt muss der zeMHGW überall unter dem zeHGW liegen), ist sie in analoger Weise angefertigt worden. Als Stützpunkte dienten dieselben Grundwassermessstellen wie für die zeHGW-Karte.

Das methodische Vorgehen bei der Entwicklung der zeMHGW-Karte gliederte sich in folgende Schritte:

- Ganglinienanalyse,
- statistische Auswertungen der Grundwasserstände,
- Festlegung der zeMHGW-Werte für 105 Grundwassermessstellen und
- Berechnung der zeMHGW-Verteilung und Kartendarstellung.

Die Ganglinienanalyse ergab, dass die Grundwasserstände vor 1990 zum großen Teil zu stark künstlich beeinflusst sind, als dass ein MHGW, bei dessen Berechnung auch diese Daten berücksichtigt werden, als zu erwartender mittlerer höchster Grundwasserstand angesehen werden kann. Auch bei der zeHGW-Karte sind die Daten vor 1990 aus Gründen der starken Beeinflussung nicht berücksichtigt worden. Ferner lassen die Ganglinien ab Anfang der 2000er Jahre tendenziell höhere Grundwasserstände erkennen als in den 1990er Jahren, was auch statistisch belegt werden kann.

Die Abbildung 8 zeigt als Beispiel die Ganglinie der Grundwassermessstelle Nr. 293 mit den MHGW-Werten für den gesamten betrachteten Zeitraum von 1990 bis 2014

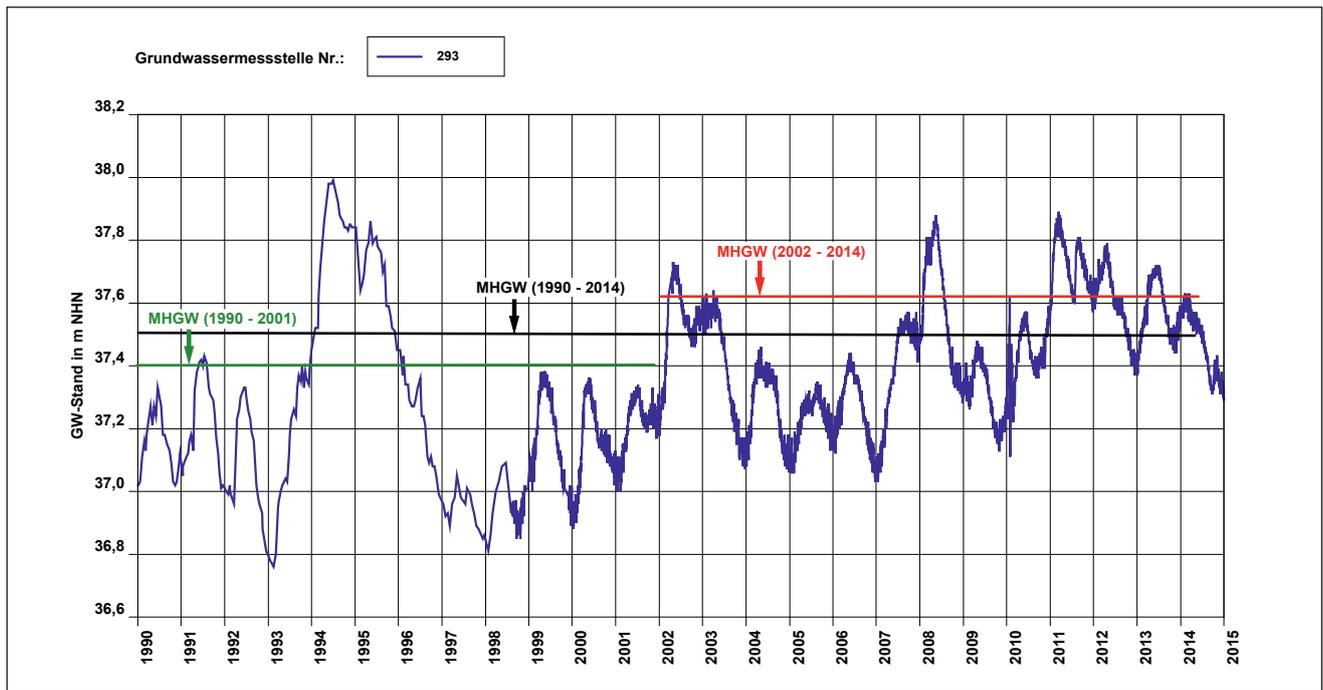


Abb. 8: Ganglinie der Grundwassermessstelle Nr. 293 mit den MHGW-Werten für die Zeiträume 1990 bis 2014 (schwarz), 1990 bis 2001 (grün) und 2002 bis 2014 (rot)

Fig. 8: Hydrograph of the groundwater measuring point no. 293 with the MHGL values for the periods 1990 to 2014 (black), 1990 to 2001 (green) and 2002 to 2014 (red)

(MHGW90-14), für den von 1990 bis 2001 (MHGW90-01) und den von 2002 bis 2014 (MHGW02-14). Typisch ist, dass der MHGW für den Zeitraum von 2002 bis 2014 deutlich höher ist als der für den Zeitraum von 1990 bis 2001 und ferner, dass der Gang des Grundwasserstands durch meist tägliche Messungen besser belegt ist. Aus diesen Gründen wurden für die Berechnung der zeMHGW-Karte nur die MHGW-Werte des Zeitraums 2002 bis 2014 verwendet.

Von den insgesamt 105 Grundwassermessstellen, auf denen die Karte des zeHGW beruht, existierten bis 2014 noch 67. Das heißt, für 38 Messstellen liegen keine oder nicht hinreichende Grundwasserstandsdaten vor, um daraus den benötigten MHGW für den Zeitraum 2002 bis 2014 berechnen zu können, aber wohl für den Zeitraum 1990 bis 2001, zumindest mit einigen Einschränkungen (z. B. geringere Messhäufigkeit). Um ein genauso dichtes Stützstellennetz wie für die zeHGW-Karte zu erhalten, sind die MHGW dieser 38 Messstellen für den Zeitraum 2002 bis 2014 geschätzt worden. Mit Hilfe von Korrelationsanalysen zwischen verschiedenen, aus den Ganglinien gewonnenen Größen wurde eine signifikante Beziehung zwischen dem zeMHGW für den Zeitraum 2002 bis 2014 ( $zeMHGW_{02-14}$ ), dem Mittelwert der Messwerte zwischen 1990 und 2001 ( $MGW_{90-01}$ ) und der Standardabweichung der Messwerte zwischen 1990 und 2001 ( $s_{90-01}$ ) gefunden.

Unter Berücksichtigung eines gewählten Zuschlags von 20 cm, der den in diesem Verfahren liegenden Unsicherheiten Rechnung tragen soll, ergibt sich folgende Formel zur Berechnung des gesuchten  $zeMHGW_{02-14}$ :

$$zeMHGW_{02-14} = 2,43 * s_{90-01} + 0,13 + MGW_{90-01} \text{ mit}$$

- $zeMHGW_{02-14}$  = gesuchter zu erwartender mittlerer höchster Grundwasserstand
- $s_{90-01}$  = Standardabweichung der Messwerte zwischen 1990 und 2001 und
- $MGW_{90-01}$  = Mittelwert der Messwerte zwischen 1990 und 2001.

Nach dieser Methode sind die MHGW-Werte für die o. g. 38 Grundwassermessstellen rechnerisch geschätzt worden. Damit liegen, wie angestrebt, MHGW-Werte für 105 Messstellen vor.

Auf der Grundlage dieser 105 MHGW-Werte und weiteren 15 Stützpunkten, die an der Grenze zur zeMHGW-Karte für das Urstromtal vorgegeben wurden, um einen widerspruchsfreien Anschluss zu dieser Karte zu gewährleisten, ist die Verteilung des zeMHGW ohne Berücksichtigung der Oberflächengewässer mit Hilfe des Programmsystems Surfer berechnet und in Form von Linien gleichen zeMHGW dargestellt worden. Die Berechnungsmethode ist dieselbe, wie sie bei der aktuellen Grundwassergleichkarte (HANNAPPEL et al. 2007) benutzt wird.

### 3 Kartenbeschreibung

Die zeMHGW-Karte für das Warschau-Berliner Urstromtal und das Panketal umfasst gut die Hälfte der Fläche des Landes Berlin. Die Abbildung 9 zeigt die Karte in verein-

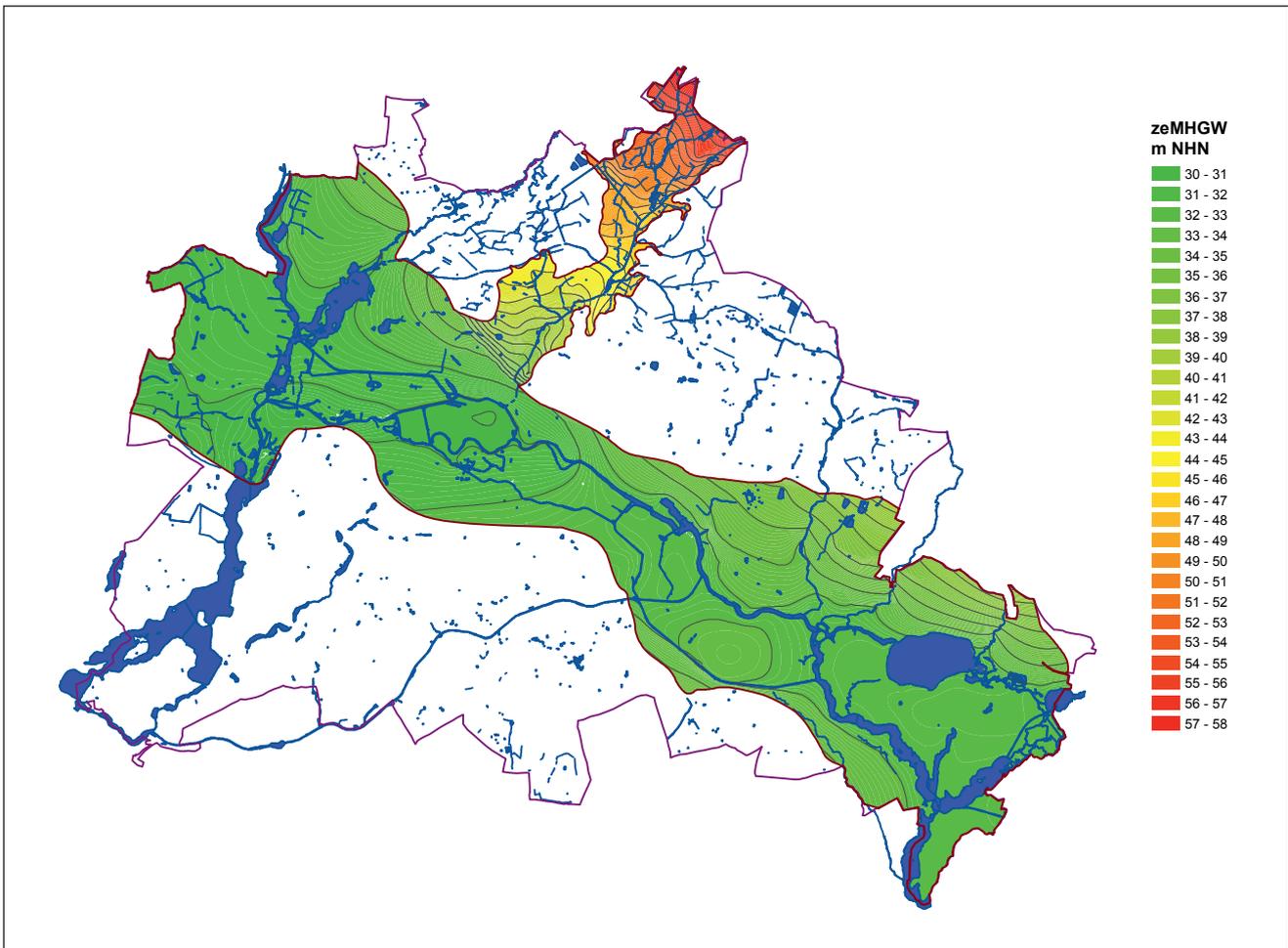


Abb. 9: Karte des zu erwartenden mittleren höchsten Grundwasserstandes für das Warschau-Berliner Urstromtal und das Panketal

Fig. 9: Map of the expected mean highest groundwater level for the Warschau-Berlin glacial valley and the Panke valley

fachter Form. Auf der im Internet veröffentlichten Karte (<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/i220.htm>) ist der zeMHGW durch Linien gleicher Höhe in m über NNN dargestellt, wobei der Höhenabstand der Grundwassergleichen 0,1 m beträgt. Die Karte zeigt damit die Grundwasseroberfläche für den zeMHGW des in diesem Gebiet überwiegend ungespannten Hauptgrundwasserleiters bzw. seine Druckfläche im gespannten Fall und des ungespannten Panketalgrundwasserleiters. Im Urstromtal ist es der Grundwasserleiter (GWL) 1.3 und GWL 2, im Panketal ist es der GWL 1.2 gemäß Grundwasserleiter-Nomenklatur nach LIMBERG & THIERBACH (2002).

Aus dem Verlauf der Höhenlinien ist gut zu erkennen, dass Spree und Havel mit ihren Nebengewässern die Vorflut für das oberflächennahe Grundwasser bilden. Die Grundwasserfließrichtung verläuft senkrecht zu den Höhenlinien vom höheren zum tieferen Niveau. Der zeMHGW variiert insgesamt zwischen ca. 58 m NNN im nördlichen Panketal an der Landesgrenze und 30,5 m NNN in der Nähe der kanalisierten Unterhavel in Spandau. Die engere Scharung der Höhenlinien im Panketal zeigt hier erwartungsgemäß ein größeres Gefälle des Grundwassers als im Urstromtal

an. Der Verlauf der zeMHGW-Isolinien liefert damit ein plausibles Bild für den Fall, dass weder Grundwasserentnahmen noch künstliche Grundwasseranreicherungen stattfinden.

Auf der im Internet aufrufbaren digitalen Karte kann der zeMHGW-Wert für einen bestimmten Ort oder ein Grundstück per Maus-Klick auf dem Bildschirm angezeigt werden. In den Erläuterungen wird eine Reihe von Hinweisen zur Benutzung der Karte gegeben. Ferner sind auf der Karte die Trinkwasserschutzzonen der Berliner Wasserwerke eingetragen, in denen besondere Bestimmungen hinsichtlich der Planung von Versickerungsanlagen gelten.

#### 4 Ausblick

Für den Bereich des Warschau-Berliner Urstromtals und des Panketals in Berlin steht seit 2016 erstmals eine Karte zur Verfügung, der der zeMHGW für die Planung und Bemessung von Versickerungsanlagen für Niederschlagswasser, aber auch für andere geotechnische Zwecke unmittelbar entnommen werden kann. Damit entfallen für dieses Ge-

biet für den Planer entsprechende zeitaufwändige und kostenpflichtige Anfragen bei der Landesgeologie Berlin und dort die mitunter aufwändigen Arbeiten zur Ermittlung des zeMHGW.

Aufgrund der bisher gemachten positiven Erfahrungen soll auch für die Hochflächegebiete in Berlin (Barnim-Hochfläche, Teltow-Hochfläche, Nauener Platte) in den nächsten Jahren die zeMHGW-Karte weiterentwickelt und im Internet veröffentlicht werden.

### Zusammenfassung

Für das Warschau-Berliner Urstromtal und das Panketal in Berlin wurde eine Karte des zu erwartenden mittleren höchsten Grundwasserstandes (zeMHGW) entwickelt, deren Informationen hauptsächlich für die Planung und den Bau von Anlagen zur Niederschlagswasserversickerung benötigt werden. Aufgrund der spezifischen Datenlage, wasserwirtschaftlichen Nutzung und hydrogeologischen Verhältnisse wurden basierend auf der Methodik zur Berechnung der jeweiligen zeHGW-Karte für die beiden Einheiten unterschiedlich vorgegangen.

Mit dem numerischen Grundwasserströmungsmodell für das Warschau-Berliner Urstromtal wurden unter Berücksichtigung der aus langjährigen Messreihen abgeleiteten, mittleren höchsten Wasserstände der Vorfluter für verschiedene abgeschätzte Grundwasserneubildungsraten Berechnungen durchgeführt. Ziel war es, eine gute Anpassung an mittlere höchste Grundwasserstände von 103 repräsentativen Messstellen zu erreichen, die im Hauptgrundwasserleiter verfiltert sind und Grundwasserstandsmessungen ohne relevante Messlücken oder erkennbar unnatürlich große Schwankungen seit 2000 aufweisen. Die Berechnungsvariante mit der besten Anpassung an diese Zielwerte ergab die Grundwasseroberfläche der zeMHGW-Karte für das Warschau-Berliner Urstromtal.

Für die zur Berechnung der zeMHGW-Karte im Panketal und Übergangsbereich zum Urstromtal verwendeten Messstellen wurden von 2002 bis 2014 höhere mittlere Grundwasserstände als für den Zeitraum ab 1990 festgestellt. Da auch eine höhere Messfrequenz vorlag, erfolgte eine entsprechende Einschränkung bei der Erstellung dieser zeMHGW-Karte. Für Messstellen, deren Messreihe nicht bis 2014 reichte, musste hierbei eine rechnerische Abschätzung des zeMHGW-Wertes vorgenommen werden. Unter ergänzender Berücksichtigung von Stützstellen an der Grenze zum Warschau-Berliner Urstromtal konnte dann die zeMHGW-Karte für das Panketal und den Übergangsbereich zum Urstromtal interpoliert werden.

In Ergänzung zu der bereits seit längerer Zeit für das Warschau-Berliner Urstromtal und Panketal verfügbaren zeHGW-Karte, die hauptsächlich für die Bemessung von Bauwerken genutzt wird, steht mit der für beide Einheiten zusammengeführten zeMHGW-Karte nun eine weitere Dienstleistung der Landesgeologie für die Öffentlichkeit im Internet zur Verfügung.

### Summary

A map of the expected mean highest groundwater level (EMHGL) with necessary information for the planning and construction of percolation facilities was produced for the Warschau-Berlin glacial valley and the Panke valley in the Berlin area. Based on the methodologies for the calculation of the EHGL maps different procedures were applied for both units concerning the specific database, water management utilization and hydrogeological conditions.

Using the numerical groundwater flow model for the area of the Warschau-Berlin glacial valley calculations have been carried out. The mean highest water levels of the receiving waters derived from long-term measurement series and different estimated groundwater recharge rates were taken into account. It was the purpose to realize a good adaption to the mean highest groundwater levels of 103 representative measuring points, which have screens in the main aquifer and which have shown groundwater level measurements without relevant measurement gaps or discernible unnaturally large fluctuations since 2000. The groundwater surface of the computational variant with the best adaption to these target values correspond to the EMHGL map of the Warschau-Berlin glacial valley.

For the calculation of the EMHGL map in the Panke valley and the transition area to the Warschau-Berlin glacial valley measuring points were used which stated higher mean groundwater levels in the period from 2002 to 2014 than in the period beginning 1990. This and a higher measuring frequency resulted in a corresponding limitation of the EMHGL map. For measuring points, whose measurement series didn't reach the year 2014 a mathematical estimation of the EMHGL value had to be made. With regard to the sampling points at the border to the glacial valley the EMHGL map for the Panke valley and the transition area to the Warschau-Berlin glacial valley could be interpolated.

In addition to the already available EHGL map for the Warschau-Berlin glacial valley and the Panke valley principally used for the design of buildings the EMHGL map is now a further service of the Geological Survey offered to the public via internet.

### Literatur

DWA-A 138 (April 2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. – Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

HANNAPPEL, S., HÖRMANN, U. & A. LIMBERG (2007): Zeitnahe Erstellung digital verfügbarer Grundwassergleichenkarten im Rahmen des landesweiten Grundwassermanagements in Berlin. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung **51**, 5, S. 215–222

HÖRMANN, U. & H. VERLEGER (2016): Eine Karte des zu erwartenden höchsten Grundwasserstandes für das Panketal in Berlin. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **23**, 1/2, S. 3–9

LIMBERG, A., HÖRMANN, U. & H. VERLEGER (2010): Modellentwicklung zur Berechnung des höchsten Grundwasserstandes im Land Berlin. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **17**, 1/2, S. 23–37

LIMBERG, A. & J. THIERBACH (2002): Hydrostratigraphie in Berlin – Korrelation mit dem norddeutschen Gliederungsschema. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **9**, 1/2, S. 65–68

Verordnung über die Erlaubnisfreiheit für das schadloze Versickern von Niederschlagswasser (Niederschlagswasserfreistellungsverordnung - NWFreiV) vom 24. August 2001 (GVBl. S. 502), die zuletzt durch Verordnung vom 28. April 2016 (GVBl. S. 248) geändert wurde. Internet: <http://gesetze.berlin.de>

**Anschriften der Autoren:**

Dipl.-Geol. Ulrike Hörmann  
Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz  
Landesgeologie  
Brückenstr. 6, 10179 Berlin  
[ulrike.hoermann@senuvk.berlin.de](mailto:ulrike.hoermann@senuvk.berlin.de)

Dipl.-Geol. Alexander Limberg  
Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz  
Landesgeologie  
Brückenstr. 6, 10179 Berlin  
[alexander.limberg@senuvk.berlin.de](mailto:alexander.limberg@senuvk.berlin.de)

Prof. Dr. Hartmut Verleger  
Büro für Hydrogeologie und Geotechnik  
Niedstr. 21, 12159 Berlin  
[drverleger@aol.com](mailto:drverleger@aol.com)

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	25 (2018), 1/2	S. 27–37	8 Abb., 2 Tab., 7 Zit.
------------------------------	---------	----------------	----------	------------------------

# Speisung bedeckter Grundwasserleiter im norddeutschen Lockergestein – Eine Auswertung für Mecklenburg-Vorpommern

## Infiltration into confined aquifers in Northern Germany - an evaluation for Mecklenburg-Western Pomerania

HEIKO HENNIG & TORALF HILGERT

### Veranlassung und Projektidee

Im Lockergesteinsbereich erfolgt die Grundwasserneubildung nahezu ausschließlich durch die Versickerung von Niederschlagswasser. Sie ist für Mecklenburg-Vorpommern landesweit als Differenz aus dem Niederschlag, der realen Verdunstung und dem schnellen, überwiegend dränungsbedingten Direktabfluss berechnet worden (HENNIG & HILGERT 2007). Die Verdunstungsberechnung basierte dabei auf dem BAGLUVA-Verfahren (ATV-DVWK 2001). Die Direktabflüsse, die, wie gezeigt werden konnte, nicht der Verdunstung unterliegen, wurden über Wasserhaushaltsbetrachtungen ermittelt und anschließend regionalisiert. Das Berechnungsergebnis war der Zutritt von Niederschlagswasser zur gesättigten Bodenzone – die Grundwasserneubildung. Bei ungespannten Verhältnissen entspricht die Grundwasserneubildung weitgehend der Speisung des oberen Grundwasserleiters.

In Mecklenburg-Vorpommern sind aber auch durch Geschiebemergel bedeckte, gespannte Grundwasserleiter weit verbreitet. Eine Auswertung der im Landesbohrdatenspeicher erfassten Aufschlüsse zeigt, dass in 58 % der Bohrun-

gen gespannte Verhältnisse anzutreffen sind, an ca. einem Drittel aller Bohrungen liegt der Druckwasserspiegel mehr als 5 m über der Basis des Hangendstauers (Abb. 1).

Wenn der genutzte Grundwasserleiter bedeckt und stark gespannt ist, treten im Hangendstauer auch laterale Abflüsse auf, die meist an Sandlagen innerhalb des Geschiebemergels gebunden sind. Dadurch entlastet ein Teil der Grundwasserneubildung auf kurzem Weg in die oberirdischen Vorfluter und erreicht nicht den genutzten Grundwasserleiter. Die Speisungsrate des Grundwasserleiters ist in diesen Fällen geringer als die Grundwasserneubildungsrate. Eine noch stärkere Verminderung tritt auf, wenn der betrachtete Grundwasserleiter durch einen oberen Grundwasserleiter überlagert wird. Sehr tiefe – in Mecklenburg-Vorpommern häufig tertiäre – Grundwasserleiter weisen die geringsten Speisungsraten auf, da das neu gebildete Grundwasser bevorzugt in den oberen Horizonten abfließt. In der Abbildung 2 sind die unterschiedlichen Grundwasserspeisungstypen veranschaulicht und beschrieben.

Für die Bewertung der nutzbaren Grundwasserressourcen ist nicht die Grundwasserneubildung, sondern die Speisung des betrachteten Grundwasserleiters maßgebend. Bei detail-

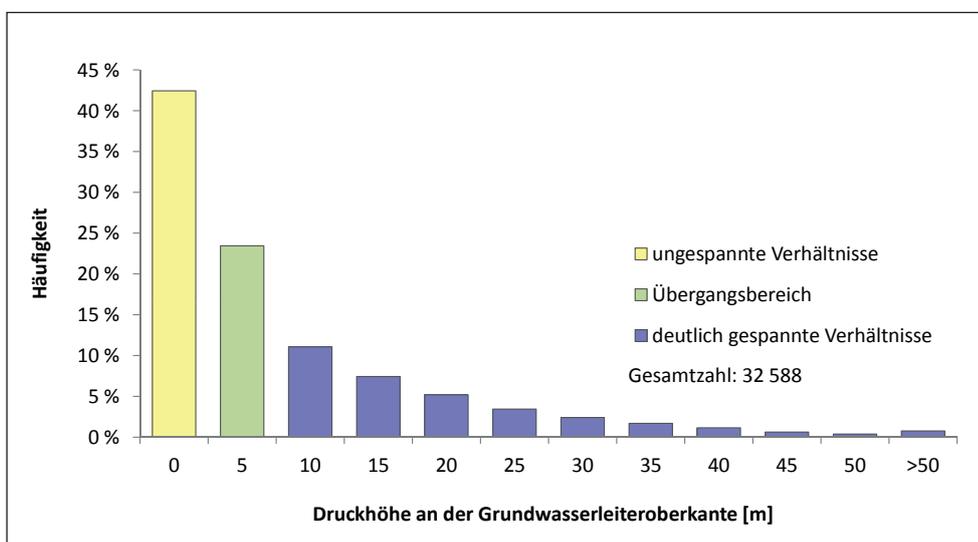


Abb. 1:  
Häufigkeitsverteilung der Druckhöhe an der Grundwasserleiteroberkante (Auswertung der im Landesbohrdatenspeicher Mecklenburg-Vorpommern erfassten Aufschlüsse)

Fig. 1:  
Frequency distribution of the groundwater head at the aquifer top

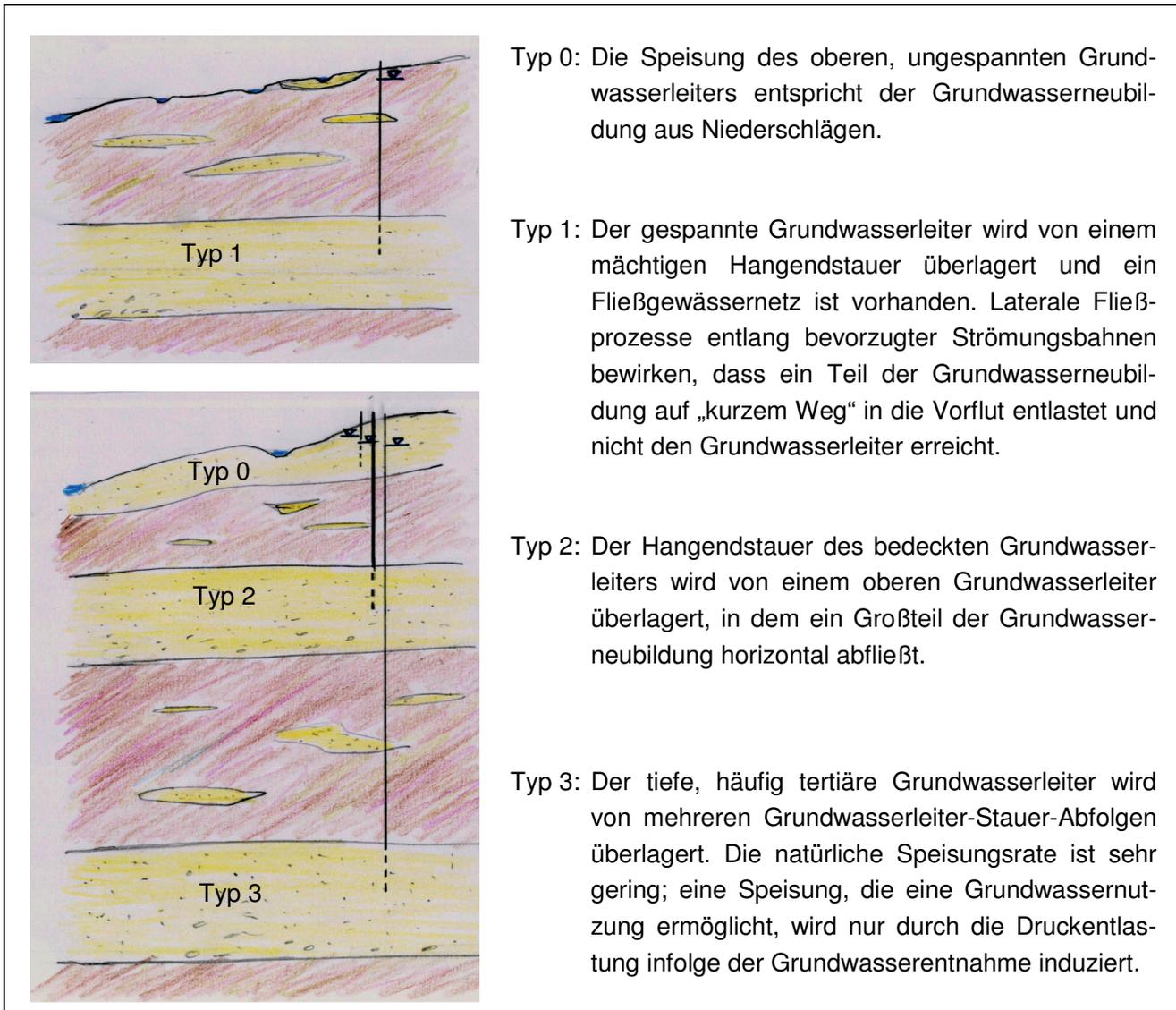


Abb. 2: Grundwasserspeisungstypen  
Fig. 2: Types of groundwater infiltration

lierten lokalen Aufgabenstellungen (z. B. die Bemessung von Wasserschutzzonen) können geohydraulische Modellierungen eine realistische Grundwasserspeisung liefern, wenn die Hangendschichten in die Berechnung einbezogen werden. In Mecklenburg-Vorpommern wurden bereits zahlreiche 3D- oder Mehrschichtmodelle bearbeitet, die den Abfluss in den Hangendschichten berücksichtigen.

Angesichts des damit verbundenen Arbeitsaufwandes ist dieser Ansatz für Überblicksbetrachtungen zum Grundwasserdargebot (z. B. landesweite Karte der Grundwasserressourcen, HENNIG et al. 2014) oder bei regionalen Grundwassermodellierungen (> 1 000 km<sup>2</sup>) aber nicht geeignet. In diesen Fällen ist es erforderlich, die Verminderung der Grundwasserneubildung in den Hangendschichten durch Reduktionsfaktoren zu berücksichtigen. Das Ziel der hier vorgestellten Arbeit war es daher, aus den vorliegenden hydrogeologischen Detailuntersuchungen Reduktionsfaktoren respektive Speisungsanteile abzuleiten und zu regionalisieren.

### Datengrundlagen

Es wurden bestehende geohydraulische Modelle in Mecklenburg-Vorpommern recherchiert, die die Grundwasserspeisungstypen 1, 2 oder 3 repräsentieren und die Abflüsse in den Hangendschichten berücksichtigen, so dass sie für die Ermittlung von Reduktionsfaktoren geeignet sind. Diese Kriterien erfüllten 35 Projektgebiete, deren Lage in der Abbildung 3 dargestellt ist. Manche Modelle gestatteten es, die Speisung für unterschiedliche Grundwasserleiter zu bilanzieren. So berücksichtigt z. B. das Grundwasserströmungsmodell für den tiefen Wealden-Grundwasserleiter bei Greifswald (Typ 3) auch die Abflüsse in den oberen Grundwasserleitern (Typ 2). Insgesamt ergaben sich 44 Bilanzgebiete, die ausgewertet werden konnten.

Die Bilanzgebiete wurden steckbriefartig dokumentiert. Neben der Darstellung der Grundwassergleichen und eines

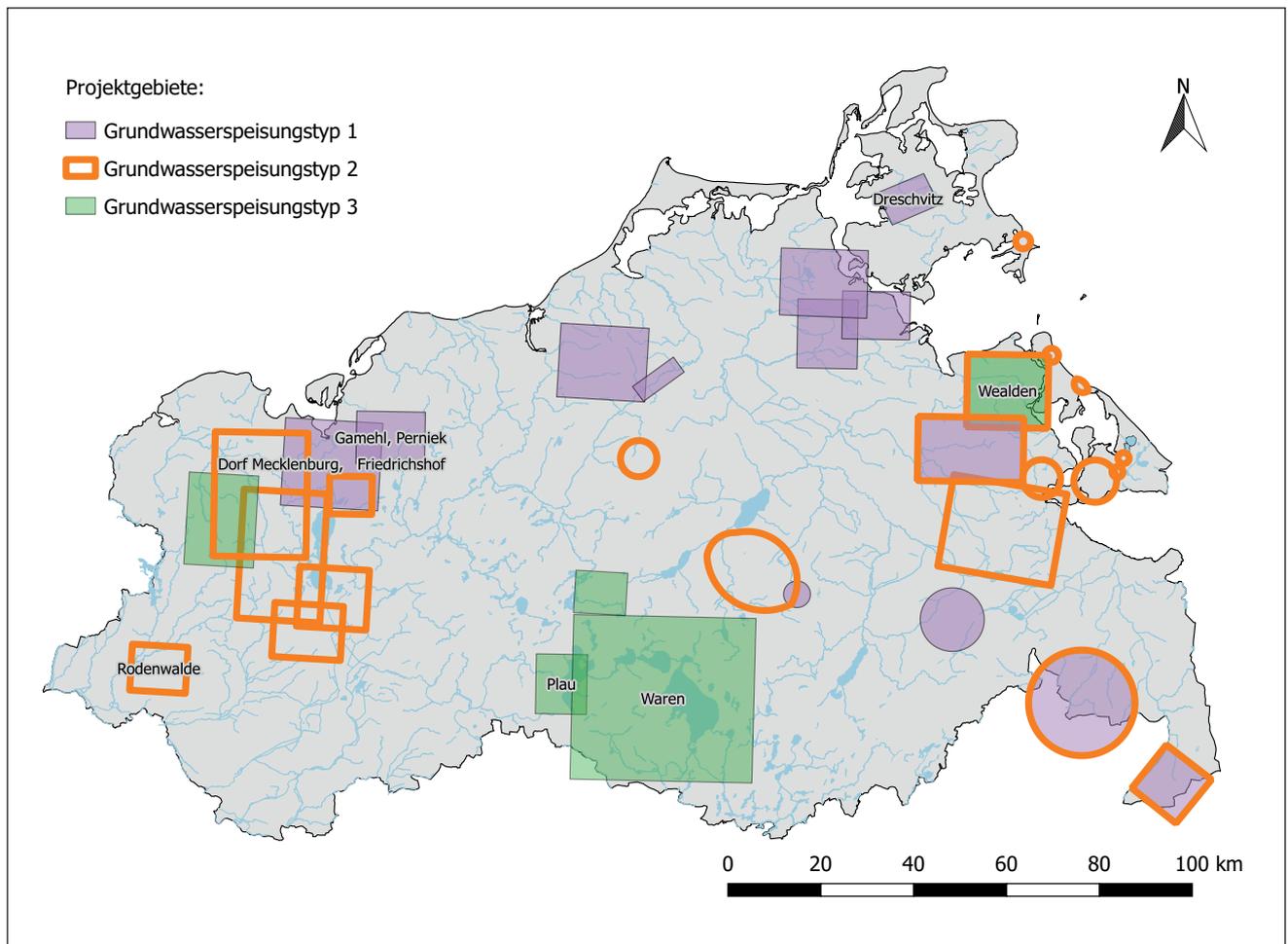


Abb. 3: Ausgewertete Projektgebiete  
 Fig. 3: Evaluated investigation areas

hydrogeologischen Schnittes enthalten die Steckbriefe Informationen zur:

- Gebietscharakteristik (hydrogeologische Verhältnisse, Größe des Projektgebietes, Vorflutdichte, Landnutzung),
- Grundwasserneubildungsberechnung (angewandtes Verfahren, Detailliertheit/ggf. Validierung der Berechnung, Direktabflussanteil) und
- Bilanzierungsmethode (geohydraulischer Modelltyp, Parametrisierung des Hangendstauers).

Darüber hinaus sind auf den Steckbriefen die Bilanzglieder, der ermittelte Speisungsanteil und die Bewertung der Zuverlässigkeit dokumentiert. Ein Beispiel zeigt die Abbildung 4.

**Bilanzierungen zur Ermittlung der Grundwasserspeisung**

Die zu bilanzierenden Gebiete wurden in die definierten Grundwasserspeisungstypen 1, 2 oder 3 entsprechend der Abbildung 2 eingruppiert. In der Abbildung 5 sind typische Lagerungsverhältnisse an Beispielen veranschaulicht, die nachstehend erläutert werden.

*Grundwasserspeisungstyp 1 (Dreschwitz)*

Im Raum Dreschwitz (Insel Rügen) ist ein gespannter Grundwasserleiter verbreitet, der von einem durchschnittlich 15 m mächtigen Geschiebemergel bedeckt wird. Lokale obere Sande sind meist trocken und nahezu ohne Einfluss auf die hydrodynamischen Verhältnisse. Das Gebiet ist durch eine mittlere Vorflutdichte gekennzeichnet – die Duvenbeek und in sie mündende Entwässerungsgräben haben neben der Ableitung von Direktabflüssen auch eine grundwasserentlastende Funktion. Innerhalb des gesättigten Bereiches sind horizontale Abflüsse im Geschiebemergel zu erwarten – neu gebildetes Grundwasser wird den Entwässerungsgräben zugeführt, wodurch sich die Speisung des genutzten Grundwasserleiters vermindert.

*Grundwasserspeisungstyp 2 (Rodenwalde)*

Die hydrogeologischen Verhältnisse um Rodenwalde im Südwesten Mecklenburg-Vorpommerns repräsentieren den typischen Leaky-Aquifer und damit den Grundwasserspeisungstyp 2. Der Hauptgrundwasserleiter wird von einem oberen Grundwasserleiter überlagert, wobei sich deren Druckpotenziale unterscheiden. Ein bedeutender Teil des neugebildeten Grundwassers fließt bereits im oberen

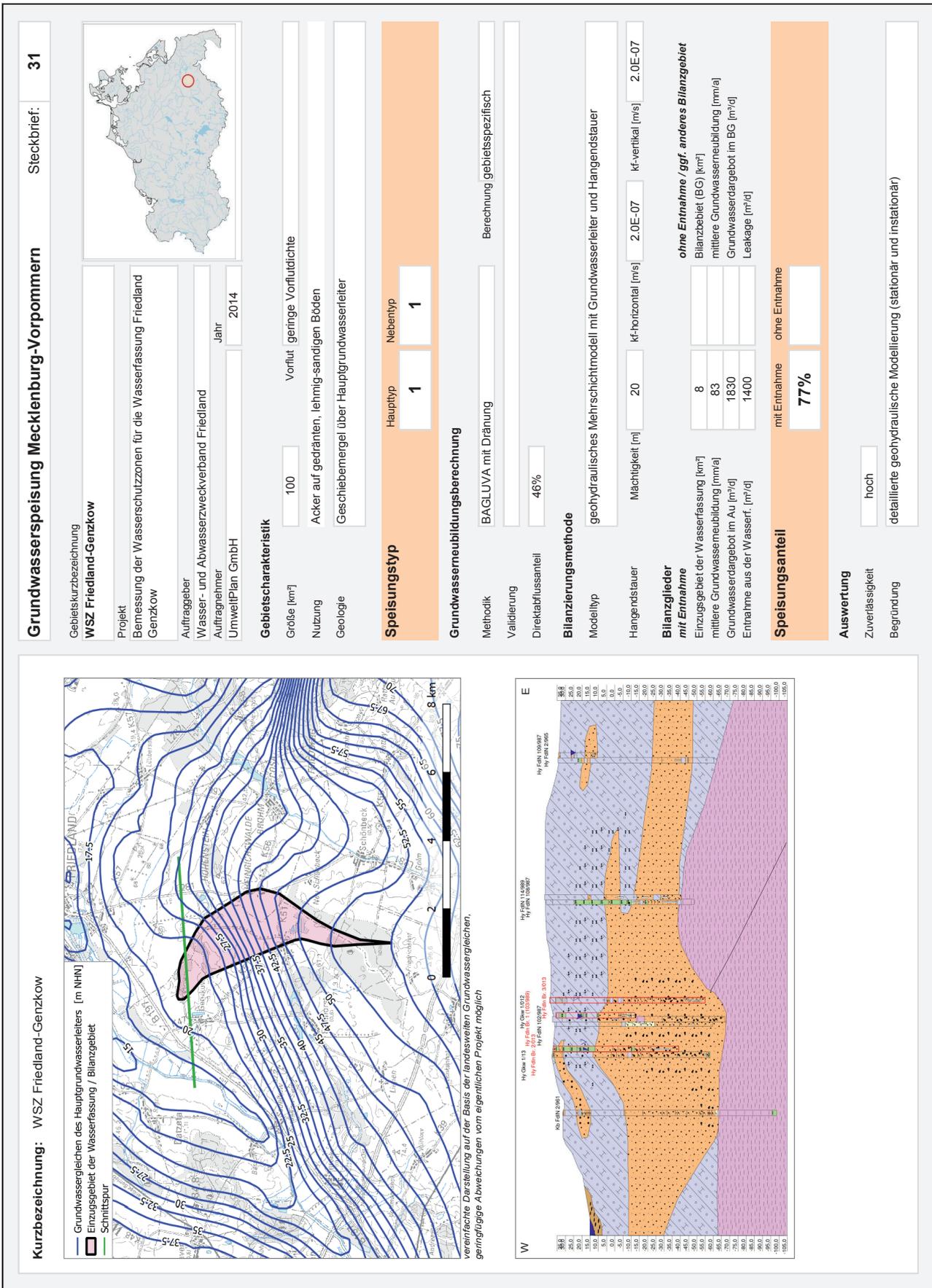


Abb. 4: Beispieldokumentation Steckbrief  
 Fig. 4: Example of a profile of the investigation areas

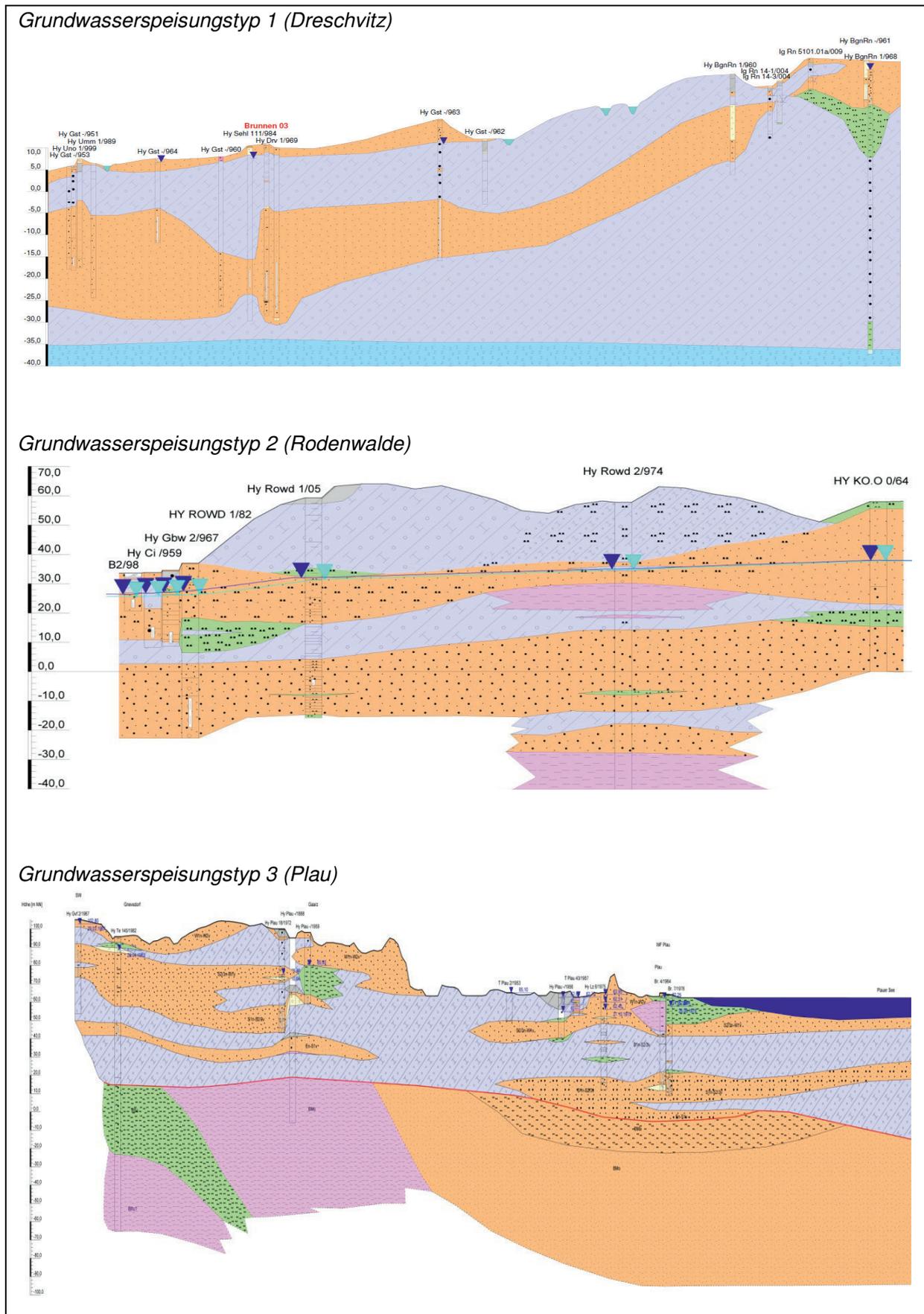


Abb. 5: Hydrogeologische Profilschnitte – Beispiele für die Grundwasserspeisungstypen 1, 2 und 3  
 Fig. 5: Hydrogeological profile sections – examples of groundwater infiltration types 1, 2 and 3

Grundwasserleiter ab, der Rest speist den Hauptgrundwasserleiter und entlastet erst in der Nähe der Vorfluter. Die Speisungshöhe ist abhängig von der Durchlässigkeit des Zwischenstauers und dem vertikalen Druckgradienten. Sie erhöht sich, wenn der Druck im Hauptgrundwasserleiter entnahmebedingt vermindert wird und damit der Druckgradient steigt.

#### *Grundwasserspeisungstyp 3 (Plau)*

In der Umgebung des Plauer Sees ist ein mächtiger tertiärer Grundwasserleiter verbreitet, der mit den darüber lagernden Pleistozän-Sanden in hydraulischer Verbindung steht. Hydrogenetische Untersuchungen zeigten, dass das den Brunnen zuströmende Wasser überwiegend den tertiären Schichten entstammt. Die Speisung des tertiären Grundwasserleiters ist gering, da das neu gebildete Grundwasser überwiegend in die oberen Grundwasserleiter abfließt und in das dichte Vorflutnetz entlastet.

Da bei wechselhaften Lagerungsverhältnissen eine eindeutige Zuordnung wie in den Beispielen der Abbildung 5 nicht immer möglich ist, wurde zur feineren Differenzierung auch jeweils ein Nebentyp festgelegt (Schreibweise: Haupttyp-Nebentyp, z. B. 1-2; bei einer eindeutigen Zuordnung entspricht der Nebentyp dem Haupttyp, z. B. 1-1). Aus der Kombination von Haupt- und Nebentyp ergaben sich nachstehende Mischtypen.

#### *Mischtyp 1-2*

Der bedeckte Grundwasserleiter wird vereinzelt von einem oberen, gering mächtigen Grundwasserleiter überlagert.

#### *Mischtyp 2-0*

Die gering leitenden Schichten zwischen oberem und unterem Grundwasserleiter sind nicht flächenhaft ausgebildet. Lokale hydraulische Fenster können vor allem bei einer Grundwasserentnahme eine verstärkte Speisung des unteren Grundwasserleiters bewirken.

#### *Mischtyp 2-1*

Der obere Grundwasserleiter ist nicht flächenhaft ausgebildet, so dass die hydrogeologischen Verhältnisse teilweise dem Grundwasserspeisungstyp 1 entsprechen.

Bei der Bilanzierung wurde jeweils der Speisungsanteil ermittelt. Dafür wurde das Grundwasserdargebot im Bilanzgebiet (berechnet als Summe der Grundwasserneubildung) auf die Speisung des betrachteten Grundwasserleiters bezogen. **Bilanzierungen** erfolgten zum Teil **für das Einzugsgebiet einer Wasserfassung:**

$$\text{Speisungsanteil} = \frac{\text{Grundwasserdargebot}}{\text{Grundwasserentnahme}}$$

und zum Teil **für ein natürliches Bilanzgebiet:**

$$\text{Speisungsanteil} = \frac{\text{Grundwasserdargebot}}{\text{Speisung des Grundwasserleiters (Leakage)}}$$

In manchen Gebieten war es möglich, die Bilanzierung sowohl für die Strömungsverhältnisse bei Entnahme als auch für den natürlichen Strömungszustand vorzunehmen. Dabei zeigte sich erwartungsgemäß, dass in Gebieten, die dem Grundwasserspeisungstyp 2 oder 3 zuzuordnen sind (oberer Grundwasserleiter über genutztem Grundwasserleiter), durch die Entnahme eine verstärkte Speisung induziert wird (z. B. Rodenwalde, Abb. 5 in Verbindung mit Abb. 6: ohne Entnahme 37 %, mit Entnahme 53 %). Bei Grundwasserleitern des Typs 1 ist die entnahmeinduzierte Speisung hingegen sehr gering und kann vernachlässigt werden (z. B. Dreschwitz, Abb. 5 in Verbindung mit Abb. 6: ohne Entnahme 79 %, mit Entnahme 85 %).

Die Zuverlässigkeit des jeweils ermittelten Speisungsanteiles wurde in Abhängigkeit vom geohydraulischen Modellansatz bewertet. Bei einer ortsdiskreten Modellierung unter Berücksichtigung der Fließprozesse in den Hangendschichten, verbunden mit einer regelgerechten Kalibrierung/Validierung kann im Allgemeinen von einer hohen Zuverlässigkeit ausgegangen werden. Die Zuverlässigkeit horizontal ebener oder analytischer Modellansätze, bei denen sich die Speisungsrate als Kalibrierungsparameter ergab, wurde hingegen als mittel eingeschätzt. Projekte mit einer geringen Zuverlässigkeit (meist Projekte ohne Kalibrierung an Grundwasserständen oder Abflüssen) wurden sofort aussortiert und nicht dokumentiert. Insgesamt wurden für 35 Gebiete mit einer hohen Zuverlässigkeit und für 9 Gebiete mit einer mittleren Zuverlässigkeit die Speisungsanteile ermittelt.

### **Auswertung der ermittelten Speisungsanteile**

In der Abbildung 6 sind die Speisungsanteile der Untersuchungsgebiete sortiert nach Grundwasserspeisungstypen dargestellt.

Aus der Darstellung wird ersichtlich, dass der **Speisungsanteil beim Typ 1** (bedeckter und gespannter Hauptgrundwasserleiter) relativ einheitlich zwischen 70 % und 90 % liegt, d. h. ein Anteil von 10–30 % des neugebildeten Grundwassers strömt innerhalb des Hangendstauers lateral ab und entlastet in die Vorfluter ohne den genutzten Grundwasserleiter zu erreichen. Auch die Gebiete des Mischtyps 1-2 ordnen sich hier weitgehend ein.

Eine Ausnahme im Grundwasserspeisungstyp 1 zeigte sich im Raum Wismar, der durch sehr inhomogene Lagerungsverhältnisse geprägt ist. Die genutzten Grundwasserleiter sind hier nur kleinräumig verbreitet und hydraulisch schlecht an benachbarte Grundwasserleiter angebunden. Das bewirkt lokal starke Grundwasserabsenkungen und einen (vergleichsweise geringen) Zustrom aus einem großen Einzugsgebiet. Die über Modellbilanzen berechneten Speisungsanteile sind gering, da ein Großteil der Grundwasserneubildung innerhalb der heterogenen Hangendschichten abströmt. Das betrifft vor allem die Wasserfassungen Dorf Mecklenburg, Losten, Gamehl und Perniek, die mit Speisungsanteilen zwischen 40 % und 50 % als Sonderfall betrachtet und als Typ 1x bezeichnet wurden. Angesichts ihrer spezifischen hydrogeologischen Verhältnisse verschließen

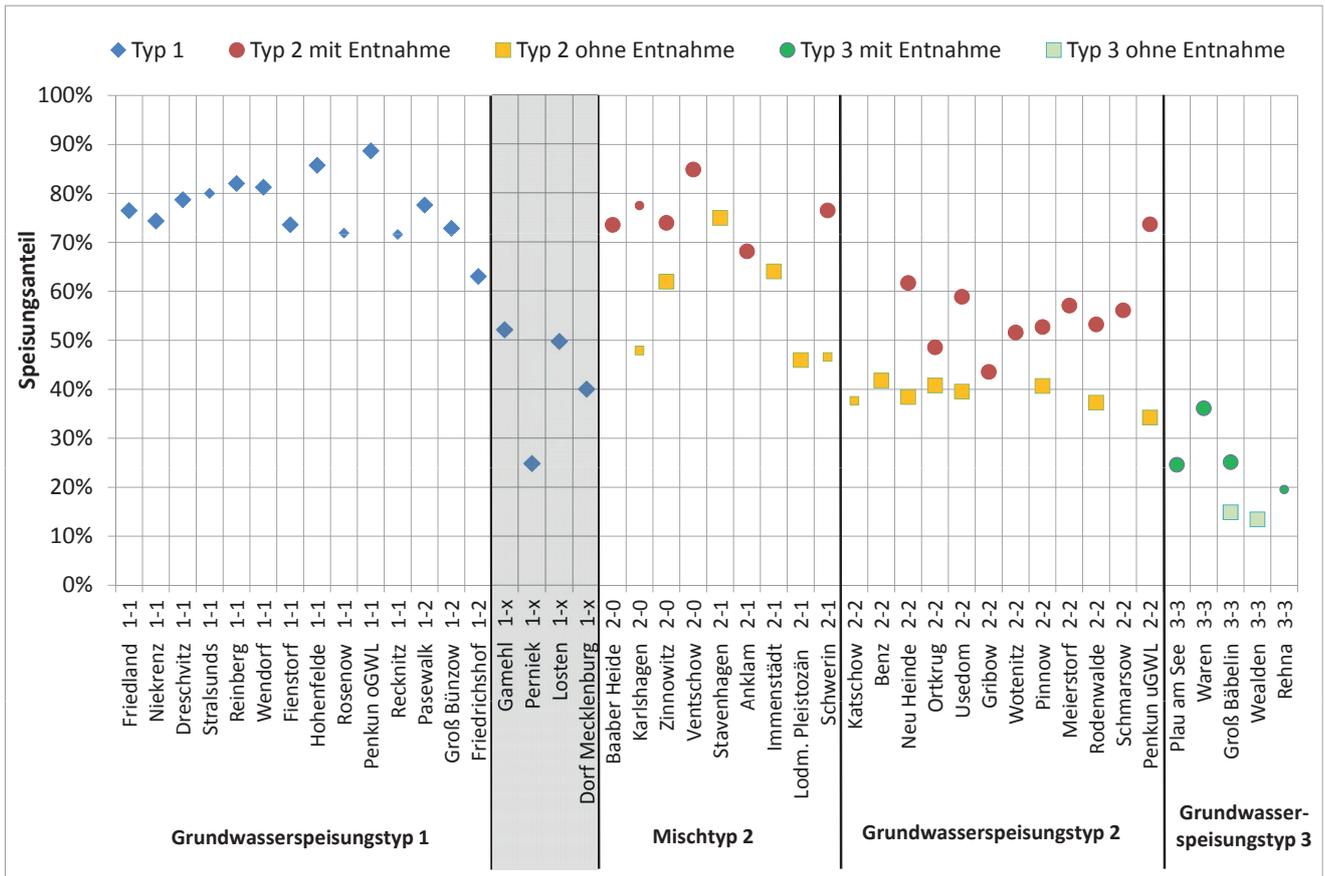


Abb. 6: Gruppierung der Speisungsanteile (große Symbole = hohe Zuverlässigkeit, kleine Symbole = mittlere Zuverlässigkeit)  
 Fig. 6: Classification of infiltration ratios

sie sich einer Verallgemeinerung und Regionalisierung. Benachbart liegt die Wasserfassung Friedrichshof, die ähnliche Verhältnisse aufweist, aber mit einem Speisungsanteil von 62 % noch dem Typ 1 zugeordnet wurde.

Beim Grundwasserspeisungstyp 2 (oberer Grundwasserleiter über genutztem Grundwasserleiter) erreicht nur ein deutlich geringerer Anteil des neugebildeten Grundwassers den genutzten Grundwasserleiter. Die Speisungsanteile liegen für natürliche Verhältnisse (ohne Entnahme) bei 40 % und erhöhen sich bei einer Druckentlastung im unteren Grundwasserleiter auf ca. 50–60 % der Grundwasserneubildung (entnahmeinduzierte Speisung).

Zum Mischtyp 2 gehören sowohl Gebiete, bei denen der Zwischenstauer nicht flächenhaft verbreitet ist (Typ 2-0) als auch Gebiete, bei denen der obere Grundwasserleiter nicht flächenhaft ausgebildet ist (Typ 2-1). Der Mischtyp 2 ist aufgrund der uneinheitlichen Ausbildung der Hangendschichten durch eine große Spannweite der ermittelten Speisungsanteile gekennzeichnet. Die Speisungsanteile liegen zwischen 45 % und 85 %. Wenn aber im unteren Grundwasserleiter eine Entnahme erfolgt, vermindert sich die Spannweite und die Speisungsanteile liegen dann in der Größenordnung des Typs 1. Dadurch ist es bei der praktischen Anwendung (z. B. Abschätzung des gewinnbaren

Grundwasserdargebotes einer Wasserfassung) in der Regel nicht erforderlich, den Mischtyp genau zuzuordnen.

Nur ein sehr geringer Anteil der Grundwasserneubildung von ca. 15 % erreicht natürlicherweise die sehr tief liegenden Grundwasserleiter des Grundwasserspeisungstyps 3. Bei einer Entnahme ist eine Erhöhung auf 20–25 % möglich; der höchste Speisungsanteil wurde für die Wasserfassung Waren mit 36 % berechnet.

Um den Speisungsanteil in Abhängigkeit von der Gebietscharakteristik noch genauer bestimmen zu können, wurden Korrelationen zur Vorflutdicke und zur Mächtigkeit der Hangendschichten bzw. des Zwischenstauers geprüft. Eindeutige, für eine Regionalisierung nutzbare Zusammenhänge zeigten sich aber nicht, so dass der Speisungsanteil allein durch die Zuordnung des Grundwasserleiters zum Grundwasserspeisungstyp abgeschätzt werden kann.

In der Tabelle 1 sind Speisungsanteile in Abhängigkeit von der Typisierung zusammengestellt. Wenn eine Grundwassernutzung erfolgt, entsprechen die Speisungsanteile des Mischtyps 2 näherungsweise denen des Typs 1. Die dritte Spalte der Tabelle enthält die Werte, die für die Abschätzung des gewinnbaren Grundwasserdargebotes empfohlen werden.

Grundwasserspeisungstyp	Schwankungsbreite	Empfehlung für die Abschätzung des gewinnbaren Dargebotes
Grundwasserspeisungstyp 1 (weitgehend unabhängig von der Entnahme)	70–90 %	<b>80 %</b>
Mischtyp 2	45–85 %	<b>80 %</b>
Grundwasserspeisungstyp 2 ohne Entnahme	ca. 40 %	
mit Entnahme	meist 50–60 %	<b>50 %</b>
Grundwasserspeisungstyp 3 ohne Entnahme	ca. 15 %	
mit Entnahme	20–35 %	<b>20 %</b>

Tab. 1: Speisungsanteile (respektive Reduktionsfaktoren) in Abhängigkeit von der Typisierung

Tab. 1: Infiltration ratios for different infiltration types – variation and recommended value

Zusammenfassend zeigt sich, dass sich die wirksame Grundwasserspeisung auf ca. 80 % der Grundwasserneubildung vermindert, wenn der Grundwasserleiter bedeckt ist und großflächig deutlich gespannte Strömungsverhältnisse aufweist (Grundwasserspeisungstyp 1). Auch die Mischtypen, bei denen örtlich begrenzt ein oberer Grundwasserleiter vorhanden ist und die Mächtigkeit des Hangend- bzw. Zwischenstauers stark schwankt, ordnen sich hier weitgehend ein.

Ist in einem Gebiet eine eindeutige Trennung in zwei Grundwasserleiter gegeben (Grundwasserspeisungstyp 2), erreichen nur durchschnittlich 50 % des neugebildeten Grundwassers den unteren Grundwasserleiter. Bei der Bearbeitung großräumiger Dargebotsuntersuchungen sollte diese Abminderung nur vorgenommen werden, wenn der untere Grundwasserleiter auch als Hauptgrundwasserleiter fungiert.

Bei kleinräumigen Dargebotsbetrachtungen für sehr tiefe Grundwasserleiter (Grundwasserspeisungstyp 3) sind 20 % der Grundwasserneubildung eine gute Schätzung für die wirksame Speisung.

### Regionalisierung der Grundwasserspeisungstypen

Mit Hilfe der in der Tabelle 1 aufgeführten Speisungsanteile kann das Grundwasserdargebot für lokale Problemstellungen abgeschätzt werden. Um diese Ergebnisse auch für regionale oder landesweite Bearbeitungen zu verwenden, ist eine Regionalisierung erforderlich.

Gesucht wird die Speisung des Hauptgrundwasserleiters. Als Hauptgrundwasserleiter wird analog zu HILGERT & HENNIG (2017) das obere, flächenhaft verbreitete, quartäre Grundwasserstockwerk definiert, über das der mengenmäßig größte Teil des unterirdischen Wassers abströmt. Er entspricht dem in JORDAN & WEDER (1995) beschriebenen „mittleren Stockwerk“, in dem – im Gegensatz zu den darüber lagernden Schichten – von einer „regionalen Grundwasserdynamik“ auszugehen ist.

Der Hauptgrundwasserleiter kann in Mecklenburg-Vorpommern als Grundwasserspeisungstyp 0 (ungespannter Grund-

wasserleiter), Grundwasserspeisungstyp 1 (gespannter Grundwasserleiter) und kleinräumig als Grundwasserspeisungstyp 2 ausgebildet sein. Er ist dann als Grundwasserspeisungstyp 2 anzusehen, wenn der darüber lagernde obere Grundwasserleiter lediglich lokal verbreitet ist und daher nicht als Hauptgrundwasserleiter fungiert. Tiefe Aquifere des Grundwasserspeisungstyps 3 sind nie als Hauptgrundwasserleiter im Sinne der o. g. Definition anzusehen, da sie von mehreren Grundwasserleiter-/Grundwasserhemmerabfolgen überlagert werden, in denen der überwiegende Teil der Grundwasserneubildung abströmt.

Um zu ermitteln, welcher Grundwasserspeisungstyp vorliegt, konnte auf den Landesbohrdatenspeicher Mecklenburg-Vorpommerns zurückgegriffen werden, der die Schichtansprachen von mehr als 95 000 Bohrungen umfasst. Der Algorithmus zur automatisierten Auswertung ist in HENNIG & HILGERT (2013) erläutert. Die Schichtdaten werden dabei in die Kategorien Grundwasserleiter (Sande und Kiese) und Grundwasserhemmer (Geschiebemergel, Schluff, Ton) eingeteilt. Der Grundwasserleiter gilt als erreicht, wenn die Summe grundwasserleitender Schichten unterhalb des Grundwasserspiegels größer als 5 m ist und das Schichtpaket nicht durch eine grundwasserhemmende Schicht  $\geq 1$  m unterbrochen wird. An 32 588 Aufschlüssen endete die Bohrung unterhalb des regionalen Grundwasserdruckspiegels, so dass Aussagen zu den hydrogeologischen Verhältnissen möglich waren.

Das Ergebnis der Auswertung ist in der Abbildung 1 als Häufigkeitsverteilung dargestellt, die Abbildung 7 zeigt die räumliche Verteilung der Druckverhältnisse. Ungespannte Verhältnisse deuten auf den Grundwasserspeisungstyp 0, deutlich gespannte Verhältnisse (Druckspiegel  $> 10$  m über Grundwasserleiteroberkante) auf den Grundwasserspeisungstyp 1 hin. Bei nur leicht gespannten Verhältnissen (Druckspiegel  $> 0$ –10 m über Grundwasserleiteroberkante) wird die Zuordnung als nicht eindeutig eingeschätzt.

Der Grundwasserspeisungstyp 2 (lokaler oberer Grundwasserleiter über Hauptgrundwasserleiter) kann anhand der automatisierten Auswertung nicht abgeleitet werden. Lokale obere Grundwasserleiter, die ein vom Hauptgrundwasserleiter ab-

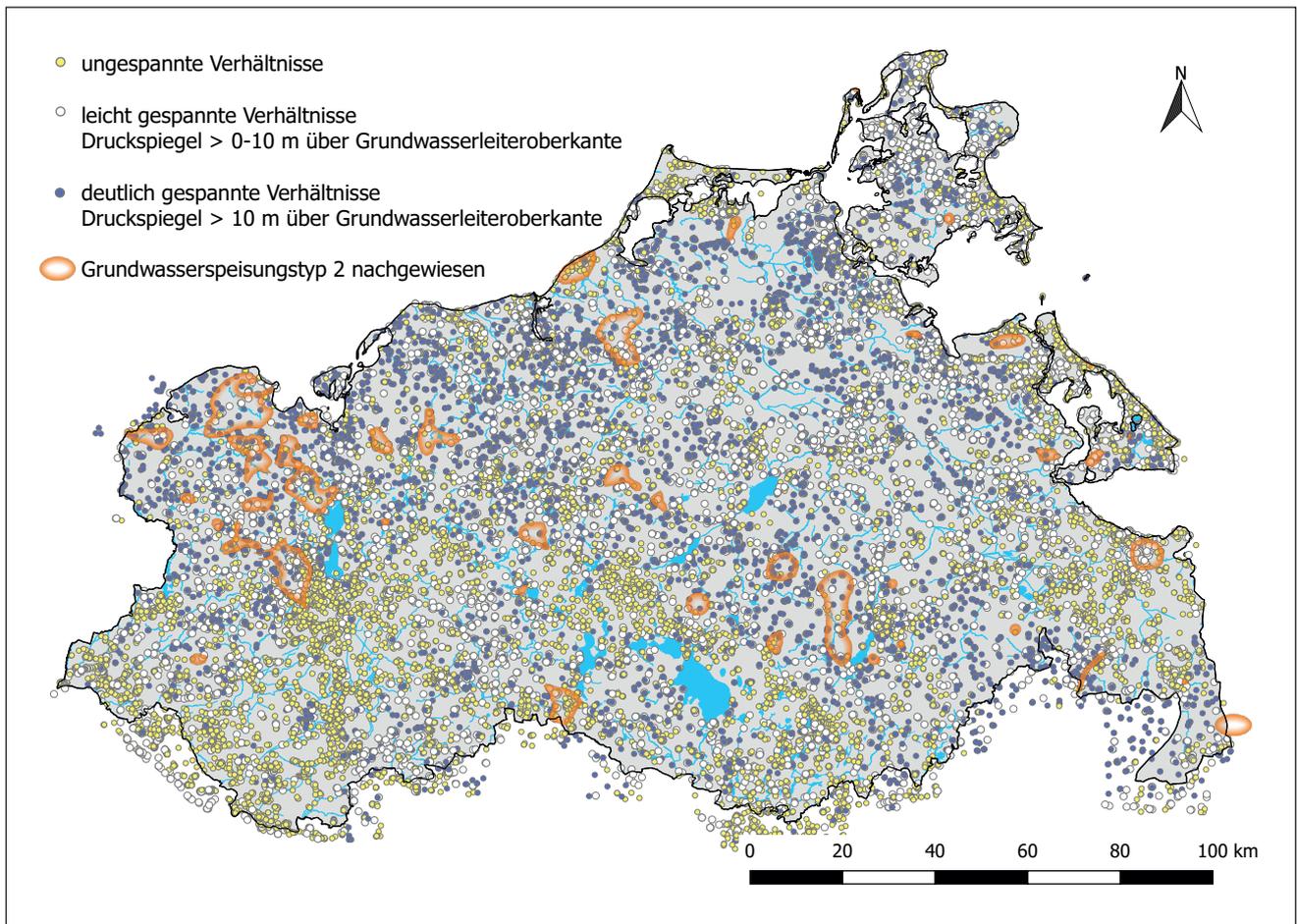


Abb. 7: Hydrogeologische Druckverhältnisse an den Bohrungen und identifizierte Verbreitung des Grundwasserspeisungstyps 2  
 Fig. 7: Recorded groundwater potential of drillings & incidence of infiltration type 2

weichendes Druckniveau aufweisen, wurden im Rahmen der Modellierung des landesweiten Grundwasserfließgeschehens identifiziert und kartiert (HILGERT & HENNIG 2017). Zusätzlich sind elf der in der vorliegenden Untersuchung ausgewerteten Typ 2-Gebiete als Hauptgrundwasserleiter einzustufen. Die Bereiche, in denen der Hauptgrundwasserleiter auf der Basis des beschriebenen Kenntnisstandes als Grundwasserspeisungstyp 2 anzusehen ist, sind ebenfalls in der Abbildung 7 dargestellt. Es ist davon auszugehen, dass noch weitere, derzeit nicht bekannte Gebiete Mecklenburg-Vorpommerns dem Grundwasserspeisungstyp 2 zuzuordnen wären. Da diese Bereiche entsprechend ihrer Charakteristik lokal begrenzt sind, hat diese verbleibende Unschärfe aber keinen entscheidenden Einfluss auf das regionale Speisungsverhalten.

Die an den einzelnen Bohrungen ermittelten Speisungsverhältnisse mussten landesweit regionalisiert werden. Eine Möglichkeit zur Interpolation qualitativer Merkmale ist das Indikatorkriging, das z. B. in SCHAFMEISTER (1999) umfassend beschrieben ist. Beim Indikatorkriging wird die Interpolation für jede Eigenschaft (hier: Grundwasserspeisungstypen 0, 1, 2) separat durchgeführt. Die zu interpolierende Indikatorvariable nimmt den Wert 1 an, wenn der Zustand am Ort angetroffen wird (z. B. Grundwasserspei-

ungstyp 0 an der Bohrung nachgewiesen) und den Wert 0, wenn die Eigenschaft ausgeschlossen werden kann. Zwischen den bekannten Bohrungen werden die Indikatorvariablen geostatistisch interpoliert (Kriging nach Variogrammanalyse, Beschreibung z. B. in SCHAFMEISTER 1999). Das Interpolationsergebnis mit Werten zwischen 0 und 1 kann als Wahrscheinlichkeit aufgefasst werden, dass der jeweilige Typ am betrachteten Ort anzutreffen ist. Abschließend wird für jeden Ort diejenige Eigenschaft gewählt, für die die höchste Wahrscheinlichkeit geschätzt wurde.

In der Tabelle 2 ist die Charakterisierung der Indikatorvariablen dokumentiert. Das Ergebnis des Indikatorkrigings zeigt die Abbildung 8. Die dargestellte räumliche Verteilung der Grundwasserspeisungstypen spiegelt auch die eiszeitlichen Ablagerungsprozesse wider – ungespannte Strömungsverhältnisse (und damit der Grundwasserspeisungstyp 0) sind in den Sandergebieten Südmecklenburgs und der Ueckermünder Heide weit verbreitet; im Bereich der Grundmoränen dominiert hingegen der Grundwasserspeisungstyp 1.

Auf der Basis dieser regionalisierten Speisungsanteile wurde das landesweite geohydraulische Modell des Hauptgrundwasserleiters (HILGERT & HENNIG 2017) nachkalibriert, was die Voraussetzung für Szenariorechnungen zum Grundwasserdargebot war.

Grundwasserspeisungstyp 2	Bohrungen in Gebieten mit lokalem oberem Grundwasserleiter nach HILGERT & HENNIG (2017) und Bilanzgebiete Typ 2	= 1
	Bohrungen mit einem Druckspiegel > 10 m außerhalb o. g. Gebiete	= 0
Grundwasserspeisungstyp 1	Bohrungen mit einem Druckspiegel > 10 m	= 1
	Bohrungen mit ungespannten Verhältnissen	= 0
Grundwasserspeisungstyp 0	Bohrungen mit ungespannten Verhältnissen außerhalb Typ 2	= 1
	Bohrungen mit einem Druckspiegel > 10 m	= 0

Tab. 2: Definition der Indikatorvariablen

Tab. 2: Definition of Indicator variables

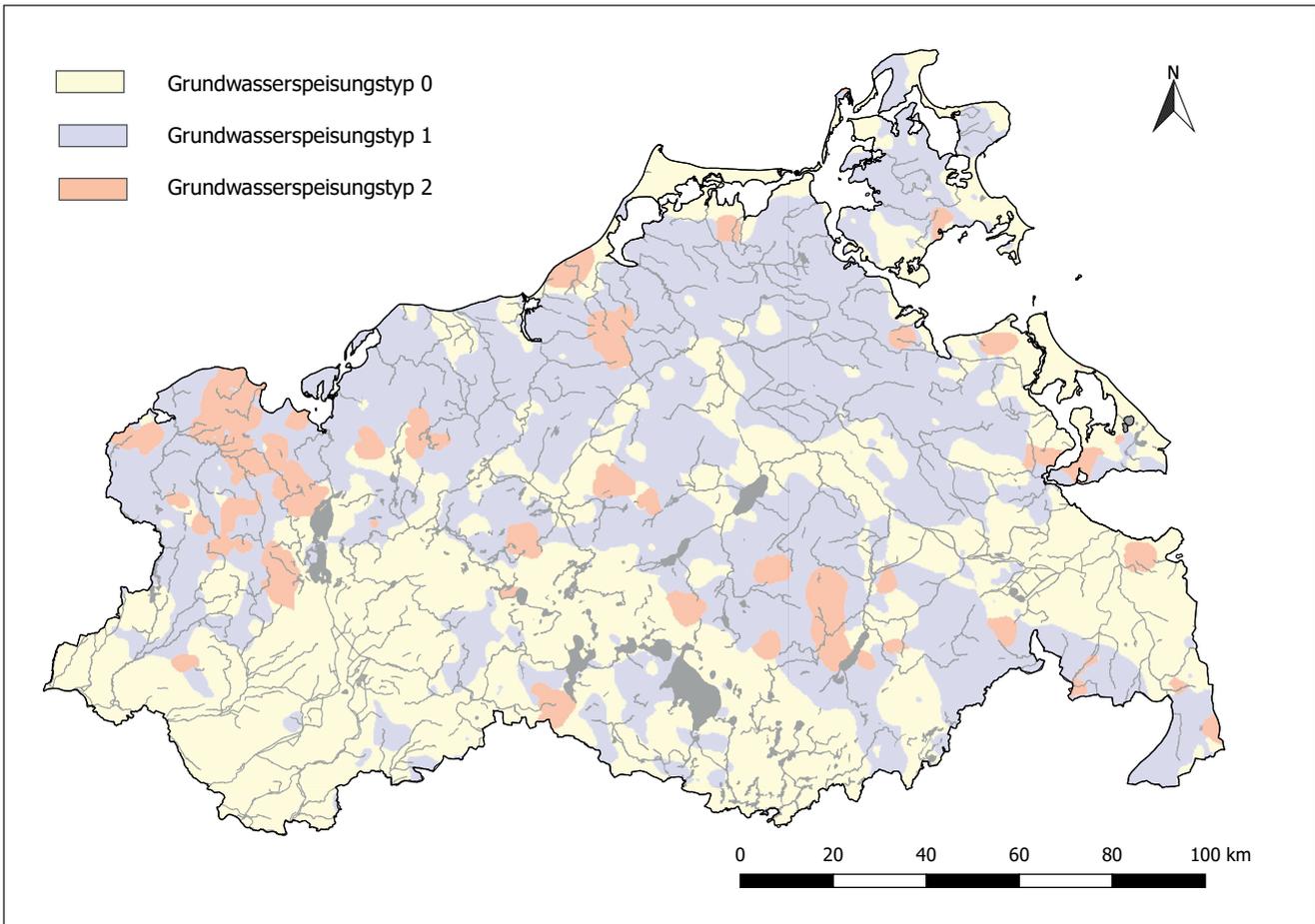


Abb. 8: Regionale Verbreitung der Grundwasserspeisungstypen

Fig. 8: Spatial distribution of infiltration types

### Zusammenfassung

Bei unbedeckten Grundwasserleitern erreicht in der Regel das gesamte neugebildete Grundwasser den Aquifer. Im Falle gespannter Grundwasserleiter ist hingegen zu beachten, dass möglicherweise ein Teil des neugebildeten Grundwassers bereits oberflächennah, innerhalb von Sandlagen im Hangendstauer oder ggf. in überlagernden Grundwasserleitern abfließt und in die Vorflut entlastet. Die Speisung des betrachteten Grundwasserleiters ist dann geringer als die Grundwasserneubildung.

Realitätsnahe Speisungsraten können über geohydraulische Modelle berechnet werden, wenn diese auch die Strömungsprozesse in den Hangendschichten berücksichtigen. Um für Erstbewertungen des Grundwasserdargebotes und für großräumige Untersuchungen Speisungsraten begründet schätzen zu können, sind existierende geohydraulische Modellierungen in Mecklenburg-Vorpommern ausgewertet worden. Das Ziel war es, den Anteil der Grundwasserneubildung zu ermitteln, der in Abhängigkeit von den hydrogeologischen Verhältnissen dem genutzten Grundwasserleiter zusickert (Speisungsanteil). Für insgesamt 44 Gebiete war es möglich, den Speisungsanteil zu

bestimmen. Die Gebiete wurden unterschiedlichen Grundwasserspeisungstypen zugeordnet und anschließend für Mecklenburg-Vorpommern regionalisiert. Es wird davon ausgegangen, dass die ermittelten Speisungsanteile auch für die benachbarten Bundesländer eine gute Schätzung darstellen.

## Summary

In unconfined aquifers the entire groundwater recharge derived from precipitation infiltrates into the aquifer. However, in the case of confined aquifers near-surface preferential flow has to be considered. Potentially a part of the groundwater recharge reaches receiving waters along localised overlying aquifers or along higher-conductivity horizons within the confining layers.

Thereby the groundwater availability of considered aquifer will be lower than the groundwater recharge.

Realistic groundwater availability can be calculated using geohydraulic models, which take into account the flow processes in the overlying horizons. For large-scale investigations or for initial assessments of groundwater availability such detailed geohydraulic calculations are too laborious. Therefore, existing geohydraulic modeling in Mecklenburg-Western Pomerania has been evaluated in order to determine the proportion of groundwater recharge that infiltrates into the used aquifer depending on the hydrogeological conditions. For a total of 44 areas it was possible to determine this proportion. The areas were assigned to different types of infiltration and then regionalised for Mecklenburg-Western Pomerania. It is assumed that the results also represent a good estimate for the neighboring federal states.

## Danksagung

Das Projekt wurde im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern bearbeitet. Wir danken besonders Frau Dr. Schwerdtfeger und Frau Handke für ihre Unterstützung und die anregenden Fachgespräche.

## Literatur

ATV-DVWK (Hrsg.; 2001): ATV-DVWK-M 504: Verdunstung in Bezug zu Landnutzung, Bewuchs und Boden. – Merkblatt der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. H. M 504, 144 S., Bonn (Wirtschafts- und Verl.-Ges. Gas und Wasser)

HENNIG H. & HILGERT T. (2013): Bewertung der Grundwassersergeschüttheit anhand der Verweilzeit in der Grundwasserüberdeckung. – Neubrandenburger Geologische Beiträge **12**, S. 3–18, DOI 10.3285/ngb.12

HENNIG, H. & HILGERT, T. (2007): Dränabflüsse – Der Schlüssel zur Wasserbilanzierung im nordostdeutschen Tiefland. – Hydrologie und Wasserbewirtschaftung **51**, 6, S. 248–257

HENNIG, H., HILGERT, T., SCHWERDTFEGER, B., HANDKE, H. & G. LEMKE (2014): Grundwasserressourcen Mecklenburg-Vorpommern - Erläuterung zur Karte. – [https://www.lung.mv-regierung.de/dateien/erlaeuterung\\_zur\\_karte.pdf](https://www.lung.mv-regierung.de/dateien/erlaeuterung_zur_karte.pdf) (letzter Zugriff am 26.02.2018)

HILGERT, T. & HENNIG, H. (2017): Grundwasserfließgeschehen Mecklenburg-Vorpommerns - Geohydraulische Modellierung mit Detrended Kriging. – Grundwasser **22**, 1, S. 17–29, DOI 10.1007/s00767-016-0348-6

JORDAN, H. & WEDER, H.-J. (1995): Hydrogeologie – Grundlagen und Methoden, Regionale Hydrogeologie: Mecklenburg-Vorpommern, Brandenburg und Berlin, Sachsen-Anhalt, Sachsen, Thüringen. – 603 S., Stuttgart (Ferdinand Enke Verlag)

SCHAFMEISTER, M.-T. (1999): Geostatistik für die hydrogeologische Praxis. – 172 S.; Berlin (Springer Verlag)

## Anschriften der Autoren:

Dipl.-Hydrol. Heiko Hennig  
UmweltPlan GmbH Stralsund  
Tribseer Damm 2  
18437 Stralsund  
[hh@umweltplan.de](mailto:hh@umweltplan.de)

Dipl.-Ing. Toralf Hilgert  
Hydro-Geologie-Nord GbR  
Hagenower Straße 73  
19061 Schwerin  
[t.hilgert@h-g-nord.de](mailto:t.hilgert@h-g-nord.de)

## Buchbesprechung

MARESCH, W., SCHERTL, H.-P. & O. MEDENBACH (2016):

### **Gesteine – Systematik, Bestimmung, Entstehung**

3. korrigierte und ergänzte Auflage, 368 S.

Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart

ISBN 978-3-510-65341-6

Preis: 29,90 €

Gegenüber der Lizenzausgabe der 1. Auflage dieses Buches in der Buchreihe „Die farbigen Naturführer“ für den Bertelsmann Buchclub von 1988, brilliert die 3. Auflage mit bestechenden Farbfotos und hervorragenden, verbesserten und zahlreicheren Farbzeichnungen. Durch das etwas größere Format von 14 x 21 cm können nun die Gesteinsfotos auch in einem größeren Ausschnitt gezeigt werden.

Die einführenden Kapitel über die Gesteinsgruppen, den Aufbau der Erde, die gesteinsbildenden Minerale, die Gefüge der Gesteine sowie deren Klassifikation und Entstehung führen den Leser lehrreich zur systematischen Beschreibung der Magmatite, Sedimente, Metamorphite einschließlich Kataklastite/Mylonite und sogar der Meteorite. Die zum besseren Verständnis beigegebenen Farbzeichnungen veranschaulichen den Kreislauf der Gesteine, den Aufbau der Erde, die Plattentektonik und die Gebirgsbildung. Zu den gesteinsbildenden Mineralen wird die temperaturabhängige Verschiebung der Mischungslücke im Dreistoffsystem K–Na–Ca-Feldspäte bei 900 °C und 600 °C für jeden verständlich illustriert; ebenso das Druck-Temperatur-Stabilitätsdiagramm von Andalusit–Sillimanit–Disthen. Erfreulich ist in der Einführung der Gesteinsklassifikationen für den im Gelände Arbeitenden, dass auf die klassische Darstellung der Klassifikation nach dem SiO<sub>2</sub>-Gehalt und dem davon abhängigen hellen bis dunklen Mineralbestand nicht verzichtet wurde. Denn im Gelände ist die Zuordnung der Plutonite nach STRECKEISEN sowie ebenso wie die der Vulkanite nach LE MAITRE kaum möglich. Leider erfolgt die Vorstellung der verschiedenen Gesteinsklassifikationen nicht konsequent in dem dafür einführenden Kapitel. So sind die Klassifikation der Vulkanite nach ihrem Chemismus und die der Pyroklastite nach Korngrößen erst später unter der Systematik der Magmatite zu finden. Ebenso verhält es sich bei den Klassifikationen der Sedimente: Die Korngrößen-Klassifikation der klastischen Sedimente nach Deutscher Industrienorm (DIN) ist im einführenden Kapitel, jene der Kalksteine nach FOLK und DUNHAM aber erst unter der Systematik der Sedimente bei den biochemischen Karbonatsedimenten zu finden. Zum Verständnis der Beschreibung der Klassifikationen wären ergänzende Zeichnungen hilfreich gewesen. Einführend werden ausführlich die Metamorphosetypen und die wichtigsten Druck–Temperatur-Fazies der Metamorphose beschrieben und zeichnerisch, gegenüber der 1. in der 3. Auflage ebenfalls erweitert und verbessert, dargestellt. Ein besonderer Gewinn

ist die hinzugekommene, klassische Darstellung von Zonenabfolge und Mineralvergesellschaftung in Abhängigkeit von der Temperatur nach BARROW.

Des Weiteren sind die Magmatit-Klassifikationen von STRECKEISEN und LE MAITRE aktualisiert worden. Bei den Lamproiten und Lamprophyren folgt man einem Vorschlag der International Union of Geological Sciences (IUGS) von 2004, weshalb bei der systematischen Beschreibung der Magmatite auf die Ausgrenzung der zwischen Plutoniten und Vulkaniten mittelnden Ganggesteine glücklicherweise verzichtet wurde. Demzufolge sind beispielsweise die Ganggesteine Dolerit/Diabas unter Basalt beschrieben. Erfreulich ist es auch, „veraltete“ aber immer noch gebräuchliche Gesteinsbezeichnungen wie Melaphyr und Spilit zu finden, handelt es sich doch um Basalte mit umgewandeltem Mineralbestand und Chemismus. Bei der systematischen Beschreibung der Gesteine wird ihre Benennung erläutert. Damit sind die Gesteine auch unter den historisch unterschiedlich verwendeten Begriffen in älterer Literatur und Berichten wiederzufinden.

Bei der Systematik der Sedimente wird auf die Beschreibung und Illustration der Gesteinsstrukturen und ihrer Entstehung nicht näher eingegangen. Zwar wird bei den Sandsteinen auf ihre Bedeutung zur Interpretation der Ablagerungsbedingungen hingewiesen, doch bleiben die Ausführungen weitestgehend auf ihre Zusammensetzung beschränkt. Zu einem Überblick über das Strukturinventar und ihrer Entstehung, beispielsweise von Sandsteinen oder Karbonaten, ist man auf die ausgewählte weiterführende Literatur am Ende des Buches angewiesen. Genetisch benannte Sedimentgesteine wie Diamiktit und Tillit sowie Turbidit, Olistolithe und Olistostrom sind zwar im Buch im systematischen Teil unter Konglomerat und Breccie zu finden, die Besonderheit ihrer unterschiedlichen, bildungsabhängigen Zusammensetzung wird jedoch nicht ausreichend erklärt. Die im Zusammenhang mit Turbiditen entstehenden Debrite sowie Sturmkies- und Sturmsand-Ablagerungen wie Tempestite und auch Kalktempestite fehlen gänzlich, obwohl sie als Ereignishorizonte wichtige Isochronen in der Stratigraphie, beispielsweise des Muschelkalks darstellen. Diese Wermutstropfen sind jedoch dem Konzept des Buches geschuldet, sich hauptsächlich auf die Beschreibung von Handstücken zu beschränken.

Das Buch ist eine Bereicherung für jeden, der sich an der Vielfalt, Schönheit und Pracht der Gesteine und gesteinsbildenden Mineralien begeistern kann. Insbesondere der systematische Teil über die Magmatite und Metamorphite ist sowohl für den Laien als auch für den Geowissenschaftler sehr informativ und bei der praktischen Arbeit nutzbar. Der systematische Teil über die Sedimente stellt mehr eine gute Einführung zur Verwendung weiterführender Literatur dar. Da im systematischen Teil des Buches auch auf die praktische Bedeutung einzelner Gesteine eingegangen wird, kann es ebenso als Bereicherung für Interessierende aus der Wirtschaft, wie aus der Bauindustrie und chemischen Industrie dienen.

Michael Göthel

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	25 (2018), 1/2	S. 39–46	6 Abb., 1 Tab., 5 Zit.
------------------------------	---------	----------------	----------	------------------------

## Brandenburg 3D – Das geologische 3D Modell Brandenburgs im Internet veröffentlicht

### Brandenburg 3D – The geological 3D Model of Brandenburg published online

MAIK SCHILLING, ANDREAS SIMON, CHRISTOPH JAHNKE & THOMAS HÖDING

#### 1 Einleitung

In Zeiten des Web 2.0 (bzw. am Übergang zum Web 3.0) und von INSPIRE werden Informationen digital bereitgestellt. Sowohl Unternehmen wie auch Behörden und in hohem Maße auch die Öffentlichkeit informieren sich über komplexe Sachverhalte hauptsächlich über digitale Angebote. Vor diesem Hintergrund ist es unabdingbar, dass auch geologische Informationen leicht zugänglich und allgemein verständlich in digitaler Form präsentiert werden. Um diesen Entwicklungen Rechnung zu tragen, wurde seit dem Jahr 2014 am Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) in Zusammenarbeit mit dem Geoforschungszentrum Potsdam (GFZ) mit Fördermitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) eine Webanwendung zur Veröffentlichung von 3D-Untergrundmodellen entwickelt, die nun für die Öffentlichkeit freigeschaltet wird.

Das Projekt mit dem Namen Brandenburg 3D (B3D) wurde in einem Zeitraum von zwölf Monaten umgesetzt. Hierbei standen zwei Schwerpunkte im Fokus: Die Digitalisierung geologischer Untergrunddaten (Archivdaten) sowie der Entwurf und die Entwicklung eines Infrastrukturknotens einschließlich einer Internetanwendung zur Veröffentlichung der Ergebnisse. Im Zuge der Umsetzung wurde die Entwicklung eines flächendeckenden geologischen 3D-Modells angestrebt, welches das in Form von Bohrungen, Karten und seismischen Profilen vorliegende Wissen über den Untergrund Brandenburgs zusammenfasst und dokumentiert. Unter Berücksichtigung spezieller Gesichtspunkte können daraus vielfältige fachspezifische Modelle abgeleitet werden, die definierte Themen bzw. räumliche Ausschnitte betrachten. Das 3D-Untergrundmodell kann so als Grundlage für Entscheidungs- und Planungsprozesse zu Fragestellungen der unterirdischen Raumordnung, Hydrogeologie und Lagerstättengeologie dienen.

#### 2 Datengrundlage und Entwicklung des 3D-Modells

Die Ausgangsbasis für die Entwicklung des 3D-Untergrundmodells bildeten Bohrungsinformationen aus der Erdöl- und Erdgaserkundung sowie Untersuchungsergebnisse aus der

seismischen Erkundung (reflexionsseismische Tiefenprofile und reflexionsseismisches Kartenwerk 1 : 100 000) in der ehemaligen DDR. Die Daten stammen aus den Archiven des LBGR sowie der ENGIE E & P Deutschland GmbH (seit Mai 2018 im Besitz der Neptune Energy). Diese Daten liegen in einem damals gültigen, heute aber nicht mehr aktuellen Kenntnisstand vor und mussten dementsprechend neu interpretiert werden.

Aus den Daten wurden Informationen zu 12 reflexionsseismischen Horizonten (Tab. 1) abgeleitet, die flächendeckend modelliert werden können.

Mit Hilfe der digitalisierten Bohrungsinformationen, den reflexionsseismischen Horizontkarten sowie den Daten zwei-

reflexionsseismischer Horizont	stratigraphische Interpretation
T1	Transgressionsfläche Känozoikum
B2–T2	Transgressionsfläche Mittelalb bis Cenoman
T3–T4	Transgressionsfläche Unteralb bis Wealden
E1–E2	Intra-Oxford bis Kimmeridge
L1	Intra-Toarc
K2	Top Oberer Gipskeuper
M1	Intra-Hauptmuschelkalk
S1	Top Salinarröt
X1	Top Zechsteinsalinar
Z1	Top Unterer Staßfurthanhydrit
Z3	Basis Werraanhydrit
R6	Basis Oberrotliegend 2

Tab. 1: Reflexionsseismische Horizonte und stratigraphische Interpretation (nach GÖTHEL 2016, 2018)

Tab. 1: Seismic reflectors and stratigraphic correlation, after GÖTHEL (2016, 2018)

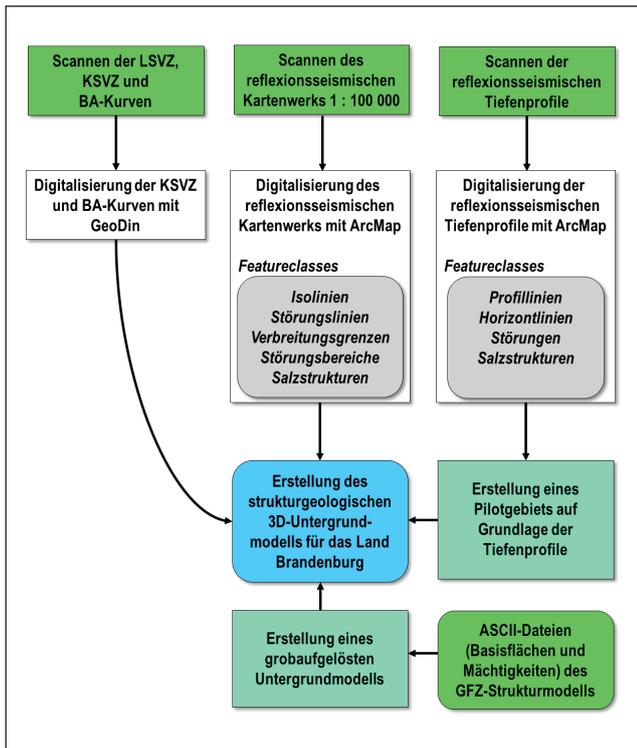


Abb. 1: Arbeitsablauf zur Entwicklung des 3D-Untergrundmodells, LSVZ = Langschichtenverzeichnis, KSVZ = Kurzsichtenverzeichnis, BA-Kurven = Bohrlochabweichung

Fig. 1: Work flow for the development of the 3D-subsurface model

er Übersichtsmodelle des GFZ Potsdam (SCHECK-WENDE-ROTH & LAMARCHE 2005, SIPPEN, FUCHS et al. 2013), wurde in einem mehrstufigen Vorgehen ein landesweites 3D-Untergrundmodell für Brandenburg entwickelt (Abb. 1 und 2). Soweit aus den Daten erkennbar, wurden die Störungsflächen mit ihrem tatsächlichen Einfallen modelliert, andernfalls als senkrecht stehend. Es wurden insgesamt über 120 Störungen in mehreren Hauptstörungssystemen und getrennt nach post- und präsalinaren Störungen modelliert (Abb. 2: 1.). Aufgrund der teilweise sehr komplexen Störungssysteme wurden Kriterien festgelegt, ab wann eine Störungsfläche in die Modellierung eingeht. So muss die Störung eine laterale Ausdehnung von mindestens 5 km aufweisen und über mindestens zwei Horizonte verfolgbar sein. Teilweise wurden aber auch überall dort kürzere Störungen modelliert, wo hohe Versätze auftreten, oder wo es unumgänglich für eine stetige Modellierung der Horizonte war. Im Anschluss an die Störungsmodellierung erfolgte auf Grundlage der stratigraphisch zugeordneten Bohrungen, der reflexionsseismischen Horizontkarten, unter Berücksichtigung von Versatzbeträgen und Verbreitungsgrenzen die Modellierung der Horizontflächen (Abb. 2: 2.). Das so entwickelte 3D-Modell beinhaltet 12 Horizontflächen sowie das großräumige Störungsnetzwerk für das Land Brandenburg. Die horizontale Auflösung des

Modells beträgt für alle Horizonte 250 m. Nur der X1-Horizont (entspricht etwa der Oberfläche des Zechsteinsalinars) wurde aufgrund der stark bewegten Topologie in einer variablen und deutlich höheren Auflösung modelliert, um die Salzdiapire und -kissen entsprechend abbilden zu können. Zusätzlich zum landesweiten Modell wurde ein Detailmodell (Abb. 2: 3.) für ein begrenztes Pilotgebiet erstellt. Im Gegensatz zum Landesmodell dient hier die digitalisierten seismischen Profile und Bohrungen als Datenbasis. Sowohl für das Landes- wie auch das Detailmodell wurden neben den Horizont- und Störungsflächen auch Volumen und einzelne sogenannte Voxel-Modelle (Abb. 2: 4.) erstellt. Diese teilen den Raum zwischen den Horizonten in einzelne Quader auf, denen wiederum Eigenschaften wie Temperatur oder Porosität zugewiesen werden können. Mithilfe solcher Modelle können unter Einbeziehung zusätzlicher Daten, verschiedene Szenarien, wie beispielsweise eine geothermische Nutzung des Untergrundes, simuliert und bewertet werden. Beide hier gezeigten Modelle spiegeln den Erkundungs- und Kenntnisstand bis 1990 wieder. Neuere Daten, welche im Zuge der aktuellen Erkundungstätigkeit im Land Brandenburg erhoben wurden, können nun sukzessive in die bestehenden Modelle eingearbeitet und diese damit nach und nach auf den aktuellen Stand gebracht werden.

### 3 Aufbau der Datenbankstruktur und des Fachinformationssystems 3D (Brandenburg 3D)

Um den Zugriff auf die neu digitalisierten Geo-Daten zu ermöglichen, wurde am LBGR ein Fachinformationssystem 3D aufgebaut. Dieses gliedert sich in drei Teile:

- das Geologie-Informationssystem (GeoIS) als interne Arbeitsplattform,
- den Infrastruktur-Knoten (ISK) als Service- und Daten-Plattform für das Geologie Portal und
- die Internetanwendung mit dem Geologie-Portal für die Präsentation der Ergebnisse im Internet.

Das Geologie-Informationssystem dient zur Verwaltung der Primärdaten (Schichtenverzeichnisse und seismische Untergrundinformationen) und der aus diesen Daten abgeleiteten 3D-Modelle. Dieses System umfasst die B3D-Datenbank-„Work“ als zentralen Datenspeicher und die Werkzeuge zur Erfassung, Bearbeitung und Pflege von Daten einschließlich ihrer Metadaten (Abb. 3). Sie ist physisch vom Internet isoliert und nur für Mitarbeiter des LBGR zugänglich.

Der zweite Teil des Systems wird als Infrastruktur-Knoten (ISK) bezeichnet und beinhaltet alle für die Veröffentlichung der Daten im Internet notwendigen Komponenten (Abb. 3). Hierzu zählen die B3D-Datenbank-GDI sowie die Open-Source-Software Geoserver, welche die Daten für die Internet-Anwendung bereitstellt. Der ISK befindet sich, anders als das GeoIS mit der internen Datenbank „Work“, auf dem Internetserver und enthält ausschließlich Daten, die für die Veröffentlichung freigegeben sind. Diese

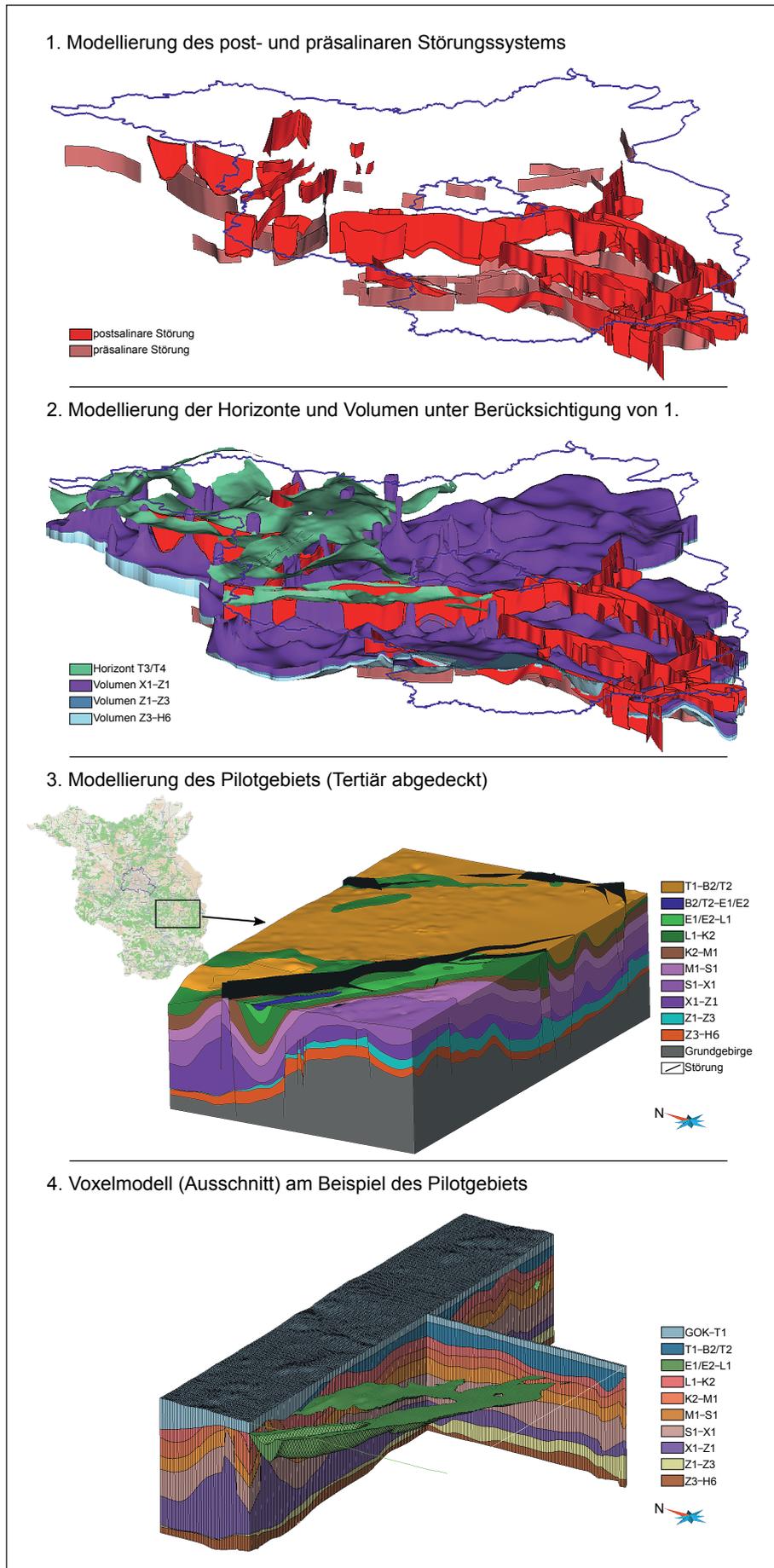


Abb. 2:  
Modellierungsablauf und  
erarbeitete 3D-Untergrundmodelle

Fig. 2:  
Modeling process and resulting  
3D-subsurface models

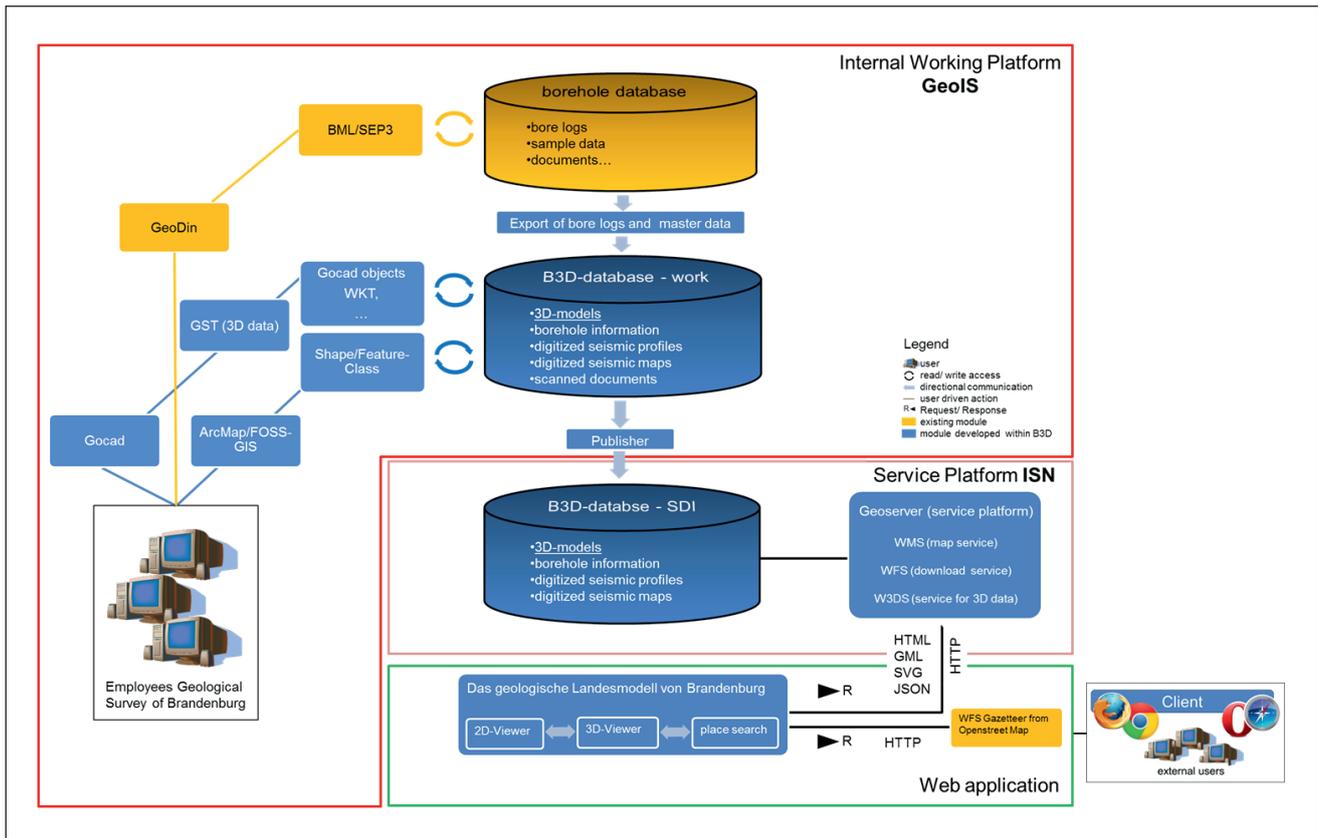


Abb. 3: Logische Architektur des entwickelten Informationssystems

Fig. 3: Architecture of the developed information system

Daten werden über OGC-konforme Webservices ins Internet transportiert.

Der dritte Teil des Systems beinhaltet die eigentliche Internet-Anwendung, welche sich in einen informativen Bereich, den 2D-Mapviewer und den 3D-Earthviewer gliedert. Beide Viewer sind in ein neu entwickeltes Online-Portal, das Geologische Landesmodell von Brandenburg, integriert. Das Online-Portal bzw. die Internet-Anwendung kann unter der Adresse: [http://www.geo.brandenburg.de/Brandenburg\\_3D/](http://www.geo.brandenburg.de/Brandenburg_3D/) mit jedem modernen Internetbrowser (z. Zt.: Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera und Microsoft Internet Explorer) ohne Zuhilfenahme externer Software (sog. Browser-Plugins) aufgerufen werden.

Während der gesamten Entwicklung dieses Systems wurde darauf geachtet, vorzugsweise freie und quelloffene Software einzusetzen (Linux-Server, PostgreSQL-Datenbank, Geoserver usw.).

## 4. Aufbau der Internetanwendung

### 4.1 Startseite

Auf der Startseite (Abb. 4) befinden sich Informationen zum Projekt, den Funktionen der Anwendung sowie den Projektpartnern. Von hier aus gelangt man über die entsprechenden Schaltflächen in der Kopfzeile zu den beiden Viewern.

### 4.2 2D-Mapviewer

Die initiale Startansicht des 2D-Mapviewer zeigt eine topografische Karte von Brandenburg mit den für das Modell verwendeten Bohrlokalationen (Abb. 5). Auf der rechten Seite des Browserfensters befindet sich der Layer-Tree, welcher in gewohnter Weise bedient werden kann sowie eine Infobox mit einer Bedienungshilfe. Im oberen Bereich ist die Werkzeugleiste für die Interaktion mit den Daten angeordnet. Neben den bekannten Zoom- und Pan-Funktionen sind hier außerdem Funktionen zum Hinzufügen externer Dienste, zum Vermessen sowie eine Ortssuche integriert. Zu den angebotenen Daten zählen die Bohrungen, die seismischen Profilschnitte sowie die digitalisierten reflexionsseismischen Horizontkarten. Die Interaktion mit den Karteninhalten erfolgt über einfaches Anklicken einer entsprechenden Geometrie. So wird beispielsweise ein Bohrprofil oder ein seismischer Schnitt inklusive der dazugehörigen Stammdaten aufgerufen. Um den Zugang zu den Tiefeninformationen der einzelnen Daten zu ermöglichen, wurden spezielle Filter- und Suchwerkzeuge implementiert. Ähnlich wie bei einem Desktop-GIS, ist es möglich, die Bohrungen und seismischen Profile nach bestimmten Kriterien zu durchsuchen und die Daten mit Hilfe eines klassifizierten Stils unterschiedlich zu visualisieren, z. B. in Anhängigkeit von der Endteufe oder dem erreichten Endhorizont. Zusätzlich ist es möglich an jeder Stelle der Karte eine virtuelle Boh-

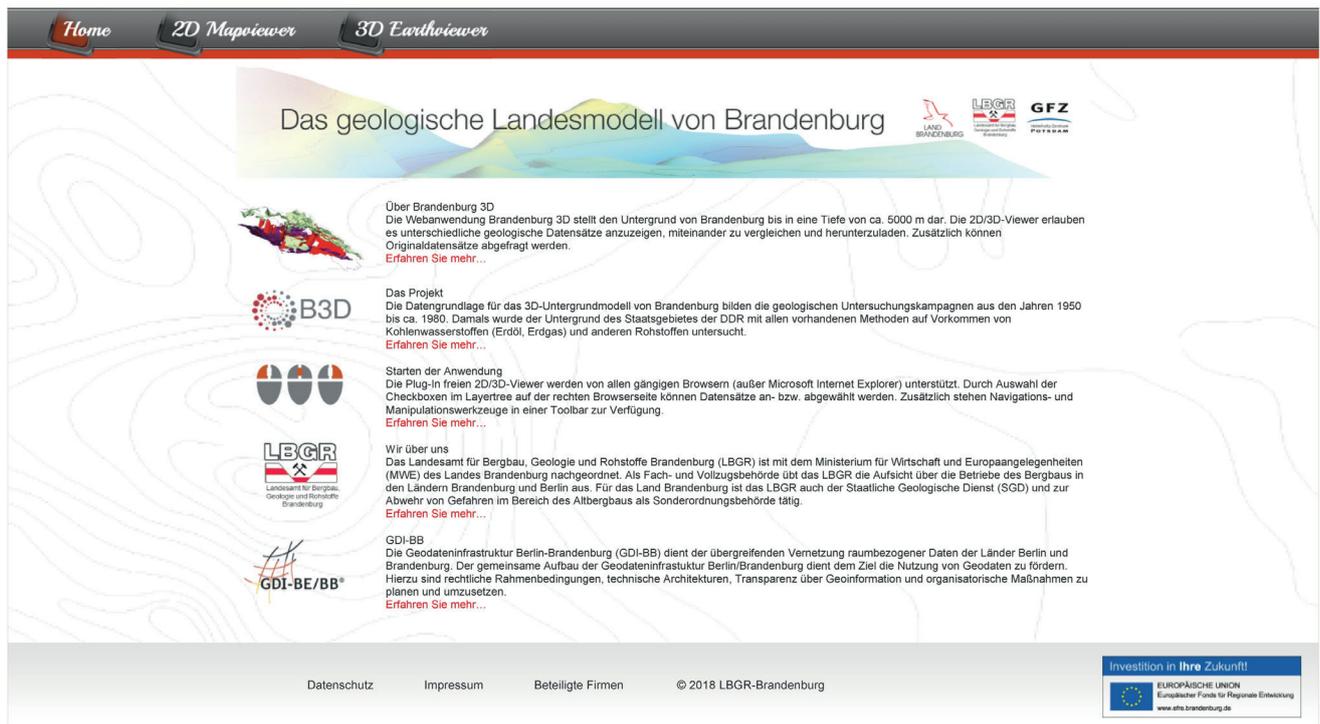


Abb. 4: Aufbau der Startseite  
 Fig. 4: Design of the Homepage

rung oder einen virtuellen Profilschnitt zu erzeugen. Hierbei erfolgt zur Laufzeit eine Abfrage auf das in der Datenbank abgelegte 3D-Modell. Die Positionierung des virtuellen Schnitts erfolgt entweder durch direktes Anklicken der Lokation in der Karte oder durch Eingabe entsprechender Koordinatenpaare. Als Ergebnis werden die an dieser Stelle angetroffenen seismischen Horizonte in Form eines Profils ausgegeben. Ein weiteres Feature ist die Kopplung des 2D-Mapviewers mit dem 3D-Earthviewer. Hierdurch ist es möglich, einen im 2D-Mapviewer generierten Ausschnitt in den 3D-Earthviewer zu übernehmen.

### 4.3 3D-Earthviewer

Der 3D-Earthviewer (Abb. 6) orientiert sich in Design und Funktionalität sehr am 2D-Mapviewer. Auf der rechten Seite befindet sich wieder der Layer-Tree, über den einzelne Layer ein- und ausgeschaltet werden können sowie eine Hilfe und eine Übersichtskarte. Auf dieser wird die aktuelle Position des Mauszeigers als Punkt und die gegenwärtige Blickrichtung symbolisiert. Zu den verfügbaren Tools der Werkzeuggeste zählen u. a. das Generieren von Permalinks und Screenshots, die Manipulation der Überhöhung des Modells sowie die Möglichkeit zur Darstellung der 3D-Inhalte als Punktwolke. Ähnlich wie bei der Benutzung einer 3D-Modellierungssoftware kann das Modell beliebig gedreht und stufenlos hinein und heraus gezoomt werden. Falls nötig, kann durch Klicken auf einen speziellen Button

die ursprüngliche Start-Ansicht wieder hergestellt werden. Durch eine Mouse-Over-Funktion können, ähnlich wie im 2D-Mapviewer (Abb. 5), zusätzliche Informationen zu den einzelnen Objekten abgefragt werden. Eine zentrale Funktion des 3D-Earthviewers ist, wie im 2D-Mapviewer, die Möglichkeit an jeder beliebigen Stelle des Modells eine virtuelle Bohrung oder einen virtuellen Profilschnitt zu erzeugen. Hier wird zusätzlich zu dem generierten Profil auch der Verlauf des virtuellen Bohrlochs bzw. Profilschnitts angezeigt. Alle auf diese Weise produzierten Profile, wie auch die im 2D-Mapviewer verfügbaren Bohrprofile und Profilschnitte können in Form von PDF-Dateien exportiert und mit zusätzlichen Bemerkungen versehen werden. Alle im 3D-Earthviewer verfügbaren Flächen werden in ihrer Gesamtgröße generalisiert dargestellt, um die Datenmenge und somit die Reaktionszeit der Anwendung niedrig zu halten. Die Anwendung unterstützt die Koordinatensysteme EPSG: 25833 (Defaultwert), EPSG: 4258, EPSG: 4839, EPSG: 4326 und EPSG: 25832.

## 5 Aktuelle Arbeiten und Ausblick

Unter Leitung der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe wird durch die Geologischen Dienste der norddeutschen Länder bis 2020 ein flächendeckendes 3D-Untergrundmodell des Norddeutschen Beckens entwickelt, um die Geopotentiale des tiefen Untergrundes länderübergreifend abschätzen und bewerten zu können. Im Zuge die-

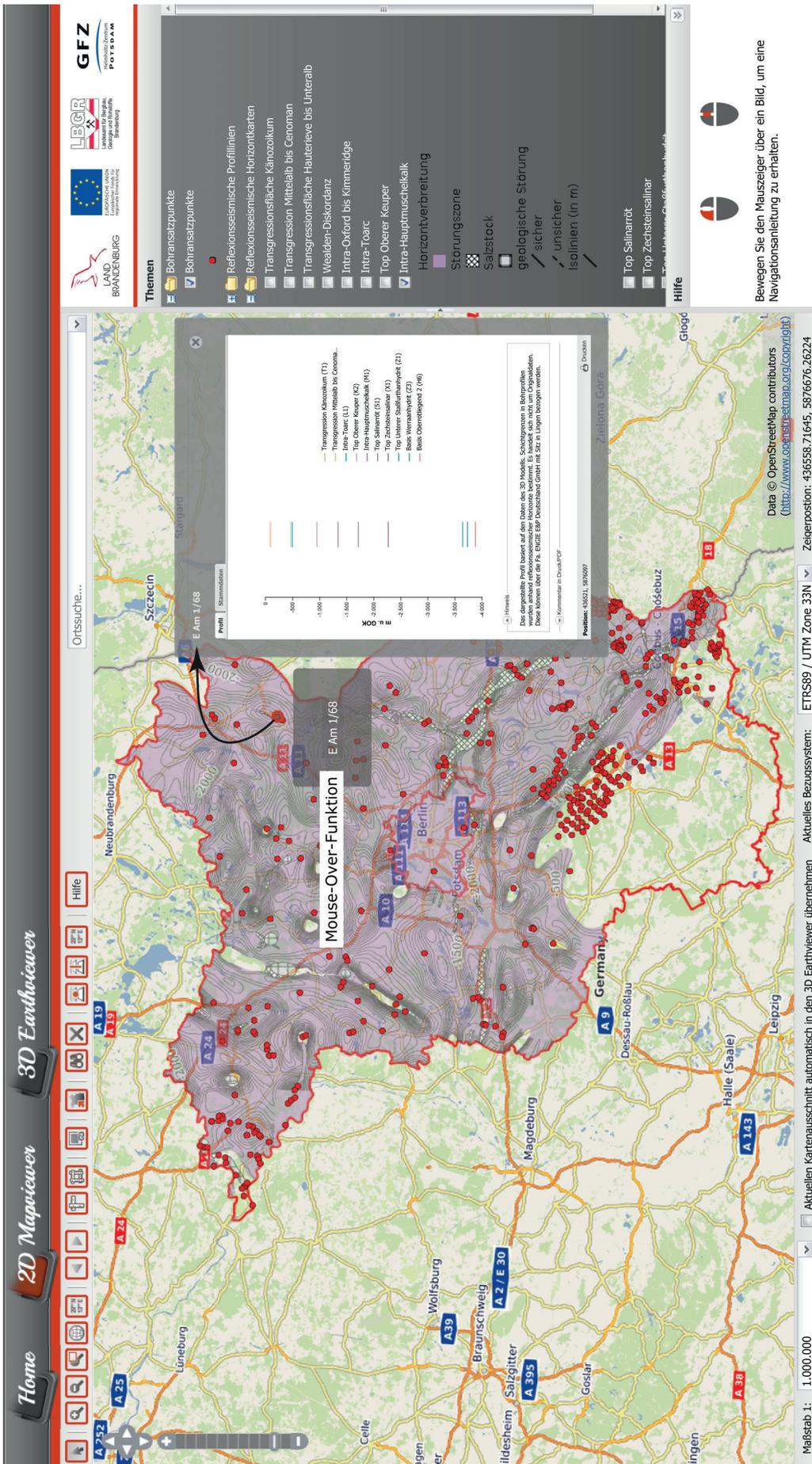


Abb. 5:  
Aufbau und  
Funktionalitäten des  
2D-Mapviewer

Fig. 5:  
Design and functionalities  
of the 2D-Mapviewer

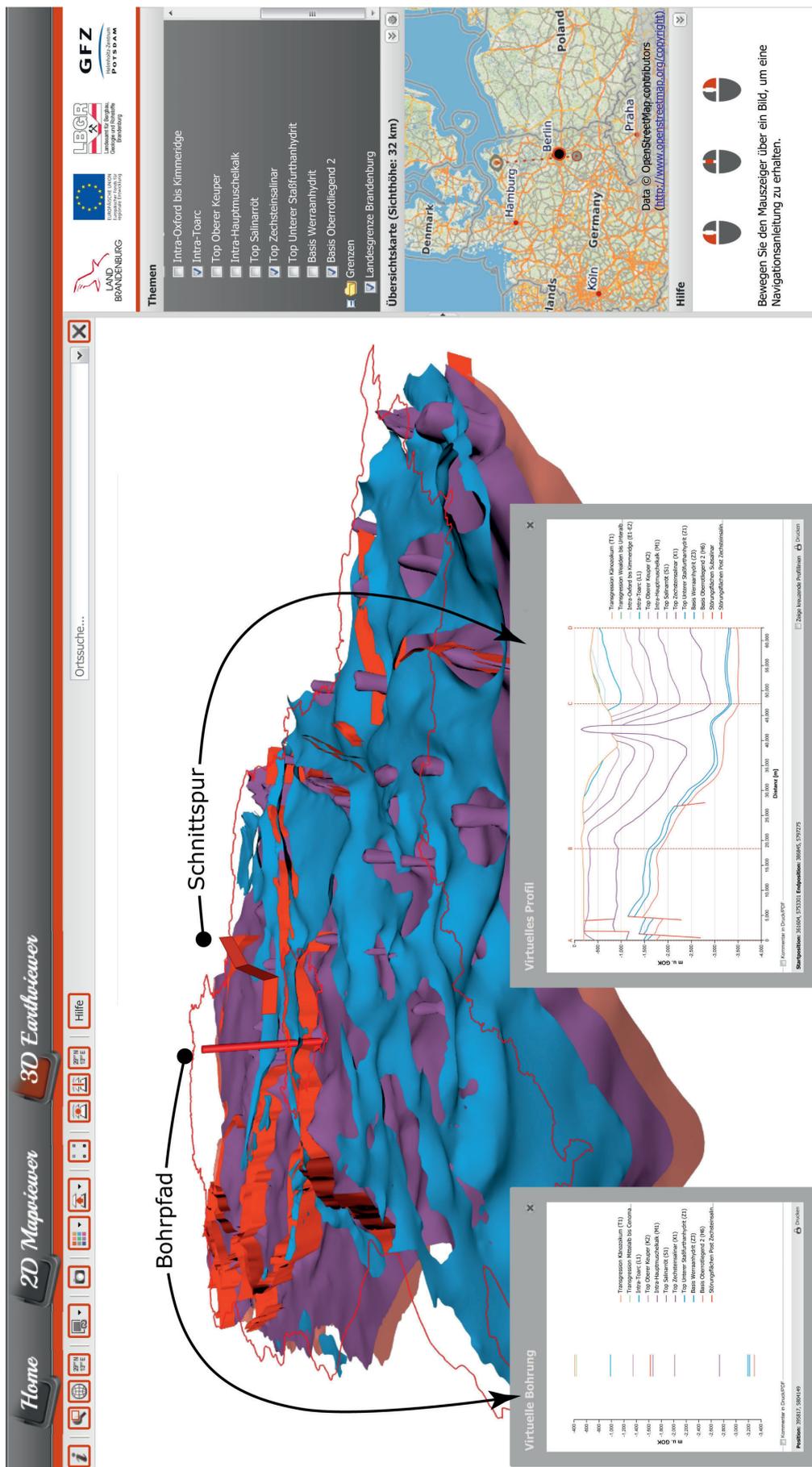


Abb. 6:  
Aufbau und  
Funktionalitäten des  
3D-Earthviewer

Fig. 6:  
Design and functionalities  
of the 3D-Earthviewer

ses Projekts „Tiefer Untergrund Norddeutsches Becken“ (TUNB) laufen am LBGR derzeit weitergehende Recherche- und Digitalisierungsarbeiten, um die bestehende Datenbasis auszubauen und die Arbeiten an dem bestehenden Modell fortzuführen. Hierzu werden bisher nicht bearbeitete Untersuchungskampagnen der ehemaligen DDR sowie Erkundungsergebnisse nach 1996 ausgewertet und in den aktuellen Kenntnisstand überführt. Im Anschluss erfolgt die Harmonisierung mit den bisher erfassten Daten. Auf Grundlage dieser verbesserten Datenbasis wird das bestehende 3D-Untergrundmodell überarbeitet und um zusätzliche Horizonte, wie beispielsweise die Basis des Rupelton, erweitert.

### Zusammenfassung

Im Projekt Brandenburg 3D wurde die Entwicklung eines flächendeckenden geologischen 3D-Modells für das Land Brandenburg sowie eine digitale Infrastruktur zur Verwaltung und Veröffentlichung der Ergebnisse realisiert. Die vorliegenden, überwiegend analogen Daten wurden vollständig gescannt und in digitale Dokumente umgewandelt. Auf dieser Grundlage wurde anschließend ein flächendeckendes, hochaufgelöstes Untergrundmodell für Brandenburg entwickelt, das die wichtigsten durchgehenden Schichteinheiten und Störungen enthält. Um das 3D-Modell und die übrigen Projektergebnisse der Öffentlichkeit zur Verfügung zu stellen, wurde außerdem eine Infrastruktur aufgebaut, welche die Daten mittels OGC-konformer Webservices über ein Online-Portal im Rahmen der Geodateninfrastruktur Berlin-Brandenburg (GDI BE/BB) im Internet veröffentlicht. Durch diese Maßnahme können erstmals räumliche Informationen auch über den tiefen Untergrund für das gesamte Land Brandenburg über 3D-Modelle zur Nachnutzung durch Unternehmen, den interessierten Bürger und Landesbehörden bereitgestellt werden. Das Projekt wurde mit EFRE-Mitteln gefördert.

### Summary

Within the project Brandenburg 3D a comprehensive geological 3D model of Brandenburg as well as a digital infrastructure for administration and publication of the results was developed. The primarily analogue data were scanned and digitalized. Afterwards a comprehensive 3D subsurface model as well as a smaller, detailed model was constructed, which shows the most important geological structures across Brandenburg. In order to present the 3D-Model and further archived results to the public, an infrastructure was built up, which publishes the data via OGC compliant web services through an new developed online portal in the framework of the Spatial Data Infrastructure Berlin-Brandenburg (SDI BE/BB) through the internet. For the first time it is now possible to provide information about the deep underground of Brandenburg in the form of 3D-models through the newly developed web application and make them accessible to the

economy, scientists, state authorities and interested citizens. The project was funded by the European Fund for Regional Development (EFRE).

### Literatur

- BEAK CONSULTANTS GMBH (2010): Konzeption für die Durchführung des Projektes „Modellierung und web-basierte dreidimensionale Visualisierung des geologischen Untergrundes von Brandenburg“ – [http://geoportal.brandenburg.de/fileadmin/user\\_upload/unterlagen/efre/ergebnisse/2010-11-12\\_Konzept\\_3D-Untergrundmodell.pdf](http://geoportal.brandenburg.de/fileadmin/user_upload/unterlagen/efre/ergebnisse/2010-11-12_Konzept_3D-Untergrundmodell.pdf) (letzter Zugriff am 08.04.2015)
- GÖTHEL, M. (2016): Lithologische Interpretation und stratigraphisches Niveau der reflexionsseismischen Horizonte im Untergrund Brandenburgs einschließlich Berlins. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **23**, 1/2, S. 85–90
- GÖTHEL, M.: Stratigraphie von Brandenburg 2018.– Brandenburg. geowiss. Beitr. **25**, 1/2, S.47–50
- SHECK-WENDEROTH, M. & J. LAMARCHE (2005): Crustal memory and basin evolution in the Central European Basin System – new insights from a 3D structural model. – Tectonophysics **397**, S. 143–165
- SCHILLING, M., JAHNKE, J., SIMON, A. & T. HÖDING (2014): Brandenburg 3D – a comprehensive 3D subsurface model, conception of an infrastructure node and a web application. – 2nd European meeting on 3D geological modelling, Edinburgh, 20th–21st November 2014, [http://www.3dgeology.org/resources/edinburgh/11\\_Abstract\\_Brandenburg%203D.pdf](http://www.3dgeology.org/resources/edinburgh/11_Abstract_Brandenburg%203D.pdf) (letzter Zugriff am 10.07.2018)
- SIPPEL, J., FUCHS, S., CACACE, M., BRAATZ, A., KASTNER, O., HUENGES, E. & SHECK-WENDEROTH, M. (2013): Deep 3D thermal modelling for the city of Berlin (Germany). – Environmental Earth Sciences **70**, 8, S. 3545–3566

### Anschriften der Autoren:

Maik Schilling  
 Andreas Simon  
 Christoph Jahnke  
 Dr. Thomas Höding  
 Landesamt für Bergbau,  
 Geologie und Rohstoffe Brandenburg  
 Inselstraße 26  
 03046 Cottbus  
[maik.schilling@lbgr.brandenburg.de](mailto:maik.schilling@lbgr.brandenburg.de)  
[andreas.simon@lbgr.brandenburg.de](mailto:andreas.simon@lbgr.brandenburg.de)  
[christoph.jahnke@lbgr.brandenburg.de](mailto:christoph.jahnke@lbgr.brandenburg.de)  
[thomas.hoeding@lbgr.brandenburg.de](mailto:thomas.hoeding@lbgr.brandenburg.de)

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	25 (2018), 1/2	S. 47–50	1 Einbl., 31 Zit.
------------------------------	---------	----------------	----------	-------------------

## Stratigraphie von Brandenburg 2018

### Stratigraphy of the state Brandenburg 2018

MICHAEL GÖTHEL

Die Stratigraphie von Brandenburg ist eine wichtige Grundlage der 3D-Modellierung des Untergrundes Brandenburgs. Neue Untersuchungs- und Erkundungsergebnisse und vor allem der geowissenschaftliche Wissens- und Kenntnisfortschritt erforderten eine entsprechende Überarbeitung der „Stratigraphie von Brandenburg 2014“ (GÖTHEL 2014). Nachfolgend beschriebene Änderungen und Präzisierungen sind wie die Literaturbezüge als Ergänzungen zum Text der „Stratigraphie von Brandenburg 2014“ konzipiert.

Das diesem Heft beigegebene Einlegeblatt mit der stratigraphischen Tabelle für das Land Brandenburg gibt wie bisher auf der linken Seite die derzeit international und größtenteils auch in Deutschland gültige chronostratigraphische Gliederung (INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY 2018, DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION 2016) von Ablagerungen des Ediacarium bis Neogen wieder. Die Basis der kleinsten chronostratigraphischen Einheiten, die Stufen, werden international in dafür weltweit am besten geeigneten Aufschlüssen, den so genannten Global Stratotype Section and Points (GSSP) definiert (INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY 2015, 2018). Gegenüber 2014 sind inzwischen die Stufen des Holozän definiert, auf dessen Darstellung wegen ihrer geringen Zeitspanne jedoch verzichtet wurde. Weiter wurde die Basis der oligozänen Stufe Chatt (COCCIONI et al. 2018) und der unterpermischen Stufe Sakmara (INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY, SUBCOMMISSION ON PERMIAN STRATIGRAPHY 2018, als Diskussionsgrundlage CHERNYKH et al. 2013) definiert worden. International konnte außerdem das Alter der Basis mehrerer Stufen präzisiert werden. Dazu gehören die Stufen Zanclé (gleichzeitig Basis des Pliozän), Tortona, Chatt, Priabona, Barton, Indus (gleichzeitig Basis der Trias), Wujiaping (gleichzeitig Basis des Ober-Perm), Road (gleichzeitig Basis des Mittel-Perm), Sakmara und Rhuddan (gleichzeitig Basis des Silur).

Anzahl und Alter von Ereignissen globaler Auswirkung (Impakte mit Strukturen >10 km, die vulkanischen Aktivitäten kontinentale Flutbasalte und großer magmatische Provinzen sowie ozeanische anoxische Ereignisse (GLIKSON 2005, KELLER 2005, ARENS & WEST 2008, ROCHOLL et al.

2013, GLASS et al. 2013) wurden in der Tabelle ergänzt bzw. präzisiert und aktualisiert. Sie spielen wie die geochronologischen Altersdatierungen an Gesteinen genauso wie die globalen, eustatischen Zyklen 3. Ordnung (HARDENBOL et al. 1998, HAQ & SCHUTTER 2008, SNEDDEN & LIU 2010) eine große Rolle bei der chronostratigraphischen Korrelation europäischer Regionalstandards und lithostratigraphischer Einheiten Brandenburgs (rechte Seite des Einlegeblattes). Einige Regionalstandards befinden sich weiter in der Diskussion oder ihre Korrelation mit der Chronostratigraphie ist noch nicht sicher bzw. ungeklärt (unterbrochene Linien). So dient beispielsweise die Korrelation der Regionalstandards des mediterranen Raumes von Perigondwana (insbesondere Tschechiens), Sibiriens, Chinas, Australiens, Baltoskandaviens, Nordamerikas und Groß Britanniens mit den international definierten Stufen des Ordoviziums weiterhin als Diskussionsgrundlage (BERGSTRÖM et al. 2009). Ebenso sind einige Grenzen lithostratigraphischer Einheiten nicht sicher und bedürfen weiter der Diskussion.

Die lithologische Ähnlichkeit der Westprignitz und Westmecklenburgs im Paläogen legt die Anwendung der lithostratigraphischen Gliederung Westmecklenburgs auch für die Westprignitz ab dem oberen Untereozän nahe. Wegen der Übersichtlichkeit wird jedoch auf die Darstellung der lithostratigraphischen Gliederung Westmecklenburgs und der Westprignitz verzichtet, im Folgenden aber ihre Korrelation zur hauptsächlichen Gliederung Brandenburgs aufgezeigt. Die Untere Dragun-Formation („Grünsand-Gruppe“) entspricht der Oberen Marnitz-Formation und dem Hiatus bis zur Genthin-Formation. Die Obere Dragun-Formation („Kalksandstein-Gruppe“) entspricht der Genthin-Formation, reicht aber wesentlich weiter und schließt den Hiatus zwischen Genthin- und Nedlitz-Formation fast gänzlich. Die Conow-Formation („Tonmergelgruppe“) repräsentiert das gesamte Barton und reicht vermutlich nicht in das Obereozän. Erosiv lagern darüber Rupelbasissand- und Rupelton-Formation des Untereozän. Im Oberoligozän entspricht die Plate- der Lindstedt-Formation, Sülstorf- und Rogahn-Formation der Unteren und Oberen Cottbus-Formation, wobei die Rogahn-Formation nur den oberen Teil

der Oberen Cottbus-Formation vertritt. Die Berücksichtigung einer grundlegenden Arbeit zur Lithostratigraphie des Paläogen (KRUTZSCH 2011) erforderte auf Grund neuer biostratigraphischer Befunde vor allem die Umstufung der Nedlitz-Formation (Nannoplankton-Zone NP16) und der Serno-Formation im Unterschied zu LOTSCH (1981) ins Barton. Die Schlieben-, Nichtewitz- und Niemegek-Formation stellen mit ihren Braunkohlenflözen nunmehr die Äquivalente der marinen Serno-Formation mit Vermoorungen an der ehemaligen Nordsee-Küste dar. Die Untere Schönewalde-Formation rückt ins Priabona. Das jüngste Priabona wird von der Oberen Schönewalde-Formation repräsentiert und reicht in den Beginn des Rupel bis zur „Grande Coupure“ (STEHLIN 1909) bzw. bis zur Basis der europäischen Landsäuger-Zone MP21. STEHLIN's „Grande Coupure“ ist im Zusammenhang mit der Antarktis-Hauptvereisung zu sehen, die gegenüber dem Faunenschnitt im marinen Bereich zeitlich etwas verzögert als Folge des Popigaj-Impakts in Nordsibirien und des Chesapeake Bay-Impakts (GODERIS et al. 2013) an der jetzigen Ostküste Nordamerikas (Virginia) einsetzte. Die globale Abkühlung zu Beginn des Oligozän (Oil, VANDENBERGHE et al. 2012) kann somit als Folge der Impakt-Winter aufgefasst werden.

Die Zugehörigkeit der glaziomarinen Tillite in der Weesenstein-Gruppe im Elbtal-Schiefergebirge (Pendant der Lausitz-Gruppe bzw. Lausitzer Grauwacken) zur Vereisung im jüngeren Ediacarium ist gesichert. Diese Vereisung ist als Weesenstein-Orellana-Glaziation benannt worden (LINNEMANN et al. 2018). Sie ist mit dem absoluten Alter des Purpurberg-Quarzits (LINNEMANN et al. 2004) der negativen  $\delta^{13}\text{C}$ -Anomalie EN3 zuzuordnen und als Folge des Shuram-Impakts im heutigen Oman (YOUNG 2015) zu sehen.

An hinzugekommenen Impakten ist der Meteoritenschauer vom Mittel- bis Ober-Ordovizium (KOROCHANTSEVA et al. 2007) hervorzuheben, der von einer Asteroidenkollision zwischen Jupiter und Mars ausging. Sein Niedergang löste letztendlich die Sahara-Vereisung aus. Als weiterer möglicher Auslöser dieser Vereisung ist aber auch der Gammastrahlenblitz einer Supernova in Erwägung zu ziehen, der Veränderungen in der Erdatmosphäre mit letztendlich klimatischer Auswirkung zur Folge hatte.

Die inzwischen zum Teil definierte jeweilige Basis von Formationen des Keuper ermöglicht nun das Aufzeigen von Unterschieden zu den in der Praxis weiter verwendeten klassischen lithostratigraphischen Einheiten der Germanischen Trias. Vor allem am Beispiel des Keuper werden diese Unterschiede und auch der Überfluss von Umbenennungen lithostratigraphischer Einheiten mit klassischer Benennung deutlich. Während Korrelationen mit der internationalen Chronostratigraphie isochrone Marker erfordern (beispielsweise im Mittleren Keuper, FRANZ et al. 2014), die insbesondere die Zuordnung von Ereignis begründeten Leithorizonten mittels der eventstratigraphischen sowie der sequenzstratigraphischen Methode ermöglichen, hat dagegen eine Flut von diachronen, faziell begründeten lithostratigraphischen Einheiten (Formationen, Subformationen) eingesetzt (vgl. „LithoLex“, DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION 2018). Diese sind zwar besonders zur Begründung von faziell abhängigen Faunen- und Floren-Gemeinschaften (beispielsweise Gemeinschaften benthonischer Foraminiferen, Ostrakoden, Makrofloren) bedeutsam und nützlich, erschweren jedoch oft in der Praxis die Arbeit angewandter Disziplinen bis hin zum Bergbau. So sei es an dieser Stelle gestattet, den Zeigefinger mit der Mahnung zu erheben, den praktischen Bezug nicht zu verlieren.

Als weitere Grundlage für die 3D-Modellierung Brandenburgs sind die reflexionsseismischen Horizonte (GÖTHEL 2016) hinzugekommen. Ihr an markante lithologische Wechsel gebundenes Auftreten erfordert einige Doppelungen auch relativ isochroner Horizonte (grün, beispielsweise L1 und L2 in GÖTHEL 2016, Abb. 1). Die oft mehrfache Eintragung der diachronen Transgressions- und Diskordanzflächen (T-Horizonte, rot) ist durch ihr gebietsweise zeitlich unterschiedliches Einsetzen begründet.

In der „Stratigraphie von Brandenburg 2018“ weiterhin unberücksichtigt bleiben stratigraphisch bisher in Brandenburg nicht zuordenbare Gesteine des variszischen Grundgebirges im Bereich der Norddeutsch-Polnischen Senke, wie beispielsweise die erbohrten phyllitischen Gesteine im Bereich des Pillgram-Hochs (GÖTHEL 2012).

In der „Stratigraphie von Brandenburg 2018“ weiterhin unberücksichtigt bleiben stratigraphisch bisher in Brandenburg nicht zuordenbare Gesteine des variszischen Grundgebirges im Bereich der Norddeutsch-Polnischen Senke, wie beispielsweise die erbohrten phyllitischen Gesteine im Bereich des Pillgram-Hochs (GÖTHEL 2012).

## Literatur

- ARENS, N. C. & I. D. WEST (2008): Press-pulse: a general theory of mass extinction? – *Paleobiology* **34**, 4, S. 456–471
- BERGSTRÖM, S. M., CHEN, X., GUTIÉRREZ-MARCO, J. C. & A. DRONOV (2009): The new chronostratigraphic classification of the Ordovician System and its relations to major regional series and stages and to  $\delta^{13}\text{C}$  chemostratigraphy. – *Lethaia* **42**, 1, S. 97–107
- CHERNYKH, V. V., CHUVASHOV, B. I., SHEN, S. & C. M. HENDERSON (2013): Proposal for the Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base-Sakmarian Stage (Lower Permian). – *Permophiles* **58**, S. 16–34
- COCCIONI, R., ALESSANDRO MONTANARI, A., BICE, D., BRINKHUIS, H., DEINO, A., FRONTALINI, F., LIRER, F., MAIORANO, P., MONECHI, S., PROSS, J., ROCHETTE, P., SAGNOTTI, L., SIDERI, M., SPROVIERI, M., TATEO, F., TOUCHARD, Y., VAN SIMAEYS, S., & G. L. WILLIAMS (2018): The Global Stratotype Section and Point (GSSP) for the base of the Chattian Stage (Paleogene System, Oligocene Series) at Monte Cagnero, Italy. – *Episodes* **41**, 1, S. 17–32
- DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (2016): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016 (STD 2016). – <https://www.stratigraphie.de/std/> (letzter Zugriff am 23.08.2018)

- DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (2018): LithoLex – Lithostratigraphisches Lexikon. – <https://www.litholex.bgr.de> (letzter Zugriff am 14.08.2018)
- FRANZ, M., NOWAK, K., BERNER, U., HEUNISCH, C., BANDEL, K., RÖHLING, H.-G. & M. WOLFGRAMM (2014): Eustatic control on epicontinental basins: The example of the Stuttgart Formation in Central European Basin (Middle Keuper, Late Triassic). – *Global and Planetary Change* **122**, S. 305–329
- GLASS, L. M., AHMAD, M. & J. N. DUNSTER (2013): Chapter 30: Kalkarindji Province. – In: AHMAD, M. & T. J. MUNSON (Compilers): *Geology and mineral resources of the Northern Territory*. – Northern Territory Geological Survey, Special Publication **5**, 17 S.
- GLIKSON, A. (2005): Asteroid/comet impact clusters, flood basalts and mass extinctions: Significance of isotopic age overlaps. – *Earth and Planetary Science Letters* **236**, S. 933–937
- GODERIS, S., PAQUAY, F. & P. CLAEYS (2013): Projectile identification in terrestrial impact structures and ejecta material. – In: OSINSKI, G. R. & E. PIERAZZO (eds.): *Impact Cratering, Processes and Products*, S. 223–239, Oxford (Blackwell Publishing Ltd.)
- GÖTHEL, M. (2012): Paläozoikum . – In: *Erläuterungen zur Geologischen Karte 1 : 50 000 L 3952 Eisenhüttenstadt / L 3954 Eisenhüttenstadt Ost/Cybinka*. – Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg (Hrsg.), S. 15–17, Potsdam
- GÖTHEL, M. (2014): *Stratigraphie von Brandenburg 2014*. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **21**, 1/2, S. 19–22, 1 Einbl.
- GÖTHEL, M. (2016): Lithologische Interpretation und stratigraphisches Niveau der reflexionsseismischen Horizonte im Untergrund Brandenburgs einschließlich Berlins. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **23**, 1/2, S. 85–90
- HAQ, B. U. & S. R. SCHÜTTER (2008): A Chronology of Paleozoic Sea-Level Changes. – *Science* **322**, S. 64–68
- HARDENBOL, J., THIERRY, J., FARLEY, M. B., JACQUIN, T., DE GRACIANSKY, P.-C. & P. R. VAIL (1998): Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Chart. – In: DE GRACIANSKY, P.-C., HARDENBOL, J., JACQUIN, T. & P. R. VAIL (eds.): *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, SEPM Special Publication **60**, chart
- HAUG, E. (1908 – 1911): *Traité de Géologie II. – Les périodes géologiques*. – *Livres 1–2*, S. 539–1396, Paris (Librairie Armand Colin)
- INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY (2015): GSSP Table – All Periods, Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the International Commission on Stratigraphy. – Last updated: January 2015. – <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-gssps> (letzter Zugriff am 25.08.2018)
- INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY (2018): International Chronostratigraphic Chart. – Last updated: August 2018. – <http://www.stratigraphy.org> (letzter Zugriff am 27.08.2018)
- INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY, SUBCOMMISSION ON QUATERNARY STRATIGRAPHY (2018): IUGS ratifies Holocene subdivisions. – Posted by HEAD, M. J.: July 20, 2018. – <http://quaternary.stratigraphy.org/iugs-ratifies-holocene-subdivision/> (letzter Zugriff am 27.08.2018)
- INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY, SUBCOMMISSION ON PERMIAN STRATIGRAPHY (2018): The Sakmarian-base GSSP has been formally ratified. – Posted: August 25, 2018. – <http://permian.stratigraphy.org/ann/end.asp?ID=215> (letzter Zugriff am 25.08.2018)
- KELLER, G. (2005): Impacts, volcanism and mass extinction: random coincidence or cause and effect? – *Australian Journal of Earth Sciences* **52**, S. 725–757
- KOROCHANTSEVA, E. V., TRIELOFF, M., LORENZ, C. A., BUYKIN, A. I., IVANOVA, M. A., SCHWARZ, W. H., HOPP, J. & E. K. JESSBERGER (2007): L-chondrite asteroid breakup tied to Ordovician meteorite shower by multiple isochron <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar dating. – *Meteoritics and Planetary Science* **42**, 1, S. 113–130
- KRUTZSCH, W. (2011): *Stratigraphie und Klima des Paläogens im Mitteldeutschen Ästuar im Vergleich zur marinen nördlichen Umrahmung*. – *Z. dt. Ges. Geowiss.* **162**, 1, S. 19–46
- LINNEMANN, U., McNAUGHTON, N. J., ROMER, R. L., GEHMLICH, M., DROST, K. & C. TONK (2004): West African provenance for Saxo-Thuringia (Bohemian Massif): Did Armorica ever leave pre-Pangean Gondwana? – U/Pb-SHRIMP zircon evidence and Nd-isotopic record. – *Int. J. Earth Sci. (Geol. Rundschau)* **94**, S. 683–705
- LINNEMANN, U., PIDAL, A. P., HOFMANN, M., DROST, K., QUE-SADA, C., GERDES, A., MARKO, L., GÄRTNER, A., ZIEGER, J., ULRICH, J., KRAUSE, R., VICKER-RICH, P. & J. HORAK (2018): A ~565 Ma old glaciation in the Ediacaran of peri-Gondwanan West Africa. – *Int. J. Earth Sci (Geol. Rundsch.)* **107**, 3, S. 885–911
- LOTSCH, D. (1981): Korrelationstabelle der lithostratigraphischen Einheiten des Tertiärs der DDR. – In: **TGL 25234/08: Geologie, Stratigraphie, Stratigraphische Skala der DDR, Tertiär**. – Ministerium für Geologie, 30.7.1981, Berlin

ROCHOLL, A., OVTCHAROVA, M., SCHALTEGGER, U., WIJBRANS, J., POHL, J., HARZHAUSER, M., PRIETO, J., ULBIG, A. & M. BOEHME (2011): A precise and accurate “astronomical” age of the Ries impact crater, Germany: A cautions note on argon dating of impact material. – *Geophysical Research Abstracts* **Vol. 13**, EGU2011-13322-7, 1 S., EGU General Assembly

SNEDDEN, J. W. & C. LIU (2010): A Compilation of Phanerozoic Sea-Level Change, Coastal Onlaps and Recommended Sequence Designations. – *Search and Discovery Article #40594*, posted August 20, 2010 ([http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/documents/2010/40594snedden/ndx\\_snedden.pdf.html](http://www.searchanddiscovery.com/pdfz/documents/2010/40594snedden/ndx_snedden.pdf.html))

STEHLIN, H. G. (1909): Remarques sur les faunules de mammifères des couches éocènes et oligocènes du Bassin de Paris. – *Bull. Soc. géol. France* **9**, 4, S. 488–520

VANDENBERGHE, N., HILGEN, F. J. & R. P. SPEIJER (2012): Chapter 28: The Paleogene Period. – In: GRADSTEIN, F. M., OGG, J. G., SCHMITZ, M. D. & G. M. OGG (Eds.): *The Geologic Time Scale 2012 Volume 1 & 2*, S. 855–921, Amsterdam u. a. (Elsevier)

YOUNG, G. M. (2015): Environmental upheavals of the Ediacaran period and the Cambrian “explosion” of animal life. – *Geoscience Frontiers* **6**, 4, S. 523–535

**Anschrift des Autors:**

Michael Göthel  
Landesamt für Bergbau,  
Geologie und Rohstoffe Brandenburg  
Inselstraße 26  
03046 Cottbus  
[michael.goethel@lbgr.brandenburg.de](mailto:michael.goethel@lbgr.brandenburg.de)

Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	25 (2018), 1/2	S. 51–65	1 Abb., 2 Einlbl., 73 Zit.
------------------------------	---------	----------------	----------	----------------------------

# Erkundungs- und Kenntnisstand zu den präquartären Ablagerungen im Raum Bad Freienwalde/Letschin – weiterführende Erläuterungen zur Geologischen Karte 1 : 50 000, Blätter L 3350 und L 3372 und ihrer näheren Umgebung, Land Brandenburg

State of exploration and knowledge regarding the pre-quaternary deposits in the area of Bad Freienwalde/Letschin – detailed comments to Geological map 1 : 50 000, sheets L 3350 and L 3372 and the nearer surroundings (State Brandenburg, Germany)

MICHAEL GÖTHEL

## 1 Einleitung

Die hoheitliche Hauptaufgabe der Staatlichen Geologischen Dienste Preußische Geologische Landesanstalt (Weimarer Republik, Deutsches Reich) und fortführend Zentraler Geologischer Dienst (Deutsche Demokratische Republik) in Berlin bestand in der Schaffung Geologischer Karten im Blattschnitt des Messtischblatt-Kartenwerkes bzw. der Topographischen Karten 1:25 000. Diese Karten dienten als Grundlage für die Landwirtschaft, der Ingenieurgeologie einschließlich Baugrunduntersuchungen, insbesondere aber der Rohstoff-Erkundung. Trotz Darstellung der Oberflächengeologie bis zu 2 m Tiefe, sind die geologischen Kartierer dabei stets ihrem Anspruch treu geblieben, den Stand der geologischen Erkundung auszuwerten und einen aktuellen Kenntnisstand in den Erläuterungen der Geologischen Karten darzustellen. Mit dem enorm wachsenden Erkundungsumfang in der ehemaligen DDR wurden dementsprechend die Erläuterungen umfangreicher und teils zu Monographien. Mit dem derzeitigen Stand ist der Erkundungs- und Kenntnisstand so umfassend, dass er den Rahmen der Kartenblatt-Erläuterungen sprengen würde, insbesondere nach dem Wechsel zum Maßstab 1:50 000. Themenbezogene Publikationen werden daher zunehmend notwendig, um die Erkundungsauswertungen nach aktuellem Kenntnisstand in ihrer Komplexität ausreichend nachvollziehen zu können.

## 2 Erkundungs- und Kenntnisstand

Bohrungen, die den känozoischen Untergrund erkundet haben, wurden zum Zweck der staatlichen geologischen Kartierung der DDR, der Erdöl-/Erdgas-Erkundung sowie zur hydrogeologischen Untersuchung, zum Teil mit Grundwasser-Vorratsberechnung abgeteuft. Schon 1929 erfolgte mit der Niederbringung der Bohrung Wendtshof E Wtof 1/29, nordwestlich Bad Freienwalde und nordwestlich des Kar-

tenblattes L 3350 gelegen, die erste Erkundung auf Erdöl im Gebiet. Mit ihrer Endteufe von 631,4 m in der Unterkreide war sie allerdings nicht fündig. Im Bereich des Kartierungsgebietes wurden danach weitere 4 Bohrungen der Erdöl-/Erdgas-Erkundung von 1963 bis 1985 realisiert. Sie gehören zu den Erkundungsobjekten Ostbrandenburg (E Obra 107/63), Neutrebbin (E Ntr 1/68) und Wriezen (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85). Im Erkundungsobjekt Wriezen fungiert die Bohrung E Wriz 1E/85 als Ersatzbohrung zu der wegen Havarie bei 2 950 m Teufe aufgegebenen Bohrung E Wriz 1/82. Von diesen Bohrungen liegen separate, umfangreiche Ergebnisberichte (FROHSE 1963, LÖWE 1969, LANGE 1983, 1985) einschließlich der Berichte zur mikropaläontologischen Untersuchung (STOERMER 1963, ALBRECHT 1968, DREYER 1983) vor. Außer zur Bohrung E Obra 107/63 sind auch Berichte zur bohrlochgeophysikalischen Interpretation (VOLKMAR 1969, WECK 1985) vorhanden.

Die Ergebnisse der auf den Kartenblättern und dem sie umrahmendem Gebiet (Einbl. I, Abb. 1, 2) befindlichen 8 Kartierungsbohrungen der Objekte Schulzendorf (Kb SzdFu II/61), Kunersdorf (Kb Kun III/61), Genschmar (Kb Gen IV/61), Buckow (Kb BkwSu VI/61), Golzow (Kb GolzSe X/61), Altfriedland (Kb Afl XIV/62), Grunow (Kb GrunSu XV/62) und Müncheberg (Kb Müg 1/61) aus dem Zeitraum von 1961 bis 1962 wurden in MUBTOPF & TESSIN (1963) zusammengefasst. In LOTSCH & AHRENS (1963) erfolgte deren Auswertung hinsichtlich ihres paläogenen und neogenen Anteils. Bei den dokumentierten Ergebnisauswertungen der Erdöl-/Erdgas-Erkundung fand bereits ab Mitte der 1960er Jahre ein Abgleich der Teufen lithologischer Wechsel mit den bohrlochgeophysikalischen Messergebnissen und demzufolge eine Unterscheidung von unkorrigierten und korrigierten Teufen statt. Dieser Abgleich ist bei der damaligen Ergebnisauswertung der Kartierungsbohrungen in den Schichtenverzeichnissen jedoch nicht vorgenommen worden.

Als einzige Bohrung des hydrogeologischen Erkundungsobjektes Oderbruch von 1960 bis 1962 erreichte am Südostrand von Ortwig die Bohrung Hy Odb 2/61 den präkänozoischen Untergrund. Diese wurde zwar mikropaläozoologisch untersucht (TRÜMPER 1961a) nicht aber auch lithologisch im Ergebnisbericht dokumentiert (MEINERT 1962). Im hydrogeologischen Erkundungsobjekt Bad Freienwalde 1988 reichten zwei Bohrungen bis in den präkänozoischen Untergrund (Hy Fw 104/88, Hy Fw 111/88), von denen lediglich die Gesteinsbezeichnungen im Ergebnisbericht erfasst sind (KABOTH 1989). Aus der Bohrung Hy Fw 107/88 wurde eine Probe aus dem Unteroligozän mikropaläozoologisch untersucht (BACH 1988).

1958 wurden letztmalig die Braunkohlenflöze in den glazigenen Gleitschuppen am Westrand des Oderbruchs erkundet und im Ergebnisbericht des Objektes Altranft dokumentiert (AHRENS 1960, 1994).

Oberflächengeophysikalisch ist das Gebiet flächendeckend bis in die jüngste Zeit bestens erkundet worden. Von der Reflexionsseismik-Erkundung befinden sich auf den Kartenblättern und dem sie umrahmendem Gebiet Messprofile der Objekte:

- Brandenburg III (BbgIII) mit 10 Profilen von 1963,
- Eberswalde (EB) mit 2 Profilen von 1970,
- Müncheberg (MNC) mit 33 Profilen von 1986,
- Frankfurt/Oder (FF) mit 10 Profilen von 1986 bis 1987,
- Biesenthal (BTL) mit 3 Profilen von 1987,
- Finow (FIW) mit 5 Profilen von 1987 und
- Neutrebbin (NU) mit 37 Profilen von 1987.

Die ausgewerteten Ergebnisse der reflexionsseismischen Vermessungen wurden zuletzt in den Ergebnisberichten Müncheberg 1.1 und 2.1 (HESCHE et al. 1986) und Neutrebbin 1.1 (HARTMANN & MEYER 1987) interpretiert. Im Gebiet des Kartenblattes L 3350 wurden direkt im Bohrloch der Ersatzbohrung E Wriz 1E/1985 seismische Messungen mit Registrierung der Reflektoren durchgeführt (FESSER 1986). Das Niveau der Reflektoren dieser Vertikalprofilierung ermöglicht mittels der Bohrungsergebnisse die stratigraphische Korrelation der reflexionsseismischen Horizonte und damit auch die Interpretation der Bruch- und Halotektonik im Kartierungsgebiet.

Zu vorliegender Kartenerläuterung wurden sämtliche Bohrungen, die den präkänozoischen Untergrund erreicht haben, nach dem aktuellen Kenntnisstand bohrlochgeophysikalisch nachinterpretiert und stratigraphisch im Zusammenhang mit den Ergebnissen der paläontologischen Untersuchungen neu ausgewertet. Die registrierten Reflektoren der Vertikalprofilierung in der Ersatzbohrung E Wriz 1E/85 wurden stratigraphisch entsprechend GOETHEL (2016) neu zugeordnet. Bruchtektonische Situation und Ausstrich der kartierbaren stratigraphischen Einheiten an der präkänozoischen Oberfläche (Einbl. I, Abb. 1) sowie an der Basis des Känozoikums (Einbl. I, Abb. 2) entsprechen damit dem aktuellen Erkundungs- und Kenntnisstand.

### 3 Regionalgeologische Situation, Bruch- und Halotektonik

Das Kartierungsgebiet gehört regionalgeologisch zur Mecklenburg-Nordbrandenburgischen Kreidesenke, einem zentralen Bestandteil der Norddeutsch-Polnischen Senke (NÖLDEKE & SCHWAB 1977). Somit wird es an der präkänozoischen Oberfläche hauptsächlich durch den Ausstrich von Oberkreide gekennzeichnet (Einbl. I, Abb. 1). Lediglich über den Salzkissen Buckow und Bad Freienwalde wird dieser vom Ausstrich des Lias und der Unterkreide durchbrochen.

Die Kartenbilder der präkänozoischen Oberfläche (Einbl. I, Abb. 1) bzw. der känozoischen Basis (Einbl. I, Abb. 2) werden hauptsächlich durch den SSW–NNE Verlauf der Buckower Störungszone und der mit ihr kinematisch im Zusammenhang stehenden und SW–NE verlaufenden Staffelschiebung von Neutrebbin bestimmt (HARTMANN & MEYER 1987). Die Buckower Störungszone ist Bestandteil des Schwedt–Szczecin–Lineaments, welches zu einer Reihe weiterer SSW–NNE verlaufender Lineamente gehört, die bereits das Unterrotliegend der Norddeutsch–Polnischen Senke strukturell prägen (FRANKE 1990, WEINLICH 1991). An der präkänozoischen Oberfläche zeigt sie sich als nach ESE einfallende Abschiebung und bei Reichenow ihre west-nordwestliche Verlagerung über eine Akkomodationszone. Diese ist in Zusammenhang mit einer dextralen Seitenverschiebung der Buckower Störungszone zu sehen. Die Buckower Störungszone durchläuft als Abschiebung am Südrand des Kartenblattes L 3350 das Salzkissen Buckow und nach ihrem WNW-Versatz das Salzkissen Bad Freienwalde.

Das Salzkissen Genschmar befindet sich im SE des Kartenblattes L 3352. Seine Bildung ist an eine parallel zur Buckower Störungszone verlaufende Störung geknüpft, die vermutlich wie diese bereits im Unterrotliegend existierte und durch Reaktivierung die Salzkissen-Akkumulation auslöste. Eine bruchtektonische Durchsetzung der Ablagerungen der Oberkreide ist bei Genschmar jedoch bisher nicht nachgewiesen.

Die Wriezener Senke (HARTMANN & MEYER 1987) zwischen den Salzkissen Bad Freienwalde und Neutrebbin wird durch die SW–NE verlaufende Wriezener Störung modifiziert. Sie ist im Suprasalinar-Stockwerk (GÖTHEL & HERMSDORF 2014) bis in den Oberen Muschelkalk als nach NW einfallende Aufschiebung (HARTMANN & MEYER 1987) nachgewiesen. Im jüngeren Mesozoikum verliert sie sich in Richtung NE und ist ab dem Unteren Gipskeuper kaum noch sichtbar. Diese Einengung ist kinematisch in Zusammenhang mit dem dextralen Versatz der Buckower Störungszone unter Bildung ihrer Akkomodationszone zu sehen.

Die ebenfalls SW–NE verlaufende und nach NW einfallende Staffelschiebung von Neutrebbin quert und endet im Salzkissen Neutrebbin. Über dem Salzkissen wird sie durch dessen Scheiteleinbrüche modifiziert. Ihr Strukturinventar wird dort vorzüglich durch das Seismikprofil NU25/87 ab-

gebildet, welches das Salzkissen Neutrebbin WNW–ESE quert.

Die Mächtigkeitseentwicklungen der Ablagerungen der einzelnen stratigraphischen Einheiten zeigen deutlich die zeitlichen Phasen der Zuwanderung von Zechsteinsalz zum Salzkissen Neutrebbin und der Zechsteinsalinar-Abwanderung aus der Salzkissenzwischensenke Wriezen ab dem ausgehenden Mittleren Buntsandstein (Abb. 3). Im obersten Mittleren Buntsandstein belegen die Mächtigkeitseentwicklungen der Hardegsen- und Solling-Formation altkimmerische Bewegungen. Die erste Phase der Zechsteinsalinar-Abwanderung aus der Salzkissenzwischensenke Wriezen ist mit der Ablagerung des Pelitröts im Oberen Buntsandstein abgeschlossen. Eine kontinuierliche Zechsteinsalinar-Zuwanderung zum Salzkissen Neutrebbin ist ab dem Mittleren Muschelkalk zu verzeichnen. Mit der Oberalb-Transgression in der ausgehenden Unterkreide wird das Suprasalinar-Stockwerk über diesem Salzkissen bereits bis ins Unterhettang gekappt. Auch wird die postkretazische Verlagerung des Salzkissentops aus dem Bereich der Staffelabschiebung nach E durch das Seismikprofil NU25/87 anhand der Mächtigkeitseentwicklungen belegt.

Die Ablagerungen des Unteroligozän bzw. des basalen Rupel sind die ältesten an der Känozoikumsbasis (Einlbl. I, Abb. 2). Infolge der Erosion durch subglaziale pleistozäne Schmelzwässer schneidet sich bei Neutrebbin eine etwa SW–NE verlaufende Quartärrinne durch den Rupel bis in die Ablagerungen der Oberkreide ein (Einlbl. I, Abb. 2 sowie Abb. 3). Diese subglaziale Rinne ist zwar seit langem aus internen Arbeitsunterlagen des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg bekannt, wird aber an dieser Stelle erstmals als Neutrebbiner Quartärrinne benannt. Das Niveau der Basis des Känozoikums zeigt die Hebung der Quartärrinne über dem Salzkissen Neutrebbin und belegt dort eine Zechsteinsalzzakkumulation zumindest bis in das Mittelpleistozän.

#### 4. Die Ablagerungen des Präquartär

Die bei der nachfolgenden Beschreibung des präquartären Untergrundes des Kartierungsgebietes besprochenen lithostratigraphischen Einheiten folgen in ihrer Benennung in Teilen, so beispielsweise für die Trias, zum einen den traditionellen und oft noch heute in der Praxis (vgl. u. a. Rüdersdorf) angewandten Bezeichnungen. Diese sind größtenteils der aktuellen Stratigraphischen Tabelle von Deutschland (DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION 2016) nicht mehr zu entnehmen. Zum anderen wurde bezüglich des Tertiärs ausschließlich auf die international inzwischen ratifizierte Gliederung in das Paläogen und Neogen zurückgegriffen (zuletzt INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY 2018). Sämtliche, nachfolgend im Text aufgeführten stratigraphischen Einheiten sind in der „Stratigraphie von Brandenburg 2018“ umgesetzt bzw. enthalten (GÖTHEL 2018, S. 47–50 in diesem Band) und können der diesem Beitrag als Einlegeblatt beigegebenen stratigraphischen Tabelle entnommen werden.

#### 4.1. Paläozoikum

##### 4.1.1. Perm

###### 4.1.1.1 Rotliegend

Bei den ältesten erbohrten Gesteinen auf dem Kartenblatt L 3350 handelt es sich um andesitoide Vulkanite (HOTH et al. 1986) aus der Ersatzbohrung E Wriz 1E/85, die zum **Unterrotliegend** gehören. Sie wurden zwischen 3465,0 m bis zur Endteufe von 3490,3 m angetroffen. Darüber lagert mit basalen Fanglomeraten (4,4 m) und Sandsteinen (2,6 m) das **Oberrotliegend II** in vorherrschend pelitischer Ausbildung mit einer Mächtigkeit von lediglich 66,65 m. Es greift unter Fehlen der Havel-Subgruppe sowie der Rambow- und Eldena-Schichten erst mit den oberen Peckensen- und Mellin-Schichten der Elbe-Subgruppe ab Zyklus 15 (HELMUTH & SÜSSMUTH 1993) auf die Unterrotliegend-Vulkanite über. Damit steht die Bohrung E Wriz 1E/85 bereits im Flankenbereich der NE–SW verlaufenden Nordostbrandenburg-Schwelle (HARTMANN & MEYER 1987), die die deutsche Fortsetzung des hauptsächlich polnischen Wolsztyn–Leszno-Hochs (MAZUR et al. 2006) darstellt. Der Flankenbereich wird durch die Struktur Wriezen gebildet, einer Halbantiklinale (LANGE 1985), die am SSW–NNE verlaufenden Schwedt–Szczecin-Lineament (FRANKE 1990, WEINLICH 1991), der Tiefenfortsetzung der Buckower Störungszone im Subsalinar-Stockwerk (HARTMANN & MEYER 1987), mit geringer Amplitude abbricht.

###### 4.1.1.2 Zechstein

Der basale Zechstein der **Werra-Formation** (Kupferschiefer und Zechsteinkalk; GÖTHEL 2012a, 2016, 2018) wurde auf dem Kartenblatt L 3350 nur in der Salzkissenzwischensenke Wriezen (E Wriz 1E/85) durchteuft. Hier steht lediglich 0,25 m mächtiger, als schwarzgrauer Tonmergelstein ausgebildeter Kupferschiefer an. Er lagert mit 0° Schicht-einfallen auf einer 0,29 m mächtigen linsig-flaserigen, kalkig zementierten Sandsteinbank, dem so genannten „Grauliegenden“, welches den Top des Oberrotliegend II bildet. Der Kupferschiefer führt feindispers verteilten Pyrit und ist ansonsten nicht vererzt. Darüber folgt der Zechsteinkalk mit einer Mächtigkeit von 3,5 m. Er wird von Fahnen dunkelbrauner, fleckiger Verfärbungen charakterisiert, die das oxidierende, hämatitische Milieu der so genannten „Roten Fäule“ anzeigen.

Der Untere Werraanhydrit wurde sowohl in der Salzkissenzwischensenke Wriezen (E Wriz 1E/85) als auch in dem Salzkissen Neutrebbin (E Ntr 1/68) angetroffen. Er ist basal als anhydritisch gepertter und wolkiger Werradolomit (GÖTHEL 2012a, 2016) ausgebildet. Zwischen Unterem und Oberem Werraanhydrit (E Wriz 1E/85: 28,6 und 23 m, E Ntr 1/68: >19,4 m, nicht durchteuft und 29,6 m) ist Werrasteinsalz (E Wriz 1E/85: 23 m, E Ntr 1/68: 21 m) zwischengelagert. Die lithologische Zusammensetzung der Werra-Formation belegt, dass ihre Ablagerungen von Beginn an zu der Beckenfazies des epikontinentalen Zechsteinmeeres gehörten.

Mächtigkeiten im Suprasalinar-Stockwerk aus Bohrungsergebnissen						
Chrono- & Lithostratigraphie		Salzkissenzwischenstufen		Salzkissen Neutrebbin		
System, Serie	Subserie, Stufe	nordwestl. Buckower Störungszone	östlich Buckower Störungszone	*Staffelabschiebung NW-Flanke	Top	
Gruppe, Subgruppe, Formation		E Wtof 1/29	E Wriz 1E/85	E Obra 107/63	E Ntr 1/68	
Quartär		mit Gleitschuppen	131,0 m	mit Rinnenrandschollen		
Neogen		Untermiozän	41,0 m			
Paläogen		Oberoligozän	16,0 m			
		Unteroigozän	91,9 m	77,0 m		
Kreide	Oberkreide	Campan	29,9 m	207,0 m		
		Santon	109,6 m	81,0 m	25,0 m	
		Coniac	70,0 m	101,0 m	39,0 m	
		Turon	85,0 m	147,0 m	59,0 m	92,0 m
		Cenoman	76,7 m	84,0 m	37,0 m	58,0 m
	Unterkreide	Oberalb	35,5 m	7,0 m	28,0 m	25,0 m
		Hauterive?	>44,2 m			
Jura	Dogger	Callov		15,0 m		
		Bathon		31,0 m		
		Bajoc		9,0 m		
		Aalen		56,0 m		
	Lias	Toarc		105,0 m		
		Pliensbach		138,0 m		
		Sinemur		112,0 m	47,0 m	
Hettang		26,0 m	36,6 m	9,0 m		
Trias	Keuper	Ob.	Rhätkeuper	32,0 m	14,4 m	19,0 m
			M. + Ob. Steinmergelk.	107,0 m	64,0 m	72,0 m
		Mittlerer	Unt. Steinmergelkeuper	136,0 m	71,0 m	67,0 m
			Oberer Gipskeuper	153,0 m	>77,0 m	72,5 m
			Schilfsandstein	78,0 m	62,0 m	102,5 m
			Unterer Gipskeuper	177,0 m	96,0 m	97,0 m
		U.	Lettenkeuper	69,0 m	62,5 m	37,0 m
	Muschelkalk	Oberer Muschelkalk	125,0 m	>42,5 m	84,0 m	
		Mittlerer Muschelkalk	106,0 m		66,0 m	
		Unterer Muschelkalk	151,0 m		150,0 m	
	Buntsandstein	Oberer	Myophorienschichten	15,0 m		13,0 m
			Pelitröt	110,0 m		117,0 m
			Salinarröt	43,0 m		23,2 m
			Solling	39,0 m		31,2 m
		Mittlerer	Hardeggen	28,0 m		12,6 m
			Defurth	49,0 m		47,0 m
			Volpriehausen	104,0 m		101,0 m
Bernburg			170,0 m		162,0 m	
Unt.		Calvörde	141,0 m		140,0 m	
Perm	Zechstein	Fulda	37,0 m		42,0 m	
		Friesland	7,0 m		6,5 m	

Arbeitsstand: MICHAEL GÖTHEL 21.08.2018

Das basale Glied der **Staffurt-Formation** ist das Staffurtkarbonat. Mit geringer Mächtigkeit (E Wriz 1E/85: 6 m, E Ntr 1/68: 8,9 m) ist es in der Stinkkalk- und nach oben zunehmend in der Stinkschieferfazies ausgebildet. Es geht nach oben in den ebenfalls gering mächtigen Basalanhydrit über (E Wriz 1E/85: 2 m, E Ntr 1/68: 1 m). Die Akkumulation des Salzkissens Neutrebbin ab dem obersten Mittleren Buntsandstein (siehe Kap. 4.2.1.1) erfolgt hauptsächlich durch zugewandertes Staffurtsteinsalz, welches in der Bohrung E Ntr 1/68 mit einer Mächtigkeit von 1 226,5 m durchteuft wurde. Im Top ist das Staffurtsteinsalz schwach kieseritisch und dann carnallitisch ausgebildet und leitet zum 53,5 m mächtigen Kaliflöz Staffurt über. Dieses besteht hauptsächlich aus Carnallit und weist einen  $K_2O$ -Gehalt von etwa 4,5 % auf. Den Abschluss der Staffurt-Formation bildet im Salzkissen Neutrebbin 0,5 m mächtiger Gebänderter Deckanhydrit. Im Salzkissen Neutrebbin (E Ntr 1/68) wird die **Leine-Formation** basal von 2,5 m Grauem Salzton repräsentiert. Wie für die Beckenentwicklung des Zechsteins typisch, ist kein Plattendolomit ausgebildet. Es folgen 34 m Hauptanhydrit und 136,8 m Leinsteinsalz. Darin ist das 14 m mächtige Kaliflöz Ronnenberg eingelagert. Es ist hauptsächlich anhydritisch vertaucht und enthält etwas Polyhalit und Carnallit. Außerdem sind im Leinsteinsalz 12 m Anhydritmittelsalz und 2,5 m Oberer Hauptanhydrit enthalten. Mittels dieser Einlagerungen lässt sich das Leinsteinsalz im Salzkissen Neutrebbin in Unteres, Mittleres, Oberes und Oberstes Leinsteinsalz gliedern, wobei sich das vertauchte Kaliflöz Ronnenberg zwischen Unterem und Mittlerem Leinsteinsalz befindet. Der 1 m mächtige Rote Salzton bildet die Basis der **Aller-Formation** und ist wie der darüber folgende 0,6 m mächtige Pegmatitanhydrit nur im Salzkissen Neutrebbin erbohrt worden (E Ntr 1/68). Als Ursache ist die Zechsteinsalinar-Abwanderung aus der Salzkissenzwischensenke Wriezen ab dem obersten Mittleren Buntsandstein (siehe Kap. 4.2.1.1) zu sehen, wo lediglich 41 m Steinsalz zwischen dem Basalanhydrit der Staffurt-Formation und der Ohre-Formation durchteuft wurden (E Wriz 1E/85). Das Allersteinsalz wird im Salzkissen Neutrebbin dagegen 50,1 m mächtig und ist oben als Unteres Tonbrockensalz ausgebildet. Die Aller-Formation schließt mit 1,5 m Oberen Tonbrockensalz ab, das bereits als Salzton ausgebildet ist. Die **Ohre-Formation** setzt im Salzkissen Neutrebbin mit 3 m Salzbrockenton ein. Darüber folgt eine 4,7 m mächtige Wechselfolge von Anhydrit- und Steinsalzbänken, in denen Tonlagen zwischengeschaltet sind.

*Abb. 3:  
Aus den Mächtigkeitsveränderungen der stratigraphischen Einheiten im Suprasalinar-Stockwerk ableitbare Phasen der Zechsteinsalinar-Abwanderung und -Akkumulation*

*Fig. 3:  
Thickness of the suprasalinar stratigraphic units indicating the periods of migration and accumulation of the Zechstein-salt*

Der 0,8 m mächtige Grenzanhydrit bildet den Top des Zechsteinsalinars und gleichzeitig die Basis der **Friesland-Formation** (Abb. 3), die hauptsächlich aus den Zechsteinletten besteht. Sie leiten lithologisch zum Bröckelschiefer der **Fulda-Formation** über, der den Zechstein nach oben hin abschließt. Zechsteinletten und Bröckelschiefer leiten bereits die Sedimentation des Unteren Buntsandstein ein. Sie bildeten in der Vergangenheit zusammen mit der Calvörde-Formation die ehemalige „Nordhausen-Folge“ des Unteren Buntsandstein.

Die chronostratigraphische Position der Perm/Trias-Grenze innerhalb der basalen Ablagerungen der Germanischen Trias oder innerhalb des obersten Zechstein befindet sich noch in Diskussion. Derzeit wird sowohl die Basis der Trias als auch des Mesozoikums innerhalb des Bröckelschiefers durch den Autor favorisiert (vgl. GÖTHEL 2016).

## 4.2. Mesozoikum

### 4.2.1. Germanische Trias

#### 4.2.1.1 Buntsandstein

Der Untere Buntsandstein (Abb. 3) besteht im kartierten Gebiet (Einbl. I, Abb. 1) hauptsächlich aus Tonsteinen. Darin sind die karbonatischen Rogensteinbänke überwiegend als sandige und schluffige Äquivalente eingelagert. Als Leithorizonte ermöglichen sie seine Gliederung in die Calvörde- und darauf folgende Bernburg-Formation (BECKER 2005) sowohl bohrlochgeophysikalisch (E Wriz 1E/85) als auch über Kontrollkernstrecken (E Ntr 1/68).

Die **Calvörde-Formation** setzt basal mit Schluffsteinen ein, die sich von den Tonsteinen des Zechstein-Tops (Bröckelschiefer) absetzen. In der Calvörde-Formation konnten in den basalen Schluffsteinen fraglich der Graubankbereich (Rogenstein  $\alpha_2$ ) und darüber sicher der Gammahorizont (Rogensteine  $\gamma_1-3$ ) sowie die Rogensteine  $\delta_1$  und  $\epsilon$  interpretiert werden.

Mit dem Rogenstein  $\zeta$  wird die **Bernburg-Formation** basal begrenzt. Sicher konnten in ihr Rogenstein  $\eta$  und der Rogenstein  $\vartheta$  als sandige Äquivalente interpretiert werden. In der Mitte der Bernburg-Formation ist eine 7 m mächtige Kalksandsteinbank ausgebildet, die mit den Kraftsdorfer Sandstein Ostthüringens (KOZUR & SEIDEL 1983) korreliert werden kann. Als sandiges Äquivalent ist darüber fraglich Rogenstein  $\iota$  vertreten. Zuerst sind die in Tonsteinen eingelagerten Kalksteinbänke, die zusammen mit Schluffsteinen gekernt wurden (E Ntr 1/68), u. a. den Rogensteinen  $\kappa$  und  $\lambda$  zuzuordnen.

Mit dem Volpriehausen-Sandstein (E Ntr 1/68: 9,2 m, E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 10 m) beginnt der Mittlere Buntsandstein und die **Volpriehausen-Formation** (Abb. 3). Mit geringem Abstand darüber folgt innerhalb dieser ein weiterer Sandstein (E Ntr 1/68: 3,6 m, E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 6 m), der den Mittelteil einer Schluffsteinbank (E Ntr 1/68: 8,6 m) bildet. Ansonsten wird die Volpriehausen-Formation hauptsächlich aus Tonsteinen aufgebaut, die nach oben zunehmend von Schluffsteinen abgelöst werden. Nach oben

kommen außerdem geringmächtige Sandsteinbänke hinzu. Die **Detfurth-Formation** setzt mit dem Detfurth-Sandstein ein. Er ist in eine Unter- und Oberbank gespalten (E Ntr 1/68: 13,1 m und 4,8 m, E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 13 m und 5 m), wobei der Top der Unterbank (E Ntr 1/68: 1,3 m) ebenso wie die Basis der Oberbank (E Ntr 1/68: 1,9 m) von Kalkstein gebildet werden. Die Kalksteine stellen zusammen mit dem Sandstein der Oberbank das Äquivalent des Detfurth-Karbonats dar.

Die **Hardeggen-Formation** wird hauptsächlich von Tonsteinen repräsentiert. Sie beginnt mit und ist über dem Salzkissen Neutrebbin von geringmächtigen Sandsteinbänken durchsetzt (E Ntr 1/68: 1,1 m Hardeggen 1-Sandstein, 0,7 m Hardeggen 2-Sandstein, 0,6 m Hardeggen 3-Sandstein, zusammen 7,7 m). In der Salzkissenzwischensenke Wriezen sind diese Sandsteinbänke nicht zu trennen und bilden dort zusammen den Hardeggen-Basissandstein (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 7 m), über dem die Tonsteine folgen.

Die **Solling-Formation** lagert über dem Salzkissen Neutrebbin erosiv auf der Hardeggen-Formation, die dadurch um über die Hälfte gekappt ist (Abb. 3). Sie beginnt mit dem Solling-Basissandstein (E Ntr 1/68: 3,4 m, E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 3 m), der nur basal als Sandstein, ansonsten aber als Schluffstein ausgebildet ist. Hauptsächlich wird die Solling-Formation von Tonsteinen repräsentiert, in denen geringmächtige Schluffsteinbänke zwischengeschaltet sind. Die oberste dieser Bänke ist etwas mächtiger und stellt das Äquivalent des Thüringer Chirotherien-Sandsteins dar (E Ntr 1/68: 1 m, E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 4 m).

Der Obere Buntsandstein setzt transgressiv mit der **Salinarrot-Formation** (Abb. 3) ein. Sie besteht aus dem Anhydrit 1 und 2, zwischen denen nur in der Salzkissenzwischensenke Wriezen zwischengelagertes Rötsteinsalz durchteuft wurde (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 18 m).

Das **Pelitröt** beginnt und endet mit charakteristischen Karbonat-Leithorizonten. An der Basis ist die Dolomitmergelzone, im Top der Kavernenkalk ausgebildet. Die Dolomitmergelzone leitet zum Karbonat A über. Darüber folgen der Anhydrit 3a, die Graumergel-, die Rotmergel- und schließlich die Grauviolettmergelzone. In die Graumergelzone ist der Anhydrit 3b eingelagert. Sie schließt mit dem Karbonat B ab. Die Grauviolettmergelzone kann in das Karbonat C, die Mittleren Graumergel, den Anhydrit 4, das Karbonat D und die Oberen Graumergel weiter untergliedert werden (E Ntr 1/68). Der Kavernenkalk (E Ntr 1/68) ist mit dem *vulgaris*-Dolomit und dem Anhydrit 4d Thüringens (JUBITZ 1959) zu korrelieren.

Die **Myophorienschichten** (Karbonat E) leiten zur mergelig-kalkigen Sedimentation des Unteren Muschelkalks über und erreichen vergleichbare Mächtigkeiten wie in Rüdersdorf und Thüringen (E Ntr 1/68: 13 m, E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 15 m, Rüdersdorf: 13,2 m, Schlossfelsen Dornburg bei Jena: 14,1 m). Die Mächtigkeiten der erbohrten Myophorienschichten belegen eine Unterbrechung der Zechsteinsalinar-Abwanderung aus der Salzkissenzwischensenke Wriezen vor ihrer Ablagerung, die durch die altkimmerischen Bewegungen vor Ablagerung der Solling-Formation ausgelöst wurde (Abb. 3).

#### 4.2.1.2 Muschelkalk

Der **Untere Muschelkalk** (Abb. 3) beginnt zunächst mit einer Kalkstein-Kalkmergelstein-Wechsellagerung mit Tonmergelsteinen. 7 m (E Ntr 1/68) bis 10 m (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85) über der Basis des Muschelkalks nimmt der Kalkgehalt zu. Das entspricht dem Bereich der „Lima“-Platten des basalen Werksbankbereiches B in Rüdersdorf. Im mittleren Teil des Unteren Muschelkalk kommen mächtige arenitische Kalkbänke hinzu, unter denen die Bereiche der Oolithbänke (E Ntr 1/68: 17,5 m, Oolithbank  $\alpha$  porös) und Terebratelbänke (E Ntr 1/68: 12 m, E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 8 m) Thüringens bohrlochgeophysikalisch zum Teil identifiziert werden können. Der oberste Bereich ist bereits dolomitisch ausgebildet und leitet zum Mittleren Muschelkalk über.

Der **Mittlere Muschelkalk** besteht hauptsächlich aus Dolomitmergel- und Kalkmergelsteinen, in denen Ton- und Dolomitsteine sowie Anhydritbänke eingelagert sind (ALTHEN et al. 1980). Er setzt mit den dolomitmergeligen *orbicularis*-Schichten ein, die zum Dolomit 1 (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 11 m, E Ntr 1/68: 8 m) gehören. Erst im Mittleren Muschelkalk setzt sich die seit dem obersten Buntsandstein unterbrochene Zechsteinsalinar-Abwanderung aus der Salzkissenzwischensenke Wriezen zum Salzkissen Neutrebbin fort (Abb. 3). Das Muschelkalksteinsalz ist deshalb bisher nur in der Salzkissenzwischensenke Wriezen erbohrt worden (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 17 m). Es lagert dort zwischen den Anhydriten 1a und 1b (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 7 und 5 m). Über dem Salzkissen Neutrebbin wird der Anhydrit 1 insgesamt 14 m (E Ntr 1/68) mächtig. Mit den bohrlochgeophysikalischen Ergebnissen sind Dolomit 2, Anhydrit 2, Dolomit 3 (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: zusammen 18 m), Anhydrit 3 (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 4 m), Dolomit 4, Anhydrit 4, Dolomit 5 und Anhydrit 5 (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: zusammen 25 m) nicht sicher auszugrenzen oder zu korrelieren. Der Top des Mittleren Muschelkalks wird vom Dolomit 6 gebildet, der die *transversa*-Schichten einschließt und die zum Oberen Muschelkalk überleiten. In der Salzkissenzwischensenke Wriezen erreicht er eine Mächtigkeit von 13 m (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85). Dolomit 5 und 6 wurden über dem Salzkissen Neutrebbin zusammen mit 15 m Mächtigkeit erbohrt (E Ntr 1/68).

Der **Obere Muschelkalk** (Abb. 3) besteht aus Kalk-, Kalkmergel-, Mergel-, Tonmergel- und Tonsteinen. Unter den *cycloides*-Bänken i. w. S. (Gänheim-Bank, Schellroda-Bank und *cycloides*-Bank Thüringens; REIN & OCKERT 2000, E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 14 m, E Ntr 1/68: 9,5 m) nimmt der tonige Anteil im Mittleren Hauptmuschelkalk markant zu (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 13 m, E Ntr 1/68: 8,5 m). Über den *cycloides*-Bänken überwiegt der tonige Anteil und lässt bohrlochgeophysikalisch eine sichere Abtrennung des Oberen vom Mittleren Hauptmuschelkalk zu (GÖTHEL & GRUNERT 1996). Damit leitet der Obere Hauptmuschelkalk (einschließlich „Dunkle Letten“; TESSIN 1976) zum Unteren Keuper über.

#### 4.2.1.3 Keuper

Der Untere Keuper (**Lettenkeuper**, Erfurt-Formation; Abb. 3) besteht auf dem Kartenblatt L 3350 hauptsächlich aus Ton- und Schluffsteinen (Kontrollkernstrecke E Obra 107/62). In der Salzkissenzwischensenke Wriezen sind darin zwei Sandsteinbänke durchteuft worden (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: beide 4,5 m). Im Salzkissen Neutrebbin ist nur die untere Sandsteinbank ausgebildet (E Ntr 1/68: 2 m). Des Weiteren können geringmächtige Dolomitbänke eingelagert sein (Kontrollkernstrecke E Obra 107/63: 0,2 m), die anhand der Bohrlochgeophysikalischen Ergebnisse nicht nachzuweisen sind. Der Untere Keuper schließt mit dem Grenzdolomit ab (BEUTLER 1980, GÖTHEL & GRUNERT 1996), der in der Salzkissenzwischensenke Wriezen als schwach dolomitischer Schluffstein (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 5 m) nachgewiesen ist.

Der Mittlere Keuper lässt sich in Brandenburg am besten traditionell in Unteren Gipskeuper (ca. „Grabfeld-Formation“), Schilfsandstein („Stuttgart-Formation“ sowie Hauptsteinmergel bzw. Dolomie de Beaumont und KÜHL'sche Brekzie), Oberen Gipskeuper (Weser-Formation über KÜHL'scher Brekzie; BEUTLER et al. 1999) und Steinmergelkeuper (Arnstadt-Formation und unterer Teil der Exter-Formation) gliedern (Abb. 3).

Im tonigen **Unteren Gipskeuper** sind häufig Anhydritbänke eingelagert. In der Salzkissenzwischensenke Wriezen wird ihre Einlagerung durch zwei relativ anhydritbankfreie Bereiche unterbrochen. Damit ist dort seine Gliederung in Grundgips, Unteren Hauptgips (Mittlere Gipsmergel) und Oberen Hauptgips (BEUTLER 1980) möglich. Ebenso ist dort im Oberen Hauptgips eine Zunahme der Anhydritbankmächtigkeit und -Anzahl zu verzeichnen.

Der **Schilfsandstein** greift mit dem Unteren Sandstein (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 6 m, E Ntr 1/68: 29 m gering porös) erosiv einschneidend auf den Unteren Gipskeuper über. In der Salzkissenzwischensenke Wriezen ist ein Gehalt kohligere Anteile nachgewiesen. Der Obere Sandstein (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 12 m, E Ntr 1/68: 26 m porös und permeabel) ist im mittleren Teil der Schilfsandstein-Ablagerungen enthalten. Hauptsächlich wird der Schilfsandstein jedoch von Tonsteinen und feinsandigen Schluffsteinen aufgebaut. Zwischen beiden Sandsteinen wurden außerdem Mergel und eine geringmächtige Kalksteinbank (E Obra 107/63: 5 cm) gekernt, die der Intraschilfsandstein-Transgression (FRANZ et al. 2014) oder besser -Ingression zuzuordnen ist. Über dem Salzkissen Neutrebbin schließt der Schilfsandstein mit einem Feinsandstein ab (E Ntr 1/68: 10,5 m porös und permeabel), der in der Salzkissenzwischensenke Wriezen Schluffsteinbänken im Tonstein entspricht und mit dem Top des Hauptsteinmergels Nordwürttembergs zu korrelieren ist.

Im tonig-schluffigen **Oberen Gipskeuper** sind basal die Berggipse (BEUTLER 1980) eingelagert. Der Obere Gipskeuper schließt mit der Anhydritbank (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 6 m, fraglich in E Ntr 1/68: 4 m) der Heldburggipse ab. Infolge der Staffelabschiebung von Neutrebbin wurde

er in der Bohrung E Obra 107/63 (Einbl. I, Abb. 1) nicht angetroffen.

Der hauptsächlich tonig-dolomitmergelige **Steinmergelkeuper** kann durch sandige Anteile in Unteren, Mittleren und Oberen Steinmergelkeuper und letzterer wiederum in Oberen Steinmergelkeuper 1, 2 und 3 gegliedert werden (TESSIN 1976, GÖTHEL 2006). Der sandige Anteil führende Bereich, der nur über dem Salzkissen Neutrebbin nachgewiesen wurde (E Ntr 1/68: 26 m), ist dem Mittleren Steinmergelkeuper zuzuordnen. Der Top der Rotfärbungen (lila bis rotbraune dolomitische Tonmergelsteine) markiert die lithofazielle Begrenzung des Steinmergelkeupers zum darüber folgenden Rhätkeuper bzw. Oberen Keuper.

Der **Rhätkeuper** setzt mit dem *contorta*-Sandstein ein, der im Kartierungsgebiet dem Oberen Keuper entspricht. Sicher ist dieser Sandstein aber nur am Flankenbereich des Salzkissens Neutrebbin nachweisbar (Kontrollkernstrecke E Obra 107/63). Dort ist er mit Schrägschichtung, einzelnen Kohlelagen und einer Mächtigkeit von 6 m angetroffen worden. In der Salzkissenzwischensenke Wriezen wird er möglicherweise von sideritischen Einlagerungen vertreten, da sie über den höchsten Rotfärbungen des Steinmergelkeuper folgen. Die *contorta*-Schichten wären jedoch dann extrem mächtig (90 m) und der Rhätkeuper würde eine Mächtigkeit von 98 m erreichen (vgl. Abb. 3). Um diese Frage zu klären, wäre eine weitere Erkundungsbohrung mit Kernstrecken aus diesem Bereich notwendig. Den Abschluss des Rhätkeuper bilden die vorwiegend aus dunklen Tonsteinen bestehenden *Triletes*-Schichten (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 8 m, E Obra 107/63: 8,4 m, E Ntr 1/68: 12 m).

### 4.3. Jura

#### 4.3.1 Lias

Die Basis des **Lias** (Unterer Jura) ist im Flankenbereich des Salzkissens Neutrebbin (E Obra 107/63) gekernt worden. Hier lagert das **Hettang** mit einer 0,4 m mächtigen, etwas Kohle führenden Sandsteinbank und einer darauf folgenden 5 cm mächtigen karbonatischen (sideritischen?) Bank dem Rhätkeuper auf. Korreliert man beide mit der Pylonoten-Bank, fehlen zwangsläufig die präplanorbis-Schichten des basalen Hettang (GÖTHEL 2006). Das mag durchaus an der weiter fortschreitenden Akkumulation des Salzkissens Neutrebbin liegen. In den darüber folgenden feinsandig laminierten Tonsteinen, mit einer weiteren karbonatischen Bank von 3 cm Mächtigkeit, ist das Hettang durch Megasporen (STOERMER 1963) dann auch biostratigraphisch belegt. Ansonsten wird es überwiegend von zum Teil kohlehaltigen Tonsteinen mit Sandsteinlaminaen, -lagen und -bänken repräsentiert. Eine Pyritnester führende Sandsteinbank (E Ntr 1/68: 4 m) lässt auf eine Sedimentationsunterbrechung schließen. Sie wäre dann dem Proarieten-Sandstein (STOTTMEISTER 2012) bzw. der Proarieten-Bank zuzuordnen, die oft nach einem Hiatus (ARP & LUPPOLD 2014) die Basis des Oberhettang bildet. Im Top des Salzkissens Neutrebbin (E Ntr 1/68) wird das Hettang infolge der unterkretazischen

Oberalb-Transgression bereits gekappt. Jüngere Ablagerungen des Jura fehlen dort (Abb. 3). In der Salzkissenzwischenke Wriezen ist das gesamte Hettang vorwiegend sandig ausgebildet (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85). Nur hier sind auch die Ablagerungen des gesamten Lias erbohrt worden.

Im **Sinemur** wird die sandig-tonige Sedimentation fortgesetzt. Feinsandsteine in Wechsellagerung mit Ton- und Schluffsteinen repräsentieren das Untersinemur (E Obra 107/63, E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85). Im Obersinemur wurden in der Salzkissenzwischenke Wriezen zwei Sandsteinbänke erbohrt, (E Wriz 1/82, E Wriz 1/85: 24 m und 22 m), denen 8 m schwarzgraue Tonsteine zwischengelagert sind.

Das **Pliensbach** setzt in der Salzkissenzwischenke Wriezen mit dem sideritischen *Polymorphites*-Sandstein (GÖTHEL 2016) ein (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 5 m). Darüber wird es bis in das Oberpliensbach zuerst von Tonstein, dann von Schluffstein repräsentiert. Der Domaro-Sandstein (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 74 m) bildet hier das obere Oberpliensbach.

Im **Toarc** wurden hauptsächlich tonige Sedimente abgelagert. Das Untertoarc (Whitby) wird in der Salzkissenzwischenke Wriezen mit einem grüngrauen fetten Tonstein lithofaziell durch die „Grüne Serie“ (GÖTHEL 2016, 2018) vertreten (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 45 m). Die darüber folgende Sandsteinbank (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 2 m) bildet vermutlich den Top des Untertoarc. Darüber setzt sich die „Grüne Serie“ mit dunkelgrauen und grüngrauen Tonsteinen in das Obertoarc (Yeovil) fort. Der darauf folgende Feinsandstein (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 11 m) ist mit der *thouarsense*- und *dispansum*-Bank zu korrelieren (GÖTHEL 2016). Die nachfolgende pelitische Sedimentation von Schluffsteinbänke führenden Tonsteinen setzt sich mit der überwiegenden Ablagerung von Schluffsteinen in das Unteraalen des Dogger fort.

#### 4.3.2 Dogger

Die Ablagerungen des Dogger (mittlerer Jura) sind wie bereits dargelegt, nur in der Salzkissenzwischenke Wriezen (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85) erbohrt worden.

Das **Aalen** wird hier nach der basalen pelitischen Sedimentation hauptsächlich vom *polyplocus*-Sandstein (42 m) repräsentiert, der Kohleschmitzen führt.

Das untere Unterbajoc fehlt vermutlich, was die geringe Gesamtmächtigkeit des **Bajoc** (Abb. 3) erklären würde. Andererseits könnte sich die Feinsandstein-Sedimentation auch bis in das untere Unterbajoc fortgesetzt haben (GÖTHEL 2006, 2016), da in die darüber folgenden Schluffsteine Sideritbänke eingelagert sind, die auf kondensierte Sedimentation hinweisen. Sie würden bei Fortsetzung der Sandsteine dem oberen Unterbajoc (ehem. „Mittelbajoc“) und Oberbajoc entsprechen. Auch hier kann zur Klärung nur eine neue Erkundungsbohrung mit einer damit verbundenen paläontologischen Untersuchung an Kernstrecken aus diesem Bereich beitragen.

Das **Bathon** wird in seinem unteren Abschnitt durch karbonatische Tonsteine von typisch dunkel- bis schwarzbrauner Färbung charakterisiert, denen ein karbonatischer Feinsandstein folgt. Unter Fehlen des Mittelbathons (GÖTHEL 2006, 2014) wird die Sedimentation im Oberbathon zunächst mit karbonatischem Feinsandstein fortgesetzt. Der Sandsteinkomplex im Bathon erreicht eine Gesamtmächtigkeit von insgesamt 22 m. Es folgt ein sideritischer Tonstein als Äquivalent des Eisenerz führenden Cornbrash im Osnabrücker Bergland (WEITSCHAT & HOFFMANN 1984).

Das **Callov** setzt mit einem 5 m mächtigen Feinsandstein ein. Ist dieser dem Macrocephalen-Sandstein im Unter-callov gleichzusetzen, würde der basale Anteil des Unter-callov entweder infolge Sedimentationsunterbrechung oder Erosion fehlen (GÖTHEL 2006). Darüber folgen Tonsteine, die in der Salzkissenzwischenke Wriezen im Zuge der Oberalb-Transgression gekappt wurden (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85; Abb. 3). Mittel- und Obercallov sowie der gesamte Malm (oberer Jura), das deutsche Wealden (GÖTHEL 2018) und die untere Unterkreide sind bisher nicht erbohrt worden.

## 4.4. Kreide

### 4.4.1 Unterkreide

Die Basis sowohl der Unterkreide als auch der Kreide bilden nahezu im gesamten Kartierungsgebiet transgressive Ablagerungen des Oberalb (Abb. 3). Lediglich nordwestlich Bad Freienwalde wurde in der E Wtof 1/29 (Einbl. I, Abb. 1) unter dem Oberalb zwischen -586,2 m NN und -627,4 m NN (Endteufe) eine grüngraue, hauptsächlich tonige, teils schwach kalkige Folge erbohrt. Darin sind zum Teil feinsandig-glimmerige Lagen und auch geringmächtige, tonige Kalkfeinsandsteinbänke mit bis zu 1,8 m, zuoberst sogar bis zu 3 m Mächtigkeit enthalten. Sowohl die Tonsteine als auch die Feinsandsteine enthalten Fischreste, die zusammen mit dem Kalkgehalt zumindest auf ein brackisches, wenn nicht gar flachmarines Ablagerungsmilieu hinweisen. Aus lithofaziellen und regionalgeologischen Gründen wird diese Folge unter Vorbehalt dem **Hauterive** zugeordnet. Die Verbreitung dieser Folge aus der Salzkissenzwischenke heraus bis hin zum Salzkissen Bad Freienwalde lässt sich nur vermuten (Einbl. I, Abb. 1).

Die Oberalb-Transgression hinterließ eine Abrasionsfläche, die im Gebiet den Top der Salzkissenstrukturen erodiert hat (Abb. 3). Das **Oberalb** setzt mit einem glaukonitischen Grobsandstein ein, der Toneisensteingerölle, Xylite, Pyrit und charakteristisch Phosphorite führt (E Wtof 1/29: 7,2 m). Basal kommen große Pyritkonkretionen hinzu. Darüber wird das Oberalb hauptsächlich von glaukonitischen Feinsandsteinen repräsentiert.

### 4.4.2 Oberkreide

Wegen der Funde inoceramider Bivalven sowie auch Ammoniten und Belemniten, die eine chronostratigraphische Stufenzuordnung innerhalb der Oberkreide am sichersten

ermöglichen (GÖTHEL 2012b), wurde die nordwestlich des Salzkissens Bad Freienwalde stehende Erdölbohrung E Wtof 1/29 (Abb. 1) als Referenzbohrung für die Kreide-Entwicklung des Kartierungsgebietes ausgewählt. An ihrem Profil lässt sich außerdem ableiten, dass die fortschreitende Zechsteinsalinar-Zuwanderung zu den Salzkissen nicht nur eine Differenzierung der Oberkreide-Mächtigkeiten (Abb. 3), sondern ebenso eine lithofazielle zur Folge hatte. Zusätzlich könnten auch die subherzynen Bewegungen zu Faziesdifferenzierungen infolge lokaler, bruchtektonisch initiiertes Senkenbildungen geführt haben, die aber von der einhergehenden Halotektonik überlagert wurden und deshalb schwerlich nachzuweisen sind.

Insofern hätten für das eigentliche Kartierungsgebiet die Gemeinschaften hauptsächlich benthonischer Foraminiferen aus Proben der Kartierungsbohrungen Kb Gen IV/61, Kb GolzSe X/ 61, Kb Müg 1/62, der Bohrung Hy Odb 2/61 bei Ortwig und Kontrollkernen der Bohrung E Obra 107/63 als biostratigraphische Hinweise allein bei der Untergliederung und Zuordnung der Oberkreide-Ablagerungen nicht ausgereicht.

Das **Cenoman** setzt mit glaukonitischen Tonmergelsteinen über dem sandigen Oberalb ein. Nach ihrem Fauneninhalt in der Bohrung E Wtof 1/29 sind sie dem *Aucellina/Neohibolites ultimus*-Event des basalen Untercenoman zuzuordnen. Darüber folgen Kalkmergelsteine, zuoberst Mergelkalksteine, die wegen der *Inoceramus crippsi*-Funde vom Unter- bis ins Mittelcenoman reichen. Die darüber folgenden Kalksteine mit spärlichen Schillresten sind den „Armen *rhotomagensis*-Schichten“ (u. a. HORNA et al. 1996) zuzuordnen, die vom Mittel- bis ins Obercenoman reichen. Der Farbwechsel mit einer darin enthaltenen grünen Mergelkalklage ist ein Hinweis auf den Fazieswechsel an der Basis des Obercenoman (*Pycnodonte*-Event), auf dem ein an Bryozoen reicher Kalkstein folgt. Mit einer geringmächtigen gelbweißen Kalksteinbank mit Resten inoceramider Bivalven deutet sich der Beginn der Rotplänerfazies ab dem oberen Obercenoman (*plenus*-Zone) an. Die Ablagerung von Kalksteinen, diese jetzt mit rötlichen Schlieren und Flecken, setzte sich fort. Sie gehören bereits zu einer kondensierten Sedimentation, die den Grenzbereich Obercenoman/Unterturon (GÖTHEL 2012b) auch im Kartierungsgebiet markiert.

Das **Turon** ist basal durch braunrote Kalksteine des Unteren Rotpläner in der Bohrung E Wtof 1/29 charakterisiert. Darüber erscheint erstmals Kreidekalkstein, der zum Teil gelblich gefärbt ist. Das Auftreten von *Mytiloides ex gr. mytiloides/labiatatus* belegt seine Zugehörigkeit zum Unterturon. Das Mittelturon setzt sich hauptsächlich aus schlierigen Kalksteinen bis Kalkmergelsteinen zusammen. Basal beinhalten sie „*Inoceramus labiatatus* var. *latus* WOODS“, weiter folgt in ihrem unteren Teil dann *Inoceramus ex gr. lamarcki*. Im oberen Teil des Mittelturons treten bereits erste, wenige Feuersteinknollen auf. Darüber lagern Kalksteine, die zuerst durch Spongien, dann ebenso durch *Inoceramus ex gr. lamarcki* charakterisiert werden und das Mittelturon nach oben abschließen.

Kalkmergelsteine mit weißen Kalksteinknollen entsprechen dem basalen Oberturon. Darüber ist das Oberturon auch im erweiterten Kartierungsgebiet (Kb GrunSe XV/62) durch die zunehmende Einlagerung von Feuersteinknollen gekennzeichnet. Zuerst treten sie in Kreidekalksteinen auf, die das untere Oberturon hauptsächlich repräsentieren. Das obere Oberturon wird durch Kalksteine mit gebündelten Lagen von Feuersteinknollen charakterisiert. Basal beinhalten diese Kalksteine Spongien, die auf Omission hinweisen.

Das **Coniac** scheint frei von Feuersteinknollen zu sein. Es beginnt mit Kalksteinen bis Kreidekalksteinen, in denen basal große inoceramide Bivalven auffallen. Die Sedimentation von Kalksteinen, jetzt mit Kalkmergellagen und -schlieren, reicht bis in das Oberconiac, was durch *Sphenoceramus fasciculatus* belegt wird (u. a. GÖTHEL & TRÖGER 2002). Typisch für das Oberconiac sind pyritisierte Algenreste. Danach wird es hauptsächlich von harten (verkieselten?) Kalksteinen mit Kalkmergelsteinschlieren repräsentiert, die ebenfalls Pyrit führen.

Das **Santon** setzt mit einem Kalkmergelstein ein, der basal *Sphenoceramus ex gr. pachticardissoides* führt und damit in das Untersanton einzustufen ist. Es folgen Tonmergel- und Mergelsteine, die nach den aus der südlich des Kartierungsgebietes gelegenen Bohrung Kb BkwSu VI/61 (Einlbl. I, Abb. 1) stammenden Leitfossilien *Sphenoceramus cardissoides*, *Sphenoceramus pachticardissoides*, *Hauericeras clypeale* und *Goniotheuthis westfalicus* ebenfalls ins Untersanton gehören (u. a. GÖTHEL & TRÖGER 2002) und dieses hauptsächlich bilden. Obwohl das Untersanton aus dem Grabenbereich zwischen Buckower Störungzone und der Staffelabschiebung von Neutribbin (Einlbl. I, Abb. 1) unter der Erosionsbasis des Rupel gekappt ist und nicht durchteuft wurde, erreicht es hier mehr als die doppelte Mächtigkeit (Kb BkwSu XI/61: >46,5 m) als in der Salzkissenzwischensenke nordwestlich des Salzkissens Bad Freienwalde (E Wtof 1/29: 20 m). Ähnliches ist aus dem Gebiet nordnordöstlich des Harznordrandes bekannt (VOIGT & VON EYNATTEN 2006), wo das Untersanton infolge der erosiven Auflagerung des Mittelsanton gekappt ist. Die pyritisierten Xylit führende Kalksteinbank mit lagenweisen Anhäufungen von Bivalvenschalen in der Bohrung E Wtof 1/29 wird dieser Mittelsanton-Transgression zugeordnet. Hauptsächlich wird das Mittelsanton aber von darauf folgenden Kalkmergelsteinen repräsentiert.

Im Obersanton setzt die kontinuierliche Kreidekalkstein-Schreibkreide-Entwicklung auch im eigentlichen Kartierungsgebiet ein. Das wird durch ein vollständiges Exemplar von *Marsupites testudinarius* aus Kreidekalksteinen (*Marsupites*-Transgression mit „Grobkreide“-Event in der Schreibkreide-Fazies, NIEBUHR et al. 2000; Kb Gen IV/61) und den Foraminiferen-Gemeinschaften aus der Folge von Schreibkreide und partienweise Kreidekalkstein (Kb GolzSe X/61) über dem Salzkissen Genschmar (Einlbl. I, Abb. 1) belegt. Diese Folge zeichnet sich durch Anhäufung von Fragmenten inoceramider Bivalven, Spongien und Echinodermen aus. Sie ist sowohl über den Salzkissen (Kb Gen IV/61) als auch in den Salzkissenzwischensenken (E Wtof 1/29) vertreten.

Das **Campan** setzt mit einer transgressiven Kreidekalkstein-Basis ein, die sich durch Quarz- und Toneisenstein-Gerölle auszeichnen kann (E Wtof 1/29) und damit auf die Abtragungsprodukte während der Wernigeröder Phase der subherzynen Bewegungen im basalen Untercampan hinweist. Darüber wird in der Bohrung E Wtof 1/29 das Untercampan bis zu seiner Kappung hauptsächlich von Kreidekalkmergelsteinen aufgebaut. „*Holaster cf. senonensis*“, ein Echinide der *Offaster pilula/Galeola senonensis*- und *Galeola senonensis*-Zone (u. a. NIEBUHR et al. 2000), stammt aus einem Kreidekalkstein der Bohrung Kb SzdFw II/61 (Einbl. II, Abb. 4) und weist diesen zusammen mit zwischengelagerter Schreibkreide als dem mittleren Untercampan zugehörig aus. Höheres Untercampan ist unter der präkänozoischen Oberfläche durch Foraminiferen-Gemeinschaften nur aus der Bohrung Kb Müg 1/61 (Einbl. I, Abb. 1) nachgewiesen. Es wird hauptsächlich durch Schreibkreide bis Kreidekalkstein repräsentiert, in die geringmächtige Kalkmergelsteine eingelagert sind.

Ablagerungen des Obercampan sind bisher nicht paläontologisch nachgewiesen, könnten aber noch im Reichenower Graben (Einbl. I, Abb. 1) und im Zentrum der Salzkissenzwischensenke Wriezen vorkommen und dort die präkänozoische Oberfläche bilden.

#### 4.5. Känozoikum

##### 4.5.1. Paläogen

###### 4.5.1.1 Oligozän

Das Oligozän ist als älteste Serie des Paläogen im kartierten Gebiet und seiner Umrahmung ausgebildet. Mit dem **Rupel** (ehem. „Mitteloligozän“, u. a. HULTZSCH 1994) griff es erst im frühen **Unteroligozän** (GÖTHEL 2018 einschließlich Einlegeblatt in diesem Band) nach der „Grande Coupure“ und nicht wie bisher aufgefasst, an der Basis des Oligozän auf die präkänozoische Oberfläche (Einbl. I, Abb. 2) transgressiv über. Die Ablagerungen des Rupel können nach den vom Ablagerungsmilieu abhängigen Gemeinschaften benthonischer Foraminiferen dem Rupel 1 bis 4 sensu SPIEGLER (1965) (SPIEGLER 1986, BACH 1994) bzw. Rupel I bis VI sensu KIESEL (1962b) (KIESEL & LOTSCH 1969, LOTSCH 1981) zugeordnet werden. Dabei treten die kalkschaligen gegenüber den sandschaligen Foraminiferen im Rupel 1 und 3 zurück. Die transgressive Basislage des Rupel zeichnet sich durch Bioturbationen und Glaukonitgehalt aus. Sie ist hauptsächlich als schluffiger Tonmergel ausgebildet (Kb SzdFw II/61, Kb GolzSe X/61, Kb Müg 1/61), zum Teil auch sandig (E Wtof 1/29, Kb Kun III/61). Als glaukonitischer Sand ist die Rupelbasislage nur in der Akkomodationszone der Buckower Störungzone (siehe Kap. 2) erbohrt worden (Kb GrunSu XV/62; Einbl. II, Abb. 5). Von der Rupelbasislage bis zum geringmächtigen, glaukonitischen Rupel I/II-Sand gehören die Rupel-Ablagerungen zum Rupel 1 und sind lithostratigraphisch der Rupelbasissand-Formation zuzuordnen, die in der südwestlichen und nordöstlichen Lausitz durch die Braunkohlenflöz führende Calau-Formation (LOTSCH

1981) vertreten wird. Nur am Salzkissen Genschmar ist die Rupelbasissand-Formation über der schluffigen Transgressionsbasis völlig sandig und auch am mächtigsten ausgebildet (Kb GolzSe X/61: 12,6 m). Am Salzkissen Buckow sind in die Feinsande der Rupelbasissand-Formation schluffige Tonlagen bei abnehmender Mächtigkeit zwischengeschaltet (Kb BkwSu VI/61: 6,4 m). Ansonsten wurde überwiegend deren tonig-schluffige Ausbildung mit noch geringerer Mächtigkeit durchteuft (Kb SzdFw II/61: 4,4 m, Kb Kun III/61: 5,3 m, Kb GrunSu XV/62: 5,0 m, Kb Müg 1/61: 4,8 m). Hier zeigt sie durch ihre dunkelbraune bis schwarzbraune Färbung Tendenzen zur Calau-Formation. Der darauf folgende Rupel I/II-Sand ist durch Glaukonit- und Pyritgehalt charakterisiert und wurde sowohl im Kartierungsgebiet als auch darüber hinaus erbohrt. Sein Top kann als verfestigte Feinsandsteinbank ausgebildet sein (Kb BkwSu VI/61).

Die Rupelton-Formation wird von den benthonischen Foraminiferen-Assoziationen Rupel 2 bzw. Rupel II/III, 3 bzw. Rupel IV und Rupel 4 bzw. Rupel V bis VI repräsentiert (nachgewiesen in Meißelproben aus der Bohrung E Obra 107/63: Rupel 2, 4, in Kernproben aus der Kb SzdFw II/61: Rupel 2 ?, 4, der Kb Kun III/61: Rupel 4 und der Kb BkwSu VI/61: Rupel II-III, IV, V und VI). Das jüngste Rupel 4 ist durch *Pectofrondicularia seminuda* belegt (Kb Kun III/61: TRÜMPER 1961, Kb BkwSu VI/61: KIESEL 1961). Des Weiteren kennzeichnen Kalksteingeoden, die oft lagenweise angehäuft auftreten, die Rupelton-Formation. In der Vergangenheit wurden sie auch als Septarien bezeichnet, woher der Name „Septarienton“ (u. a. HULTZSCH 1994) stammt und als Synonym für die Rupelton-Formation gelten kann. Berühmt geworden sind die aus den ehemaligen Septarienton-Gruben westlich Bad Freienwalde stammenden Gips-Kristallaggregate (BAUTSCH 1994) und Makrofossilien, hauptsächlich Gastropoden, Bivalven, Scaphopoden und selten Kieselschwämme (TEMBROCK 1960, GRÜNDEL 1994). Aus Bohrungen sind außerdem Brachiopoden und Hai-fischzähne (E Wtof 1/29) sowie Knochenfischreste bekannt geworden. Im unteren Teil ist die Rupelton-Formation als Tonmergel ausgebildet. Nach oben wird dieser von Schluffmergeln abgelöst, die in schluffigen Feinsand übergehen können. Der Muschelschluff im mittleren Teil zeichnet sich durch einen häufigeren Anteil an Molluskenschalen aus. Er trennt lithostratigraphisch den Unteren vom Oberen Rupelton (Kb SzdFw II/61; Einbl. II, Abb. 4). Als Makrofossilreiche Schicht über dem Phosphoritknollenhorizont des Weißelsterbeckens ist er darüber hinaus zusammen mit dem Muschelsand in den Braunkohlen-Tagebauen südlich von Leipzig beschrieben worden (MÜLLER 1983, 2008).

Nur außerhalb des Oderbruchs, etwa ab der Linie Bad Freienwalde–Wriezen–Neuhardenberg, ist Rupel anzutreffen, der nicht erosiv während des Pleistozäns gekappt wurde. Trotz der überwiegenden glazigenen Deformation im westlichen Betrachtungsgebiet ist bei Schulzendorf südsüdwestlich Wriezen auch Rupel in ungestörter Lagerung erbohrt worden, wo sich auch seine primäre Mächtigkeit ermitteln lässt (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: 77 m, Kb SzdFw II/61:

73,7 m). Ansonsten liegen in diesem Gebiet infolge Abscherung – Injektion – Faltung – Stapelung verringerte (Kb Müg 1/61, Hy Fw 104/88) und erhöhte (Kb BkwSu VI/61, Hy Fw 111/88) Rupel-Mächtigkeiten vor. Die Abscherbahnen der glazigen erzeugten, injektiven Gleitschuppen können zumindest bis zum Top der Rupelbasissand-Formation reichen (Kb Müg 1/61). Am Westrand des Salzkissens Bad Freienwalde erreicht der Rupel seine bisher maximal erbohrte Mächtigkeit, obwohl er im Top glazigen abgeschert ist (Kb BkwSu VI/61: 76,7 m, Hy Fw 111/88: 84,4 m). Am nordwestlichen Rand der Neutrebbiner Quartärrinne ist Rupelton als abgeglittene Scholle durchteuft worden (E Ntr 1/68, E Obra 107/63).

Das Oberoligozän (Abb. 3, **Chatt**) lagert vermutlich wie in der Lausitz nach einem die Lindstedt-Formation (LOTSCH 1981) umfassenden Hiatus dem Unteroligozän erosiv auf. Dieser Hiatus entspricht dem unteren Teil des Asterigerinen-Horizontes (KRUTZSCH 2011).

Mit einem glaukonitischen, schluffigen Feinsand transgredieren die Glaukonitsande der Unteren Cottbus-Formation über die Rupelton-Formation. Der obere Teil der Unteren Cottbus-Formation ist als Glaukonit haltiger Schluff ausgebildet und entspricht dem oberen Teil des Asterigerinen-Horizontes.

Darüber folgen die Glimmersande der Oberen Cottbus-Formation. Im obersten Abschnitt ist der Grenzschluff eingelagert, der ebenfalls etwas Glaukonit führt. Er trennt innerhalb der Oberen Cottbus-Formation die Cottbus A- von den Cottbus B-Sanden. Untere und Obere Cottbus-Formation sind bisher nur westlich der Linie Bad Freienwalde–Wriezen–Neuhardenberg in ungestörter Lagerung durchteuft worden (E Wriz 1/82, E Wriz 1E/85: zusammen 16 m, Kb SzdFw II/61: 7,6 und 7,1 m; Einbl. II, Abb. 4).

## 4.5.2. Neogen

### 4.5.2.1 Miozän

Im unteren Untermiozän (**Aquitän**) wurde die hauptsächlich feinsandige Entwicklung seit dem Oberoligozän fortgesetzt. In diesem Zeitabschnitt wird die Spremberg-Formation durch die Möllin-Sande (LOTSCH 1981) vertreten. Sie erreichen im Betrachtungsgebiet eine Mächtigkeit von etwa 40 m. Die Fortsetzung der Glimmersand-Sedimentation wird durch die Möllin A- und Ba-Sande repräsentiert (Kb SzdFw II/61: 10,7 m). Die Möllin A-Sande lagern dabei erosiv auf dem Oberoligozän. Die Cottbus B-Sande sind weitestgehend nicht erhalten geblieben. Das ist aber wohl mehr auf die Injektion der Cottbus B-Sande zusammen mit den Möllin A- und Ba-Sanden während der glazigen Deformation im Pleistozän und ihrer damit verbundenen Akkumulation im abgescherten Kern der dabei entstandenen Gleitschuppen zurückzuführen (Kb GrunSu XV/62; Einbl. II, Abb. 5). Dabei fand auch eine Durchmischung mit pleistozänen Schmelzwassersanden statt. Die Möllin Ba- und Bc-Sande werden von einem Schluff getrennt (Kb SzdFw II/61: 3,8 m), der als Äquivalent das Lausitzer

Flöz 4.2 (Hauptbank; GÖTHEL & HERMSDORF 2014) faziell vertritt. Die darüber lagernden Möllin Bc-Sande sind als Mittelsand ausgebildet (Kb SzdFw II/61: 3,5 m) und leiten mit ihrer olivgrauen Farbe zu den Möllin C- und Da-Sanden über, die sich damit von den unterlagernden hellgrauen Feinsanden unterscheiden. Die Möllin C-Sande werden mit ihrer gröberen Basis, in der Grobsand und Feinkies als Nebenbestandteile enthalten sind, deutlich von den unterlagernden Möllin Bc-Sanden getrennt. Das sehr geringmächtige Flöz Lübbenau (Kb SzdFw II/61: 0,9 m, Kb GrunSu XV/62: 0,4 m) trennt die Möllin C- von den Möllin Da-Sanden. In deren basalem Abschnitt kann mit sehr geringer Mächtigkeit der Obere Schluffhorizont (Kb GrunSu XV/62: 0,1 m) eingelagert sein.

Die hauptsächlich von Mittelsanden repräsentierten Möllin C- und Da-Sande (Kb SzdFw II/61: 22,4 m, Kb GrunSu XV/62: 19,1 m) wurden in der Vergangenheit als „Quarzsand-Horizont“ von den unterlagernden „Glimmersanden“ und den überlagernden „Formsanden“ unterschieden (LOTSCH 1981). Sie können zusammen mit der darüber folgenden Unteren Brieske-Formation konkordante Abfolgen in den Gleitschuppen westlich der Linie Bad Freienwalde–Wriezen–Neuhardenberg bilden (Kb GrunSu XV/62; Einbl. II, Abb. 5).

Das obere Untermiozän (**Burdigal**) wird durch die Untere Brieske-Formation (LOTSCH 1981) repräsentiert (Kb GrunSu XV/62: 49,9 m). Ihre Basis wird durch das Lausitzer Flöz 3 gebildet, dem wegen seiner Flöz-Mächtigkeit (Kb GrunSu XV/62: 3,3 m) das hauptsächliche Interesse der Braunkohlen-Erkundung Altranft 1958 (AHRENS 1960, 1994) galt. Wie die Ergebnisse der Bohrung Kb GrunSu XV/62 zeigen (Einbl. II, Abb. 5), folgen auf dem flözüberlagernden Braunkohlenschluff-Komplex (einschließlich dem Braunkohlenschluffhorizont B1: 12 m) mächtigere Feinsande (zusammen 8,6 m). Diese Feinsande werden vom Braunkohlenschluffhorizont B2 (Leithorizont; GÖTHEL & HERMSDORF 2014) getrennt. Wie die Ergebnisse der Bohrung Kb Grun XV/62 weiter zeigen, setzt mit dem darüber lagernden Braunkohlenschluff wieder eine vorwiegend schluffige Entwicklung ein (insgesamt 10,3 m). Sie beginnt mit dem Unterbegleiter des Lausitzer Flöz 2, der als Braunkohlenschluff-Äquivalent ausgebildet ist und schließt die Unterbank bzw. Bank 3 vom Lausitzer Flöz 2 (Schluff-Äquivalent Lausitzer Flöz 2.3: 1 m) mit ein, nur unterbrochen von einem geringmächtigen Feinsand (0,5 m) über dem Unterbegleiter (1,4 m). Die Mittelbank bzw. Bank 2 (insgesamt 11,7 m) ist hauptsächlich durch Schluffe in vier geringmächtige Flözbänke aufgespalten (Lausitzer Flöz 2.2.4: 1 m, 2.2.3: 1,3 m, 2.2.2: 0,4 m und 2.2.1: 2,8 m). Im obersten Mittel der Bank 2 kommen Feinsande hinzu. Die Mittelbank bzw. Bank 2 wird vom feinsandigen Zwischenmittel 1 (2,3 m) von der Bank 1 bzw. der Oberbank (Lausitzer Flöz 2.1: 2,2 m) getrennt. Die Basis vom Zwischenmittel 1 wird mit der derzeit international noch nicht definierten Basis des **Langhe** und gleichzeitigen Basis des **Mittelmiozän** (Top magnetische Polaritätszone C5Cn.1n; INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY 2015, 2018) korreliert.

Die Obere Brieske-Formation (oberes **Langhe** und unteres **Serravalle**) setzt mit dem Hangendschluff-Komplex (2,8 m) über dem Lausitzer Flöz 2 ein und ist dem unteren Mittelmiozän zuzuordnen. Der Oberbegleiter 1 (4,2 m) wird von ihm durch Feinsande mit schluffigen Lagen und Schluffe (insgesamt 6,3 m) getrennt. Er gehört bereits ins obere Mittelmiozän (Serravalle). Jüngere Ablagerungen des oberen Mittelmiozän sind in den Bohrungen bisher nicht nachgewiesen und blieben im Betrachtungsgebiet vermutlich nirgends von der Kappung durch die Schmelzwasserablagerungen des Pleistozän verschont.

### Zusammenfassung

Für die Erläuterungen der Geologischen Karte 1:50 000, Blätter L 3350 Bad Freienwalde und L 3352 Letschin, wurde die bruch- und halotektonische Situation anhand des aktuellen reflexionsseismischen Erkundungsstandes regionalgeologisch neu bewertet und dargestellt. Weiter wurden auch die präquartären Ergebnisse aller Bohrungen bohrlochgeophysikalisch, petrographisch und paläontologisch neu ausgewertet. Die Unterschiede und die Auflösung zwischen der zuerst dokumentierten und der aktuellen stratigraphischen Korrelation sind dabei teils erheblich. Die neu interpretierten Mächtigkeiten der stratigraphischen Einheiten werden dokumentiert und insbesondere das Paläogen und Neogen in feinstratigraphischer Auflösung dargestellt.

### Summary

The tectonic situation regarding fault inventory and halokinesis has been newly evaluated for the Geological Map 1:50 000, sheets L 3350 Bad Freienwalde and L 3352 Letschin and is presented basing on the current state of seismic exploration in the region. Furthermore the existing stratigraphic and geophysical logs of the pre-quaternary boreholes have been re-interpreted and the stratigraphic correlations were elaborated. There are significant differences between the former and the updated interpretation. New interpreted thicknesses are reported for the documented stratigraphic units and the strata of Paleogene and Neogene are presented in high-resolution stratigraphy.

### Literatur

- ALBRECHT, G. (1968): Mikropaläontologischer Bericht der Bohrung Neutrebbin 1/68. – VEB Erdöl und Erdgas Mittenwalde/M., Betriebsteil Stendal, 30.10.1968, Stendal (unveröff.)
- AHRENS, H. (1960): Ergebnisbericht Braunkohle Objekt Altranft 1958. – Zentraler Geologischer Dienst, Geologischer Dienst Mitte, 12.03.1960, Berlin (unveröff.)

AHRENS, H. (1994): Braunkohle. – In: SCHROEDER, J. H. (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 2: Bad Freienwalde – Parsteiner See. – 2. verbesserte Auflage, S. 148–149, Berlin (Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V.)

ALTHEN, G. W., RUSBÜLT, J. & J. SEEGER (1980): Ergebnisse einer regionalen Neubearbeitung des Muschelkalks der DDR. – Z. geol. Wiss. **8**, 8, S. 985–999

ARP, G. & F. W. LUPPOLD (2014): Exkursionsführer Jahrestagung der Deutschen Subkommission für Jurastratigraphie, Göttingen, 28.–31. Mai 2014, 38 S.

BACH, I. (1988): Ergebnisse der mikropaläozoologischen Untersuchung einer Probe aus der Bohrung Hy Fw 107/88. – Bericht Nr. 71/88, Zentrales Geologisches Institut, 03.10.1988, Berlin (unveröff.)

BACH, I. (1994): Die Tertiärscholle von Bad Freienwalde, Mikrofossilien. – In: SCHROEDER, J. H. (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 2: Bad Freienwalde – Parsteiner See. – 2. verbesserte Auflage, S. 64–67, Berlin (Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V.)

BAUTSCH, H.-J. (1994): Die Tertiärscholle von Bad Freienwalde, Gipskristalle aus dem Rupelton. – In: SCHROEDER, J. H. (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 2: Bad Freienwalde – Parsteiner See. – 2. verbesserte Auflage, S. 68–70, Berlin (Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V.)

BECKER, A. (2005): Sequenzstratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im östlichen Teil des Germanischen Beckens (Deutschland, Polen). – Hallesches Jahrb. Geowiss. **B 21**, Bh., 117 S.

BEUTLER, G. (1980): Beitrag zur Stratigraphie des Unteren und Mittleren Keupers. – Z. geol. Wiss. **8**, 8, S. 1001–1018

BEUTLER, G., FARRENSCHON, J., HAUSCHKE, N., OPPERMANN, K. & M. SEELING (1999): Das Typusprofil der Weser-Formation (Oberer Gipskeuper, Mittlerer Keuper) nördlich Polle/Weser (südliches Niedersachsen). – Hallesches Jahrb. Geowiss. **B 21**, S. 55–66

DEUTSCHE STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION (2016): Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2016 (STD 2016). – <https://www.stratigraphie.de/std/> (letzter Zugriff am 23.08.2018)

DREYER, E. (1983): Mikropaläontologischer Bericht zur Stratigraphie der Bohrung E Wriezen 1. – Forschungsinstitut für die Erkundung und Förderung von Erdöl und Erdgas Gommern, 05.05.1983, Gommern (unveröff.)

- FESSER, S. (1986): Gutachten Vertikalprofilierung in der Bohrung E Wriezen 1E/85. – VEB Geophysik Leipzig, 31.10.1986, Leipzig (unveröff.)
- FRANKE, D. (1990): Submeridionale Transcurrent-Störungen im präpermischen Untergrund der Mitteleuropäischen Senke. – *Z. angew. Geol.* **36**, 6, S. 201–207
- FRANZ, M., NOWAK, K., BERNER, U., HEUNISCH, C., BANDEL, K., RÖHLING, H.-G. & M. WOLFGRAMM (2014): Eustatic control on epicontinental basins: The example of the Stuttgart Formation in Central European Basin (Middle Keuper, Late Triassic). – *Global and Planetary Change* **122**, S. 305–329
- FROHSE, D. (1963): Abschlußmonatsbericht der Strukturbohrung Ostbrandenburg 107/63. – VEB Erdöl- und Erdgaskundung Mittenwalde/M., 17.10.1963, Mittenwalde (unveröff.)
- GÖTHEL, M. (2006): Fortschritte bei der Unterscheidung von Aquiferen in der Trias und im Jura von Brandenburg unter spezieller Berücksichtigung der Sequenzstratigraphie. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **13**, 1/2, S. 91–115
- GÖTHEL, M. (2012a): Aktuelle Informationen zur stratigraphischen Zuordnung eustatisch und tektonisch kontrollierter Ablagerungssequenzen des Zechsteins im Rahmen der plattentektonischen und paläogeographischen Situation zwischen Gondwana und dem geotektonischen Puzzle Europas. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **19**, 1, S. 29–42
- GÖTHEL, M. (2012b): Zur Zuordnung von Ablagerungssequenzen der Kreide in Ost-Brandenburg anhand aktueller makropaläontologischer sowie ereignis- und sequenzstratigraphischer Interpretation von Ergebnissen zur Bohrung Grunow Kb GrunEh 1/61. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **19**, 1, S. 117–120
- GÖTHEL, M. (2016): Lithologische Interpretation und stratigraphisches Niveau der reflexionsseismischen Horizonte im Untergrund Brandenburgs einschließlich Berlins. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **23**, 1/2, S. 85–90
- GÖTHEL, M. (2018): Stratigraphie von Brandenburg 2018. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **25**, 1/2, S. 47–50, 1 Einbl.
- GÖTHEL, M. & K. GRUNERT (1996): Neue Erkenntnisse aus der Braunkohle-Erkundung zur Trias-Stratigraphie der Lausitzer Triasscholle. – *Freiberger Forschungshefte, C* **464**, S. 175–202
- GÖTHEL, M. & N. HERMSDORF (2014): Überblick zur regional-geologischen Situation im Land Brandenburg einschließlich Berlin. – *Brandenburg. geowiss. Beitr.* **21**, 1/2, S. 5–18
- GÖTHEL, M. & K.-A. TRÖGER (2002): Zur Oberkreide-Entwicklung der Nordsudetischen Kreidemulde, westlicher Teil (Lausitz, Deutschland). – *Z. geol. Wiss.* **30**, 6, S. 369–383
- GRÜNDEL, J. (1994): Die Tertiärscholle von Bad Freienwalde, Makrofossilien. – In: SCHROEDER, J. H. (Hrsg.): *Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 2: Bad Freienwalde – Parsteiner See* – 2. verbesserte Auflage, S. 56–63, Berlin (Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V.)
- HARDENBOL, J., THIERRY, J., FARLEY, M. B., JACQUIN, T., DE GRACIANSKY, P.-C. & P. R. VAIL (1998): Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Chart. – In: DE GRACIANSKY, P.-C., HARDEBOL, J., JACQUIN, T. & P. R. VAIL (eds.): *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*. – *SEPM Special Publication* **60**, chart
- HARTMANN, B. & W. MEYER (1987): Ergebnisbericht Neutrebbin 1.1 – VEB Geophysik Leipzig, Stammbetrieb, 26.02.1987, Leipzig (unveröff.)
- HELMUTH, H.-J. & S. SÜSSMUTH (1993): Die lithostratigraphische Gliederung des jüngeren Oberrotliegenden (Oberrotliegendes II) in Nordostdeutschland. – *Geol. Jb. A* **131**, S. 31–55
- HESCHE, I., HESCHE, W. & MEYER, W. (1986): Ergebnisbericht Müncheberg 1.1 und 1.2. – VEB Geophysik Leipzig, Stammbetrieb, 28.05.1986, Leipzig (unveröff.)
- HORNA, F., TRÖGER, K.-A., WIESE, M., KURZE, M. & R. STARKE (1996): Multistratigraphic Investigations of an Upper Cretaceous West-East Section from Münsterland to Saxony – Part II Subhercynian Basin. – In: REITNER, J., NEUWEILER, F. & F. GUNKEL (eds.): *Global and Regional Controls on Biogenic Sedimentation. II. Cretaceous Sedimentation. Research Reports*. – *Göttinger Arb. Geol. Paläont.* **Sb 3**, S. 113–116
- HOTH, K., WOLF, P., KORICH, D., HUEBSCHER, H.-D., GABRIEL, W. & F. ENDERLEIN (1986): Dokumentationsband Kurzprofile Autunvulkanite N DDR. – VEB GFE Freiberg und Kooperationspartner, 30.09.1986, Freiberg (unveröff.)
- HULTZSCH, A. (1994): Die Tertiärscholle von Bad Freienwalde, Lithologie und Struktur. – In: SCHROEDER, J. H. (Hrsg.): *Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. 2: Bad Freienwalde – Parsteiner See* – 2. verbesserte Auflage, S. 46–50, Berlin (Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V.)
- INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY (2015): GSSP Table – All Periods, Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the International Commission on Stratigraphy. – Last updated: January 2015. – <http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-gssps> (letzter Zugriff am 25.08.2018)
- INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY (2018): International Chronostratigraphic Chart. – Last updated: August 2018. – <http://www.stratigraphy.org> (letzter Zugriff am 27.08.2018)

- JUBITZ, K.-B. (1959): Die Trias Ostthüringens als Rohstoffbasis (Baustein, Kalk, Zement). – In: HOPPE, W. (Hrsg.): Exkursionsführer Thüringer Becken. – Jahrestagung der Geologischen Gesellschaft in der Deutschen Demokratischen Republik vom 23. bis 26. April 1959 in Weimar, S. 99–138, 15 Abb., Berlin (Akademie-Verlag)
- KABOTH, U. (1989): Hydrogeologischer Ergebnisbericht mit GW-Vorratsberechnung Detailerkundung Bad Freienwalde. – VEB Hydrogeologie, Betriebsteil Berlin, 20.09.1989, Berlin (unveröff.)
- KIESEL, Y. (1961): Mikropaläontologische Untersuchung der Bohrung VI/61, Buckow nach Bearbeitung von 73 Proben (Rupel-Einstufung). – Zentrales Geologisches Institut, 21.11.1961, Berlin (unveröff.)
- KIESEL, Y. (1962a): Bericht über die mikropaläontologische Bearbeitung der Bohrung Müncheberg 1. – Ber.-Nr. 27/62, Zentrales Geologisches Institut, 09.05.1962, Berlin (unveröff.)
- KIESEL, Y. (1962b): Die oligozänen Foraminiferen der Tiefbohrung Dobbertin (Mecklenburg) (Ein Beitrag zur Feinstratigraphie des mitteldeutschen Rupels). – Freiburger Forschungshefte **C 122**, 123 S.
- KIESEL, Y. & D. LOTSCH (1969): Zur stratigraphischen Gliederung des Tertiärs nach Foraminiferen und anderen Elementen der Mikrofauna. – In: LOTSCH, D. (Hrsg.): Stratigraphisches Korrelationsschema für das Tertiär der Deutschen Demokratischen Republik. – Abh. Zentr. Geol. Inst. **12**, S. 66–112
- KOZUR, H. & G. SEIDEL (1983): Die Biostratigraphie des unteren und mittleren Buntsandsteins des Germanischen Beckens unter besonderer Berücksichtigung der Conchostracen. – Teil II zur Revision der Conchostracen-Faunen des unteren und mittleren Buntsandsteins. – Z. geol. Wiss. **11**, 4, S. 429–464
- KRUTZSCH, W. (2011): Stratigraphie und Klima des Paläogens im Mitteldeutschen Ästuar im Vergleich zur marinen nördlichen Umrahmung. – Z. dt. Ges. Geowiss. **162**, 1, S. 19–46
- LANGE, U. (1983): Abschlußbericht der Bohrung E Wriezen 1/82. – VEB Erdöl-Erdgas Grimmen, 08.11.1983, Grimmen (unveröff.)
- LANGE, U. (1985): Abschlußbericht der Bohrung E Wriezen 1E/85. – VEB Erdöl-Erdgas Grimmen, 26.11.1985, Grimmen (unveröff.)
- LOTSCH, D. & H. AHRENS (1963): Ergebnisbericht Tertiär Brandenburg – Zwischenbericht über die von 1953 bis zum 31.12.1962 im Raum des ehemaligen Landes Brandenburg abgeteuften Kartierungsbohrungen. – VEB Geologische Erkundung Süd, Arbeitsstelle Berlin, 30.03.1963, Berlin (unveröff.)
- LOTSCH, D. (1981): Korrelationstabelle der lithostratigraphischen Einheiten des Tertiärs der DDR. – In: TGL 25234/08: Geologie, Stratigraphie, Stratigraphische Skala der DDR, Tertiär. – Ministerium für Geologie, 30.7.1981, Berlin
- LÖWE, K. (1969): Abschlußmonatsbericht der Stützbohrung E Neutrebbin 1/68. – VEB Erdöl und Erdgas Mittenwalde/Mark, 12.08.1969, Mittenwalde (unveröff.)
- LÖWE, K. (1969): Ausführliches Schichtenverzeichnis der Bohrung E Neutrebbin 1/68. – VEB Erdöl und Erdgas Mittenwalde/Mark, 30.06.1969, Mittenwalde (unveröff.)
- MAZUR, S., DUNLAP, W. J., TURNIAK, K. & T. OBERC-DZIEDZIC (2006): Age constraints for the thermal evolution and erosional history of the central European Variscan Belt: new data from the sediments and basement of the Carboniferous foreland basin in western Poland. – Journal of the Geological Society **163**, 6, S. 1011–1024
- MEINERT, N. (1962): Ergebnisbericht über die hydrogeologischen Erkundungsarbeiten (Planarbeiten) im Oderbruch 1960–1962. – VEB Geologische Erkundung Nord, Arbeitsstelle Berlin, 01.12.1962, Berlin (unveröff.)
- MÜLLER, A. (1983): Fauna und Palökologie des marinen Mitteloligozäns der Leipziger Tieflandsbucht (Böhlener Schichten). – Altenburger naturwiss. Forsch. **2**, 152 S.
- MÜLLER, A. (2008): Obereozäne bis oligozäne marine Faunen Mitteldeutschlands – eine Übersicht. Mit einer lithostratigraphischen Neugliederung des Unteroligozäns im Südraum Leipzig. – Z. dt. Ges. Geowiss. **159**, 1, S. 23–79
- MUBTOPF, R. & R. TESSIN (1963): Zwischenbericht Ostbrandenburg und angrenzende Gebiete über die von 1959 bis Ende 1962 durchgeführten Kartierungsbohrungen unter Verwendung von Bohrergebnissen des VEB Erdöl- und Erdgaserkundung Mittenwalde, der Objektgruppe Weißwasser des VEB Geologische Erkundung Süd und von älteren Braunkohlenobjekten. – VEB Geologischer Erkundung Süd, Arbeitsstelle Berlin, 04.09.1963, Berlin (unveröff.)
- NIEBUHR, B., WOOD, C. J. & G. ERNST (2000): Isolierte Oberkreide-Vorkommen zwischen Wiehengebirge und Harz. – In: STRATIGRAPHISCHE KOMMISSION DEUTSCHLANDS (Hrsg.): Stratigraphie von Deutschland III – Die Kreide der Bundesrepublik Deutschland. – Courier Forschungsinstitut Senckenberg **226**, S. 101–109
- NÖLDEKE, W. & G. SCHWAB (1977): Zur tektonischen Entwicklung des Tafeldeckgebirges der Norddeutsch-Polnischen Senke unter besonderer Berücksichtigung des Nordteils der DDR. – Z. angew. Geol. **23**, 8, S. 369–379

- REIN, S. & W. OCKERT (2000): Die *enodis-/posseckeri*-Zone im Oberen Muschelkalk Thüringens – Ausbildung und Fossilführung. – Veröffentlichungen Naturkundemuseum Erfurt **19**, S. 43–67
- SPIEGLER, D. (1965): Biostratigraphie des Rupels auf Grund von Foraminiferen im nördlichen Deutschland. – Geol. Jb. **82**, S. 447–486
- SPIEGLER, D. (1986): Gliederung des nordwestdeutschen Tertiärs (Paläogen und Neogen) aufgrund von planktonischen Foraminiferen. – In: TOBIEN, H. (Hrsg.): Nordwestdeutschland im Tertiär. – S. 213–299, Berlin, Stuttgart (Gebrüder Bornträger)
- STOERMER, N. (1963): Mikropaläontologischer Bericht zur Stratigraphie der Bohrung Ostbrandenburg 107. – VEB Erdöl und Erdgas Mittenwalde/M., 30.09.1963, Mittenwalde (unveröff.)
- STOTTMEISTER, L. (2012): Stopp 3: Ziegeleitongrube Wefensleben. – In: LUPPOLD, F. & L. STOTTMEISTER (Hrsg.): Exkursionsführer Jahrestagung der Subkommission für Jurastratigraphie, Vienenburg am Harz, 16.–19. Mai 2012, S. 61–70
- TEMBROCK, M.-L. (1960): Revidierte Fossilliste Rupelton Bad Freienwalde. – In: KAUTZSCH, E. & K.-B. JUBITZ (Hrsg.): Exkursionsführer Brandenburg. – S. 111–113, Berlin (Akademie-Verlag)
- TESSIN, R. (1976): Kurze Information zur Ausbildung des Keupers in Ost- und SE-Brandenburg. – Jb. Geol. **7/8** (für 1971/72), S. 131–139
- TRÜMPER, E. (1961a): Bericht über die mikropaläozoologische Einstufung von Proben der Bohrung Ortwig 2. – Bericht PALzo 167/61, Zentrales Geologisches Institut, 31.05.1961, Berlin (unveröff.)
- TRÜMPER, E. (1961b): Bericht über die mikropaläozoologische Einstufung der Bohrung II/61, Schulzendorf. – Bericht PALzo, Zentrales Geologisches Institut, 29.09.1961, Berlin (unveröff.)
- TRÜMPER, E. (1961c): Bericht über die mikropaläozoologische Einstufung der Bohrung III/61, Kunersdorf. – Bericht PALzo 267/61, Zentrales Geologisches Institut, 28.09.1961, Berlin (unveröff.)
- TRÜMPER, E. (1965): Aktenvermerk zur mikropaläontologischen Neubearbeitung der Bohrung Müncheberg 1 (Zusatz zum Bericht KIESEL, 9.5.1962). – Aktenvermerk F II-80 a/fa 1 Nr. 68/2, Zentrales Geologisches Institut, 21.12.1965, Berlin (unveröff.)
- Verschlüsselung zur Stratigraphie – Quartär und Tertiär der DDR. – Anlage 2 in: ERKUNDUNGSMETHODIK BRAUNKOHL 1985. – Ministerium für Kohle und Energie, Ministerium für Geologie, Berlin (unveröff.)
- VOIGT, T. & H. VON EYNATTEN (2006): Kreidezeitliche Sedimente und Diskordanzen im Subherzynen Becken (Exkursion H am 21. April 2006). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F. **88**, S. 305–343
- VOLKMAR, E. (1969): Zusammenfassender Bericht über die in der Bohrung Neutrebbin 1/68 durchgeführten Bohrlochmessungen. – VEB Geophysik, Stützpunkt Storkow, 30.12.1969, Storkow (unveröff.)
- WECK, D. (1985): Abschlußbericht zu den Bohrlochmessungen in der Bohrung E Wriezen 1E/85. – VEB Bohrlochmessung, 18.10.1985, Gommern (unveröff.)
- WEINLICH, M. (1991): Rotliegendbruchsystem und basaler Zechstein in Brandenburg. – Z. dt. geol. Ges. **142**, S. 199–207
- WEITSCHAT, W. & K. HOFFMANN (1984): Lias und Dogger. – In KLASSEN, H. (Hrsg.): Geologie des Osnabrücker Berglandes. – Textband, S. 335–385, Naturwissenschaftliches Museum Osnabrück

**Anschrift des Autors:**

Michael Göthel  
Landesamt für Bergbau,  
Geologie und Rohstoffe Brandenburg  
Inselstraße 26  
03046 Cottbus  
michael.goethel@lbr.brandenburg.de



Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	25 (2018), 1/2	S. 67–75	5 Abb., 21 Zit.
------------------------------	---------	----------------	----------	-----------------

## Die „Flözanomalie Welzow“ – Nachweis einer kleinräumigen Störungsstruktur im 2. Miozänen Flözkomplex im Tagebau Welzow-Süd

### „Seam anomaly Welzow“ – evidence of a small-spaced fault structure in the 2<sup>nd</sup> Miocene Seam Complex in the opencast mine Welzow-Süd

CHRISTIANE STANULLA, ROMAN RÖNICK, GERALD ZOMACK, BARBARA SEIBEL & KLAUS STANEK

#### Einleitung

Im Jahr 2013 wurde im Tagebau Welzow-Süd eine NNE–SSW-streichende Überschiebungsstruktur im 2. Miozänen Flözkomplex (MFK) aufgeschlossen. Die erkundete Länge der Struktur beträgt ca. 1200 m, die Breite jedoch weniger als 200 m. Die Auswertung der Erkundung ließ auf anomale Lagerungsverhältnisse im Bereich des 2. MFK schließen. Es waren Überschiebungen der Flözbänke, Dislokationen des Zwischenmittels sowie Liegendschluffeinspießungen zu erwarten. Die dem 2. MFK auflagernden Sedimente, einschließlich des Hangendschluffes, wiesen keine Störungsanzeichen auf. Detaillierte Kenntnisse der Ausbildung der Störungselemente sowie ein Genesemodell lagen trotz des mittleren Bohrlochabstandes von ca. 130 m nicht vor. Daher wurde die Struktur als „Flözanomalie Welzow“ (FAW) bezeichnet. Der Aufschluss des ca. 200 m langen nordöstlichsten Teils der FAW in einzelnen Strossenanschnitten ermöglichte eine intensive Dokumentation und Analyse der Lagerungsverhältnisse. Im vorliegenden Beitrag soll die Struktur vorgestellt sowie ein Ansatz zur genetischen Interpretation geliefert werden. Es wird gezeigt, dass die Struktur eindeutig im Mittelmiozän entstanden ist und somit der aktuellen Einstufung des Mittelmiozän als bruchtektonische Ruhephase (KRENTZ & LAPP 2010) entgegensteht.

#### Geografische Lage und Geologie des Arbeitsgebietes

Der Tagebau Welzow-Süd befindet sich im Süden Brandenburgs (Abb. 1A) im Städtedreieck Drebkau, Spremberg und Welzow. Das ausgedehnte Vorkommen des 2. MFK ist in diesem Gebiet von glazigenen Rinnen begrenzt und wurde im Norden intensiv durch die ehemaligen Eisrandlagen des Warthe-Stadiums der Saale-Kaltzeit auf dem Niederlausitzer Grenzwall beeinflusst.

Im Liegenden und Hangenden des 2. MFK lagern die für einen Wechsel von marinen, brackischen und terrestrischen Sedimentationsbedingungen repräsentativen Sedimente des Tertiär dem prätertiären Grundgebirge auf (GÖTHEL 2004, STANDKE 2008, 2010, 2015). Der 2. MFK bildete sich im

Mittelmiozän (Brieske-Formation; STANDKE 2015). Überlagert werden die tertiären Schichten von glazialen Sedimenten der Elster- und Saale-Kaltzeit (KÜHNER 2000). Im Bereich des Niederlausitzer Grenzwalls kam es zur Ausbildung glazigener Deformationen in Form von Sattel- und Muldenstrukturen, Überschiebungen und Verschuppungen sowie lokalen Erosionsstrukturen bis in die Liegendschichten des 2. MFK (u. a. SEIBEL 2011).

Das strukturprägende, endogen-tektonische Element des Tagebaus Welzow-Süd ist der NW–SE-streichende, ca. 1800 m breite, asymmetrische Kauscher Graben (Abb. 1B), entlang dessen SW-Störung der 2. MFK bis zu 38 m vertikal versetzt wurde (SEIBEL 2010). Die Störungen sind bis in den prätertiären Untergrund verfolgbar, wobei die tektonischen Aktivitäten hauptsächlich im unteren Miozän sowie an der Wende Neogen-Pleistozän stattfanden (AHRENS & LOTSCH 1963, SEIBEL 2010). KÜHNER (2009) weist Störungsaktivitäten bis in das Saale-Frühglazial nach. Neben der südwestlichen Hauptstörung sowie den gestaffelten, nordöstlichen Störungen ist der Kauscher Graben auch von NE–SW-streichenden Querstörungen durchsetzt (SEIBEL 2010). Markante prätertiäre Störungen im Umfeld des Bearbeitungsgebietes (Abb. 1B) sind der NW–SE-streichende Lausitzer Hauptabbruch, die NE–SW-streichende Neupetershainer Querstörungszone sowie die ENE–WSW-streichende Stradow-Buckower Störungszone (GÖTHEL 1997, 1998, KRENTZ & LAPP 2010).

#### Normalprofil

In den Liegend- und Hangendsedimenten des 2. MFK wurden keine Deformationen im Zusammenhang mit der FAW nachgewiesen. Für die Beschreibung der entsprechenden Schichten wird daher auf die Fachliteratur verwiesen (GÖTHEL 2004, NOWEL et al. 1994, STANDKE 2008, 2010, 2015, SEIBEL 2011). Im Folgenden wird das Normalprofil des 2. MFK im unmittelbaren Bereich der FAW beschrieben. Die Basis bildet die Flözbank (FB) des durchschnittlich 2,5 m mächtigen Unterbegleiters, der dem höheren Teil der Drebkau-Schichten der Brieske-Formation zugeordnet wird

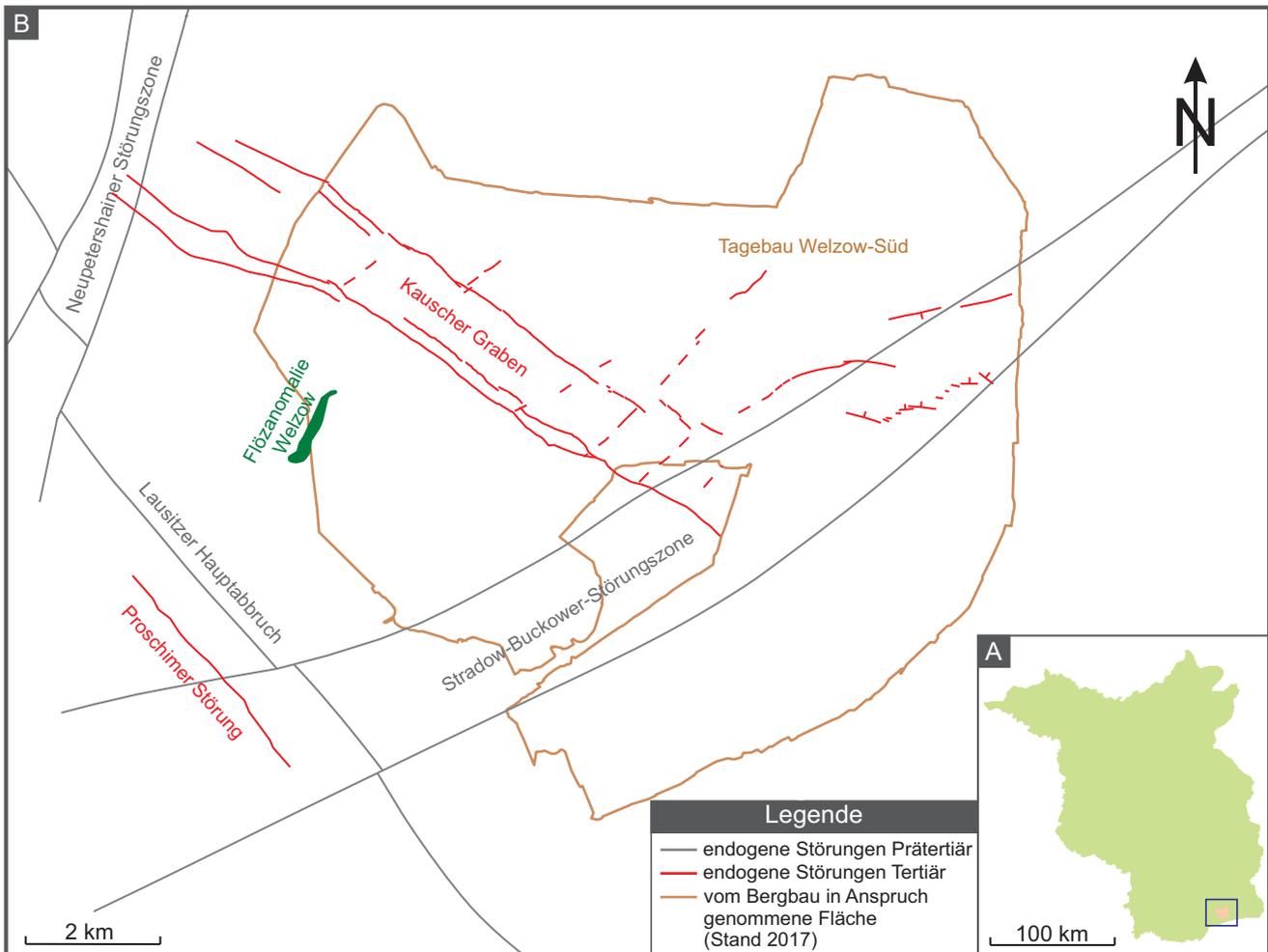


Abb. 1: A – Land Brandenburg mit Kennzeichnung der Lage des Tagebaus Welzow-Süd (blaues Rechteck)  
 B – Übersicht der endogen-tektonischen Elemente im Bereich des Tagebaus Welzow-Süd. Die Flözanomalie Welzow befindet sich im Westen, eingerahmt von Störungen im prätertiären Untergrund (nach GÖTHEL 1998) und dem Kauscher Graben.

Fig. 1: A – Shape of Brandenburg. The blue rectangle shows the position of the opencast mine Welzow-Süd.  
 B – Overview of the endogen-tectonic elements in the area of the opencast mine Welzow-Süd. The “seam anomaly Welzow” is situated in the western part of the mine and is surrounded by pre-Tertiary faults according to GÖTHEL (1998) and the Kauscher Graben.

(STANDKE 2015). Darüber lagert der 2 bis 3 m mächtige, marine Obere Drebkau-Sand, der als Grundwasserleiter (G) 500 bezeichnet wird. Die darüber folgenden Welzow-Schichten der Brieske-Formation bestehen vom Liegenden zum Hangenden aus dem Liegendenschluff, der FB 3, dem Zwischenmittel (ZM) 2, der FB 2 und der FB 1. Der obere Teil des 0,5 bis 1 m mächtigen Liegendenschluffes besteht aus einem ca. 0,3 bis 0,5 m mächtigen, graubraunen, tonigen Schluff. Darüber lagert die durchschnittlich 3,5 m mächtige FB 3. Das ZM 2 weist Mächtigkeiten von 2 bis 3 m auf. Der untere Teil des ZM 2 ist ein stark kohligter Schluff, welcher durch mehrfach eingelagerte, mm- bis cm-mächtige Feinsandlagen eine deutliche Schichtung zeigt, während die oberen etwa 0,5 m des ZM 2 tonig ausgebildet sind. FB 2 und FB 1 haben eine kombinierte Mächtigkeit von durchschnittlich 10 m und sind nur durch einen markanten, als Helles Band

bezeichneten Kohlehorizont voneinander getrennt. Das Top des 2. MFK zeigt eine scharfe Grenze zum überlagernden Hangendschluff, welcher den Greifenhain-Schichten der Meuro-Formation zugeordnet wird (STANDKE 2015) und im gesamten Verlauf der FAW dem 2. MFK ungestört auflagert.

### Methodik

Im Aufschlusszeitraum erfolgte die Kartierung des Störungsbereiches am Kohlehochschnitt nach jedem Baggerdurchgang, sodass insgesamt 15 Profilanschnitte dokumentiert werden konnten. Die Blockbreite in Vertriebsrichtung lag hierbei meist zwischen 20 und 25 m. Schichtgrenzen, Lagerungsverhältnisse und Störungsbahnen wurden markenscheidend eingemessen und in Skizzen sowie Übersichts- und

Detailfotografien festgehalten. Die Stoßhöhe von mehr als 10 m stellte besondere Anforderungen an die Kartierarbeiten, sodass nur in den unteren, erreichbaren Metern die Schichten und Störungen genauer untersucht werden konnten und für den Großteil der Struktur auf berührungslose Messverfahren der Markscheiderei und optische Einschätzungen zurückgegriffen werden musste. Die Messung der Störungsparameter Fallrichtung/Fallwinkel erfolgte, soweit möglich, mittels Freiburger Geologenkompass. Für zwei Profilanschnitte wurden neben der strukturgeologischen Dokumentation auch die anstehenden Kohlenfazies makropetrografisch in ihrer Ausbildung und Lagerung kartiert. Hierzu erfolgte alle 50 m mit Hilfe eines Hubsteigers die Anlage eines vertikalen Profils vom Kohlehangenden bis zur Grubenarbeitsebene mit entsprechender Dokumentation und Probenahme. Unter Berücksichtigung der markscheiderisch gewonnenen Daten konnten im Ergebnis detaillierte Faziesschnitte erstellt werden.

Die Kartierarbeiten konnten durch den laufenden Abbauprozess teilweise nur eingeschränkt durchgeführt werden. Die Hauptprobleme bildeten Schuttlagen am Böschungsfuß sowie ein dünner Feinsandüberzug der Böschung als Folge der Überfahrt der Abraumförderbrücke, wodurch die anstehenden Schichten und Strukturen weniger deutlich erkennbar waren. Bei Unterbrechung der Anschnitte durch Blockanten im Störungsbereich ließen sich Schichtgrenzen und Störungsbahnen auf Grund ihrer starken räumlichen Varianz nicht immer eindeutig verfolgen. Im Kohletiefschnitt konnte der Störungsbereich nur unzureichend untersucht werden, da auf Grund der sehr hohen Tiefschnittmächtigkeiten die Zugänglichkeit stark eingeschränkt war.

### Aufschlussdokumentation

Bereits vor dem Aufschluss der FAW konnten ihr vorgelagert in der FB 3 zahlreiche Klüfte beobachtet werden. Diese waren häufig mit hellem Feinsand, FeS<sub>2</sub> als kompakte Spaltenfüllung oder auch Huminsäuregel gefüllt und meist nahezu senkrecht oder in Richtung NW einfallend orientiert. Die ersten Störungen wurden Ende April 2013 freigelegt. Insgesamt vier Störungsbahnen auf ca. 40 m Strossenlänge, gekennzeichnet durch 50 bis 70° Einfallen in Richtung NNW und die Ausbildung einer Harnischrillung im Bereich des ZM 2, versetzten die Schichtenfolge um jeweils 0,5 bis 2 m. Innerhalb der Kohle konnten die Störungsflächen nicht eindeutig weiterverfolgt werden.

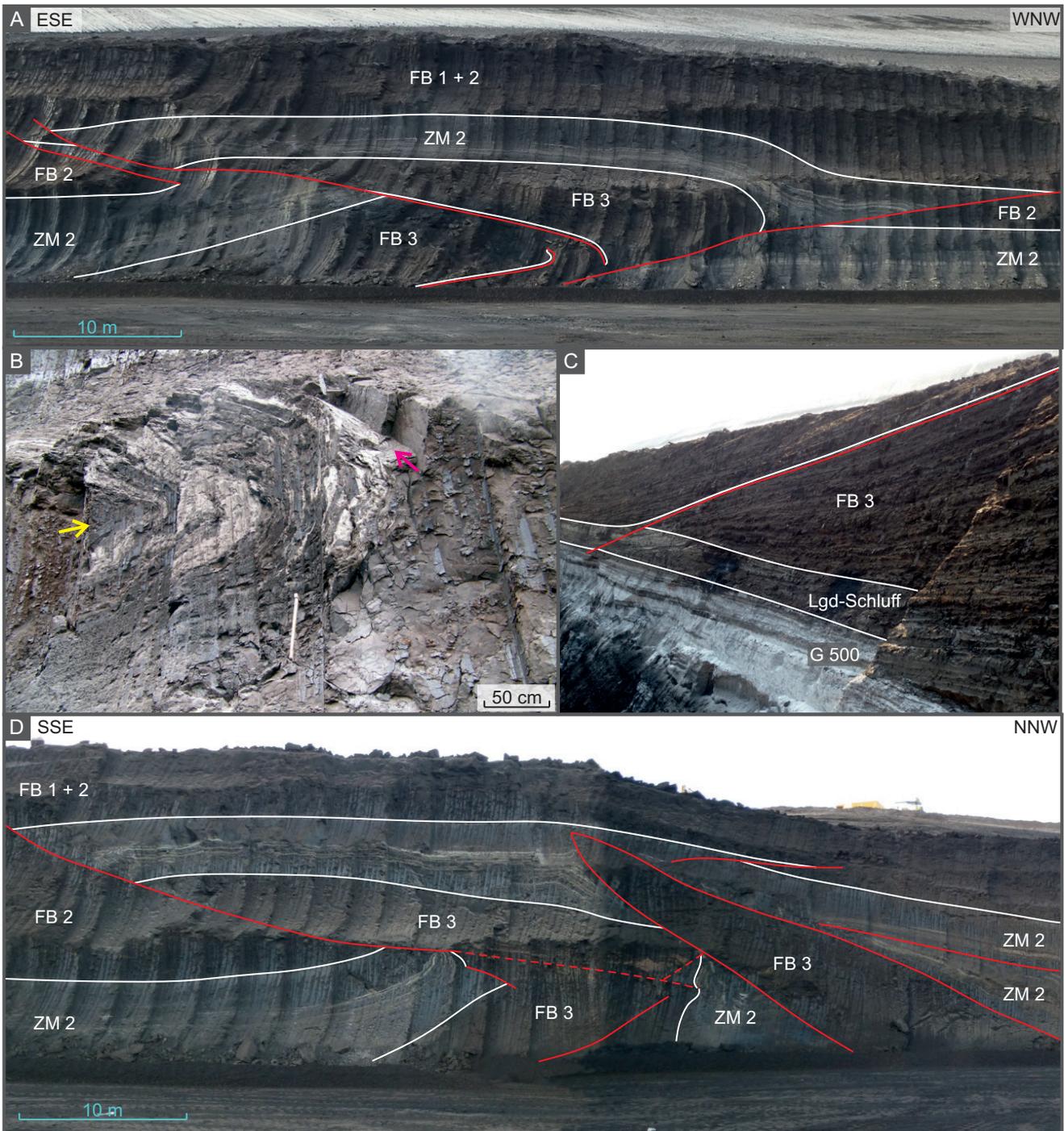
Mit fortschreitendem Abbau entwickelte sich aus diesen einzelnen, gleich gerichteten Störungen ein komplexes System (Abb. 2A). Zwei gegensätzlich einfallende Störungen führten zur Überschiebung der Schichten auf mindestens 70 bis 80 m Strossenlänge. Während die Störungsbahnen innerhalb der Kohle weiterhin nicht verfolgbar waren, konnten vor allem an den hellen Feinsandlagen des ZM 2 markante Deformationsstrukturen beobachtet werden: 1. eine Aufsteilung der Schichten des Liegendblockes, 2. Faltenbildung (Abb. 2B) sowie 3. eine Aufwölbung der aufgeschobenen Schichten. Das Zentrum der Struktur bildete ein 5 bis 6 m mächtiger Block aus Kohle der FB 3. Im Bereich der aufgeschobenen und aufge-

wölbten Schichten war die Mächtigkeit der oberen Kohlebänke (FB 1 und 2) insgesamt auf 4 bis 5 m reduziert. Diese markanten Grundzüge der FAW setzten sich mit Variationen in der Mächtigkeit der FB und im Störungsinventar auch über die weiteren Anschnitte fort. Neben den markanten Hauptstörungen traten mehrfach kleinere Nebenstörungen auf. Diese waren durch relativ hohe Fallwinkel sowie geringe Versatzbeträge (dm-Bereich) gekennzeichnet und durchschnitten teilweise die Flächen der Hauptstörungen. Die beiden Hauptstörungen waren zum Teil mit aufgeschlepptem, tonigen Liegendschluff oder Zwischenmittel besetzt und konnten in diesen Bereichen deutlich durch die FB 3 verfolgt werden. In den Sanden des G 500 setzten die Störungen aus (Abb. 2C).

Die Kartierung der Kohlefazies ermöglichte detailliertere Einblicke in den Störungsverlauf (Abb. 3; ausführliche Beschreibungen zu den Kohlefazies des 2. MFK sind u. a. in BÖNISCH 1984, 2010 und SCHNEIDER 1978 zu finden). Im Anschnitt von Anfang August 2013 verlief die aus dem Liegenden des Flözes wirkende Hauptstörung flach nach WNW ansteigend auf etwa 110 m Strossenlänge durch den Kohlehochschnitt. FB 3 und ZM 2 wurden bis zu 3 m nach NW überschoben. Der Störungsverlauf konnte in der FB 2 unter zunehmender Verflachung, sichtbar an Kohlehorizontverdopplungen und Schrägstellungen geschichteter Flözpartien, weiterverfolgt werden. Im oberen Teil der FB 2, im Horizont 7, endete die Störung in einer Höhe von ca. 10 m über der Grubenarbeitsebene. Im südöstlichen Teil der Struktur wurden die Horizonte der FB 3 und das ZM 2 an zwei NW-fallenden Störungen abgetrennt und ebenfalls überschoben. Diese verliefen auf etwa 50 m Strossenlänge ausgehend von der ersten Hauptstörung bis in die FB 2 und waren durch Schrägstellungen und Mächtigkeitsverdopplungen der Kohlefazies bis in den ca. 7 bis 10 m über der Grubenarbeitsebene gelegenen Horizont 5 nachweisbar. Über den Störungen traten Schleppfalten der FB 3 und des ZM 2 auf. Im Zentrum der Struktur zwischen den beiden Hauptstörungsrichtungen wurden die überschobenen Schichten domartig aufgewölbt. Diese Deformation konnte auch in den Kohlehorizonten der FB 1 und 2 nachgewiesen werden. Die aufgewölbte Kohle wurde im Hangenden diskordant abgeschnitten, sodass die FB 1 mit den Horizonten 8 bis 10 auf ca. 90 m Strossenlänge nicht mehr verbreitet war und der Horizont 6 der FB 2 auf etwa 50 m Strossenlänge direkt unter dem Hangendschluff lagerte. Die Mächtigkeit der Kohle über dem ZM 2 wurde dadurch auf 3,5 bis 5 m reduziert.

Durch das spitzwinklige Streichen der Störungsstruktur zur Abbaurichtung der Grube konnte die FAW mit den letzten Anschnitten in der Kopfböschung dokumentiert werden. Mit dieser Änderung der Profillage von ESE–WNW auf SSE–NNW wurde ein ca. 12 m breiter Span aus Kohle der FB 3 sichtbar, welcher mit rund 30° bis in das aufgeschobene und aufgewölbte ZM 2 einspießt (Abb. 2D). Das ZM 2 ist auf beiden Seiten des Kohlespanes stark verfalltet.

Eine 20 bis 50 m breite Flözeinmuldung, in welcher das ZM 2 kaum verbreitet war oder ganz aussetzte, verlief 150 bis 200 m südöstlich der FAW in ähnlicher Streichrichtung. Hier enthielt die FB 3 wesentlich weniger Rohschwefel als in der Umgebung mit Zwischenmittelverbreitung. Die basalen



Kohlehorizonte der FB 2 wiesen deutliche fazielle Änderungen im Vergleich zum Normalaufbau auf. Anstelle des ZM 2 war eine mächtige sedimentäre Fazies mit eingeschwemmten Laubblättern und Nadeln verbreitet. Die darüber liegenden Horizonte 5 und 7 der FB 2 enthielten mächtige Hochmoorstraten der M-Fazies. Das Helle Band an der Basis der FB 1 keilte aus. An seiner Stelle trat eine geringmächtige gewebeffreie A-Strate auf. Die Horizonte 9 und 10 bestanden aus einer sehr mächtigen Hochmoorkohle der M-Fazies mit Nadeln der Schirmtanne (*Sciadopitys*). Im Randbereich der Flözeinmuldung gab es lokale Vorkommen des ansonsten nicht verbreiteten Horizontes 11 mit A und K-Fazies.

### Auswertung

Betrachtet man die einzelnen Anschnitte als Gesamtheit, wird deutlich, dass es sich bei der Struktur im Wesentlichen um eine bivergente Aufschiebung entlang zweier Hauptstörungsrichtungen handelt (Abb. 4) – eine flach SE-fallende (NW-Störung) und eine dazu konjugierte, antithetische, flach nach NW einfallende SE-Störung. In vielen Anschnitten treten in beiden Richtungen zwei oder mehr Störungsbahnen auf. Die NW-Störungen konnten von den Sanden des G 500 bis in den Horizont 7 der FB 2 nachgewiesen werden. Die SE-Störungen setzen in den Anschnitten im-

Abb. 2: A – Stoßansicht des Kohlehochschnittes von Ende August 2013. In Rot sind die Aufschiebungsbahnen der beiden Hauptstörungsrichtungen hervorgehoben.  
 B – Faltenbildung im nordwestlichen Bereich der Störungsstruktur. An dem kleinen Ausbruch (pinker Pfeil) zeigt sich gut die räumliche Orientierung der Falte. Die Faltenachse (gelber Pfeil) fällt in nordöstliche Richtung.  
 C – Stoßansicht des Kohletiefschnittes von Ende August 2013. Aus den Liegendsanden des G 500 heraus verläuft eine deutlich erkennbare Störung (rot) durch den Liegendschluff (Lgd-Schluff) und die FB 3 bis zur Grubenarbeits-ebene. Der Liegendschluff wurde entlang der Störung aufgeschleppt. Die Mächtigkeit der FB 3 beträgt ca. 3,5 m.  
 D – Stoßansicht der Westmarkscheide des Kohlehochschnittes von Ende Oktober 2013. Die Änderung der Anschnittsrichtung gibt einen neuen Einblick auf die Struktur der Störungszone. Ein schräg aufgestellter Span aus Kohle der FB 3 spießt in die überlagernden, aufgeschobenen Schichten hinein.

Fig. 2: A – View at the pit’s high cut from the end of August 2013. Red lines sign the two main fault directions.  
 B – Distinctive fold in the northwestern part of the fault structure. The small breakout (pink arrow) reveals the spatial orientation. The folding axis (yellow arrow) dips to Northeast.  
 C – View at the pit’s low cut from the end of August in 2013. Red line marks a fault running from the basal sand (groundwater layer 500) through the basal silt and the 3rd seam bed up to the work level. The silt is dislocated along the fault. The thickness of the seam bed is about 3.5 m.  
 D – View at the western end of the pit’s high cut from the end of October 2013. The change of the cut direction provides a new insight into the fault’s structure. An oblique coal blade of the 3rd seam bed spears into the overlying and thrustbeds.

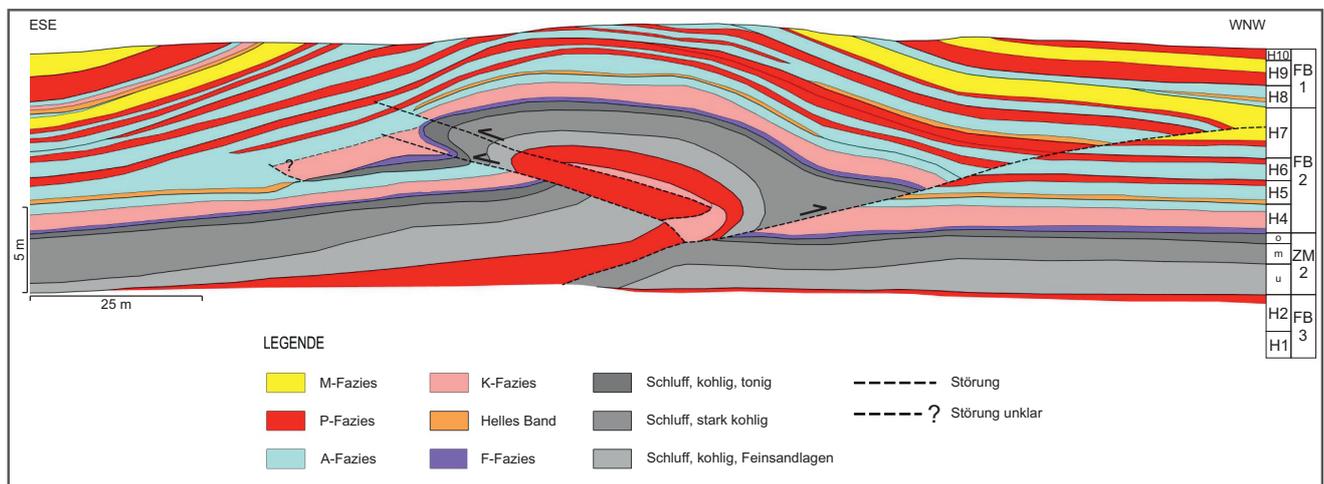


Abb. 3: Faziesprofil des Kohlehochschnittes von Anfang August 2013 mit Unterteilung der entsprechenden Horizontabfolge von H1 bis H10. Anhand der kartierten Kohlefazies lassen sich sehr gut der Verlauf der beiden Hauptstörungen bis in die FB 2 sowie die Erosion der aufgewölbten Schichten nachvollziehen. Selbst im Zentrum der Flözanomalie Welzow zeigen sich keine Veränderungen zum Normalaufbau der typischen Faziesabfolge.

Fig. 3: Facies profile at the pit’s high cut from the beginning of August 2013 including the corresponding division into horizons H1 to H10. Two main faults are running up to the 2nd coal bed. The arched upward bedding is eroded in its top. The normal facies succession shows no distinctive change even in the centre of the fault structure.

mer oberhalb der NW-Störungen ein und verlaufen von der FB 3 bis in den Horizont 5 der FB 2. Beide Störungen verflachen zum Hangenden hin und laufen in der FB 2 aus. Die Schichtenfolge ist in den ESE–WNW-Profileschnitten bis zu 5 m überschoben und domartig aufgewölbt. Die aufgewölbten Kohlehorizonte wurden vor der Sedimentation des diskordant auflagernden Hangendschluffes erodiert, sodass im Zentrum der Struktur nur noch die FB 2 bis zu ihrem Horizont 6 vertreten ist. Der Hangendschluff lagert ungestört horizontal über dem 2. MFK.

Weitere Charakteristika der FAW sind das Aufsteilen der Schichten des Liegendblockes sowie intensive Deformatio-

nen in Form von Flexuren und liegenden Falten. Zur Faltenbildung kam es vornehmlich im Bereich des unteren, sandigeren ZM 2. Die Faltenachsen fallen flach nach NE oder SW und liegen damit etwa rechtwinklig zur Bewegungsrichtung an den NW-Störungen (Abb. 4). Der obere, tonigere Teil des ZM 2 reagierte oft mit Abscherung und spießt in die Kohle der FB 2 ein. Die Kohle selbst reagierte meist bruchhaft. An Umbiegungserscheinungen einzelner Xylite in der FB 3 kann ein plastisches Verhalten, ähnlich dem Trend der Faltung des ZM 2, nachgewiesen werden.

An der NW-Störung wird der Liegendschluff häufig aufgeschleppt. Harnische auf dieser Störungsfläche weisen eine

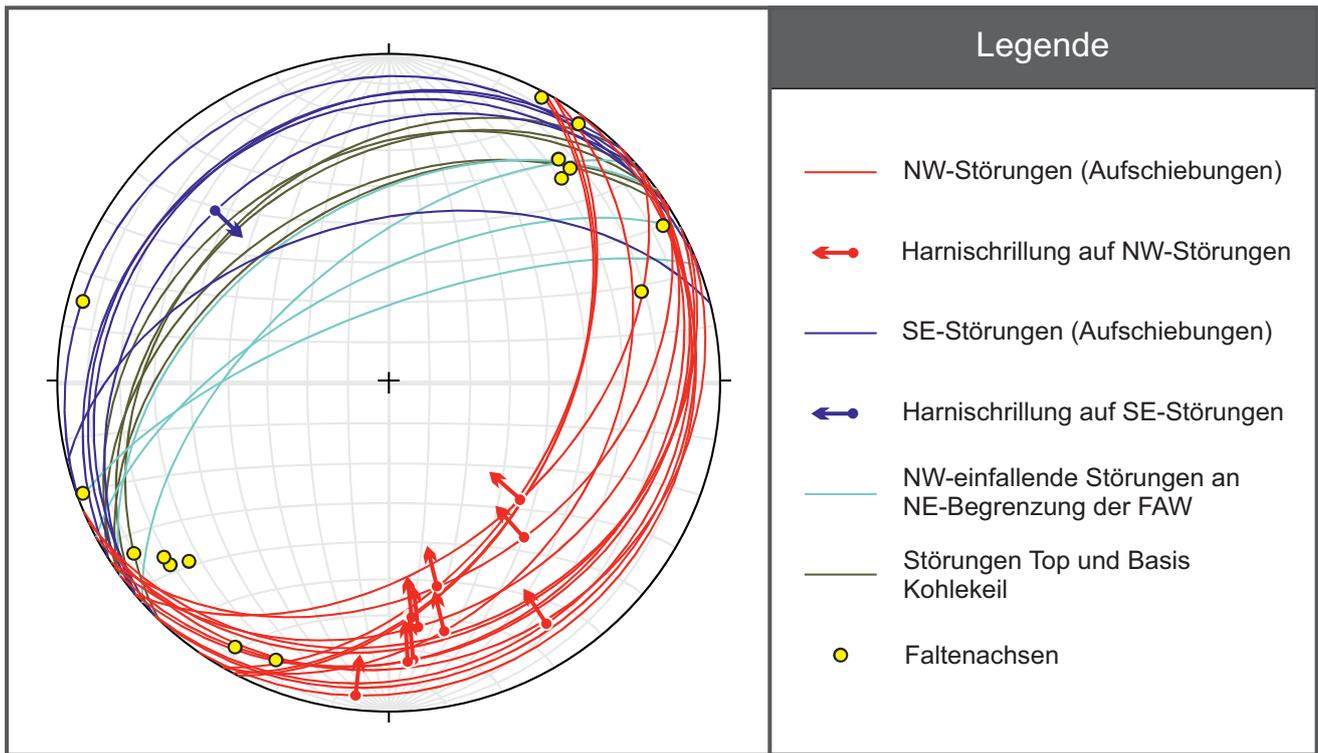


Abb. 4: Strukturdaten der tektonischen Elemente der Flözanomalie Welzow (FAW; Darstellung im Schmidt'schen Netz: Störungsflächen als Großkreise, Harnische als Punkt mit Pfeil für die Bewegungsrichtung des Hangendblockes). Deutlich sind der bivergente Charakter der Aufschiebungen sowie die Lage der Achsen der Schlepptalten in Streichrichtung der Störungsflächen zu erkennen. Die steil NW-einfallenden Störungen der ersten Anschnitte im Nordosten der FAW und die Grenzflächen des Kohlekeils weisen ähnliche Fallrichtungen auf.

Fig. 4: Schmidt net with measured structural data of the faults and folds of the "Seam anomaly Welzow". The reverse faults have a bivergent character. The fold axes run parallel to the faults' strike. The dip directions of the steep faults at the north-eastern end of the structure and of the faults of the coal blade are similar.

nordgerichtete Bewegung nach. Für die SE-Störung konnten an zwei Profilen Harnische beobachtet werden, welche eine Bewegungsrichtung der Aufschiebung nach SE anzeigen.

Der im letzten, SSE–NNW-orientierten Anschnitt erkennbare „Kohlespan“ der FB 3 fällt etwas steiler als die SE-Störungen ebenfalls in Richtung NW ein (Abb. 4). Offensichtlich wurde er von der FB 3 abgelöst und SE-vergent aufgeschoben.

### Interpretation und Genesemodell

Die Strukturdaten der SE-einfallenden Störungen weisen auf eine aus S bis SE wirkende Kompression hin. Der basale Abscherhorizont für diese Aufschiebungen liegt vermutlich in den wassergesättigten Sanden des G 500. Konjugiert zu dieser Kompressionsbewegung bildeten sich antithetische, NW-einfallende Aufschiebungen. Die lokal beobachtete Harnischbildung auf den Störungsflächen und die hauptsächlich spröde Deformation deuten auf eine rupturale Deformation bereits verfestigter Schichten hin. Faltenbildungen traten im Wesentlichen im Zwischenmittel in Bereichen mit zahlreichen Feinsandlagen auf, welche wahrscheinlich

durch Wassersättigung plastisch reagieren konnten. Die Bewegungsenergie reichte nicht aus, um das Flöz komplett zu durchbrechen, sondern wurde durch den Versatzbetrag der FB 3 und des ZM 2 so stark kompensiert, dass die Hangendhorizonte der FB 2 und die FB 1 nur noch aufgewölbt werden konnten. Der im SSE–NNW-gerichteten Anschnitt erkennbare Span der FB 3 wurde an einer Rampe innerhalb der Kohle abgelöst und durch das aus NW wirkende Widerlager SE-vergent aufgeschoben.

Die FAW ähnelt in ihrer Ausbildung den im Allgemeinen als „Pop-up“-Strukturen bekannten Elementen gestaffelter Blattverschiebungen, wie sie z. B. in den Experimentergebnissen von McCLAY & BONORA (2001) ausführlich dargestellt werden. Die SE- und NW-einfallenden Störungen und Harnische zeigen vornehmlich nordwärts bzw. südwärts gerichtete, schräge Überschiebungen an. Die damit gebildete „Pop-up“-Struktur kann durch eine die tertiären Ablagerungen durchschlagende Staffel von sinistralen Blattverschiebungen interpretiert werden. Diese Störungstaffel streicht wahrscheinlich NNE–SSW und ermöglicht in den Übergangsbereichen zwischen den einzelnen Störungen eine NW–SE-Transpression im Bereich der FAW (Abb. 5). Die Struktur der FAW könnte auch durch ein ähnliches tektonisches Modell erklärt werden, und zwar als Deformation

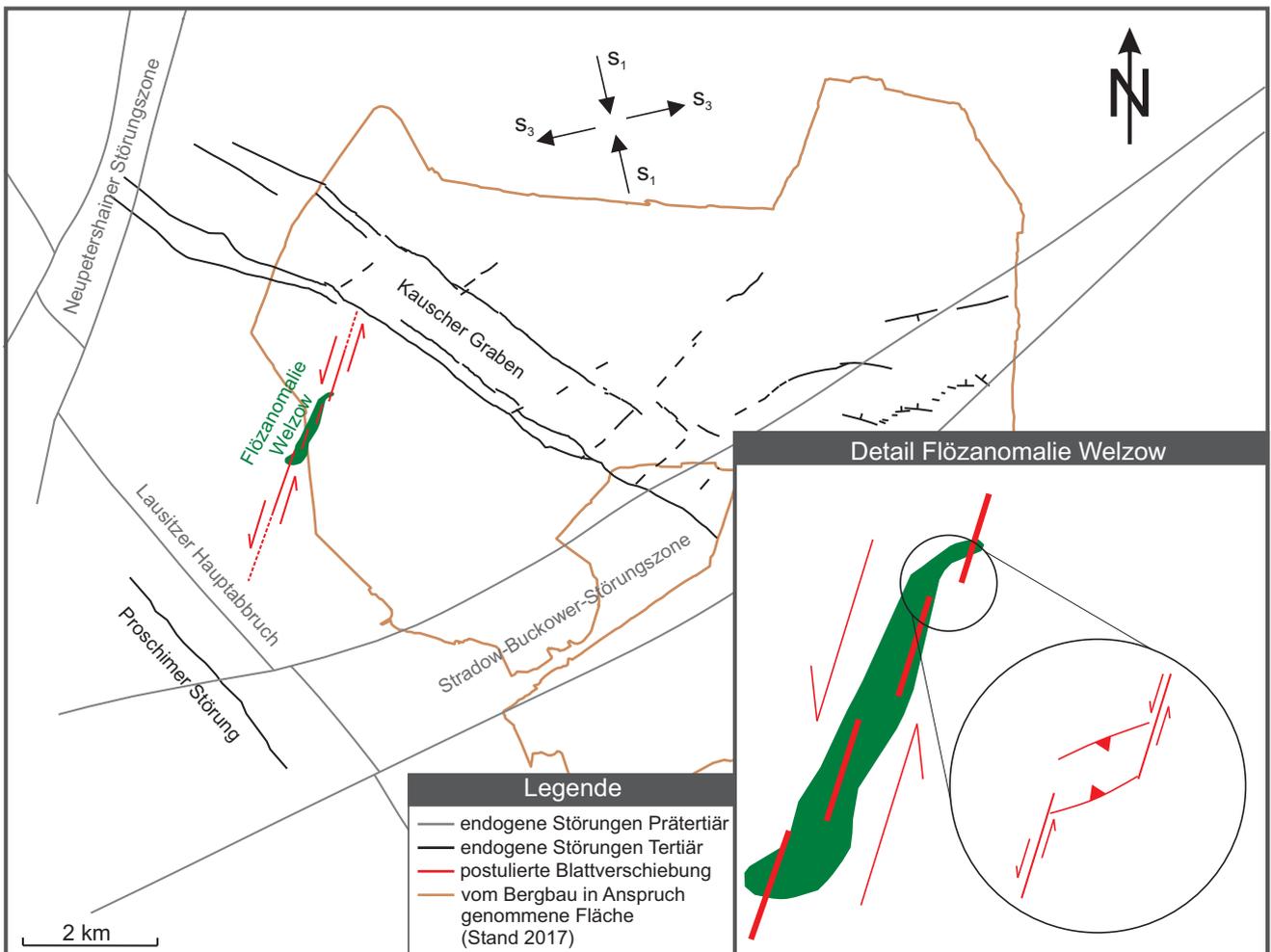


Abb. 5: Genesemodell der Flözanomalie Welzow im Kontext der regionalen tektonischen Elemente (Prätertiärstörungen nach GÖTHEL 1998) und des vermuteten Spannungsfeldes ( $s_1$  – Kompression,  $s_3$  – Extension). Eine NNE–SSW-streichende, sinistrale Störungsstaffel zwischen Lausitzer Hauptabbruch und Kauscher Graben verursacht eine NW–SE-Transpression im Übergangsbereich zwischen den Störungen und die Bildung von „Pop-up“-Strukturen.

Fig. 5: Graphical interpretation of the formation of the “Seam anomaly Welzow” in a regional tectonic context (pre-Tertiary faults according to Göthel 1998) including the assumed stress field ( $s_1$  – compression,  $s_3$  – extension). The stepover of echelon NNE-SSW sinistral strike-slip faults between Lausitzer Hauptabbruch and Kauscher Graben causes a NW-SE transpression (restraining bend) and the formation of pop-up structures.

im Kontraktionsquadranten einer Blattverschiebung und die damit verbundene Bildung von Überschiebungsstrukturen (vgl. KIM & SANDERSON 2006 sowie SEIERT 2015). Als mögliche Entstehungsursache einer solchen Blattverschiebung kann eine Aktivierung von Störungen im prätertiären Untergrund parallel zur Neupetershainer Störungszone gesehen werden.

Der Zeitraum der Entstehung der FAW ist zwischen der Ablagerung des 2. MFK (Unteres Mittelmiozän, Brieske-Formation, Welzow-Schichten) und der Sedimentation des diskordant auflagernden Hangendschluffes (Mittleres Mittelmiozän, Meuro-Formation, Greifenhain-Schichten; STANDKE 2015), d. h. zwischen 16 und 14 Ma einzuordnen. Eine Störungsbildung im Moorstadium erscheint ausgeschlossen, da dies eine deutliche Veränderung der Kohlefazies im Vergleich zum Normalaufbau zur Folge gehabt

hätte (vgl. Abb. 3). Während der zeitlichen Lücke zwischen dem 2. MFK und dem Hangendschluff wurde der Flözkörper so weit verfestigt, dass sich eine Spröddeformation ausbilden konnte. Welche Sedimentauflast in dieser Zeit das Flöz überdeckte, ist nicht bekannt. Relikte einer vermutlich ehemals flächenhaften Verbreitung mariner Sande zwischen Flöz und Hangendschluff sind im Tagebau Nochten erhalten (STANDKE 2010). Im Umfeld der FAW konnten innerhalb der FB 1 sandgefüllte Klüfte dokumentiert werden. Weiterhin belegen Flözkartierungen im Tagebau Welzow-Süd sowie in anderen Lausitzer Tagebauen das Auftreten von Sandlinsen in den obersten 2 bis 3 m Kohle der FB 1 und 2, sodass von einer ehemaligen Auflage mariner Sande vor der Ablagerung des Hangendschluffes ausgegangen werden kann. Die Erosion dieser Sande nach der Deformation des Flözes führte zu der scharfen Grenze

zwischen 2. MFK und Hangendschluffkomplex sowie zum diskordanten Abschneiden der aufgewölbten FB1 im Bereich der FAW.

Das regionale Stressfeld während des Mittelmiozän im Bereich der Niederlausitz ist nicht bekannt. KRENTZ & LAPP (2010) beschreiben eine NE–SW-Entlastung mit Remobilisation prätertiärer Störungen, die sich in eine präoberoligozäne bis untermiozäne und eine obermiozäne Etappe unterteilt, während das Mittelmiozän als bruchtektonisch ruhig eingestuft wird. Dieser Aussage steht das für die Bildung der FAW als ursächlich interpretierte Stressfeld mit NW–SE-Transpression (Abb. 5) entgegen. Die Annahme eines vermutlich regional wirksamen Kompressionsdruckes im Mittelmiozän wird sowohl durch die FAW als auch durch im Tagebau Nochten dokumentierte Überschiebungsstrukturen innerhalb des 2. MFK (BRAUSE & HAHMANN 1989, HAHMANN 1979) bekräftigt.

Die südöstlich der FAW liegende Flözeinmuldung wird auf Grund der faziellen Änderungen im Flözaufbau sowie fehlender Störungselemente als syngenetische Bildung interpretiert. Die geringeren Rohschwefelwerte der Kohle deuten auf ein Fehlen des Zwischenmittels bereits vor der Torfakkumulation hin. Denkbar wäre eine ehemalige Erosionsrinne, welche die Moorbildung als Depression überdauerte und somit lokalen Einfluss auf die Entwicklung der Vegetation nahm.

Die strukturelle Ausbildung der FAW sowie deren zeitliche Eingrenzung belegen eine Bildung als endogen-tektonische Störung. Derartige kleinräumige Flözdeformationen waren bisher im Lausitzer Revier nur aus dem Tagebau Nochten (BRAUSE & HAHMANN 1989, HAHMANN 1979) bekannt. Mit ihrer eindeutigen Entstehung nach der Flözbildung und vor der Ablagerung des Hangendschluffes ist die FAW ein erneuter Nachweis tektonischer Aktivität im Mittelmiozän. Die bisher als bruchtektonische Ruhezeiten benannten Phasen während bzw. im Anschluss der Genese des 2. MFK (KRENTZ & LAPP 2010) müssen vor diesem Hintergrund neu überdacht werden.

### Zusammenfassung

Im Grubenbetrieb des Tagebaus Welzow-Süd konnte im Jahr 2013 der nordöstlichste Teil einer weniger als 200 m breiten Störungsstruktur im 2. Miozänen Flözkomplex, der so genannten „Flözanomalie Welzow“, in mehreren Anschnitten dokumentiert werden. Das wesentliche Erscheinungsbild der Struktur, welche durch Überschiebungen, Aufwölbungen, Harnisch- und Faltenbildungen geprägt ist, wird durch zwei flach einfallende, konjugierte Störungen aus SE und NW hervorgerufen und als „Pop-up“-Struktur im Staffebereich einer sinistralen, aus dem prätertiären Untergrund wirkenden Blattverschiebung interpretiert. Die Kartierergebnisse belegen eine Entstehung der Struktur nach der Kohlebildung, aber vor der Ablagerung des Hangendschluffes. Somit ist die „Flözanomalie Welzow“ ein eindeutiger Nachweis bruchtektonischer Aktivität im Mittelmiozän.

### Summary

Welzow-Süd is a lignite opencast mine in East Germany. In 2013, we documented the “Seam anomaly Welzow”, a fault structure within the 2<sup>nd</sup> Miocene Seam Complex. Thrust faulting, arching upward, slickensides and folding characterize this 200 m wide structure. It is caused by two faults, one from SE and one from NW, both flat dipping and conjugated. We interpret the situation as a pop-up structure: A sinistral strike-slip fault is splitted in a right stepover. In the restraining bend reverse faults cause an uplift of some meters. The whole structure developed between the seam formation and the deposition of the overlying marine silts. This proves tectonic activity during the Middle Miocene.

### Danksagung

Wir danken der LEAG Lausitz Energie Bergbau AG für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Geländearbeiten sowie für die Möglichkeit, die Untersuchungsergebnisse zu veröffentlichen. Ein herzliches Dankeschön geht an Prof. Dr. Norbert Volkmann für die fachlichen Gespräche, Frau Inge Manthey für die Digitalisierung des Fazieschnittes und Dr. Kurt Goth für die kritische Prüfung der englischen Textteile.

### Literaturverzeichnis

- AHRENS, H. & D. LOTSCH (1963): Tektonische Bewegungen im Tertiär der zentralen Niederlausitz. – *Geologie* **7**, S. 833–841
- BÖNISCH, R. (1984): Zur makropetrographischen Faziesanalyse im 2. Lausitzer Flöz. – *Freiberger Forschungshefte C* **381**, S. 26–38
- BÖNISCH, R. (2010): Makropetrographische Faziesanalyse des 2. Miozänen Flözes. – In: VATTENFALL EUROPE MINING AG (Hrsg.): *Die geologische Entwicklung der Lausitz*, S. 86–94, Cottbus
- BRAUSE, H. & H.-G. HAHMANN (1989): Kipp-Gleit-Tektonik Typ Nochten. – *Geoprofil* **1**, S. 63–64
- GÖTHEL, M. (1997): Geologische Untersuchungen zum tieferen Liegenden des 2. Lausitzer Flözes. – Abschlussbericht für die Lausitzer Braunkohle AG, 53 S., Senftenberg (unveröff.)
- GÖTHEL, M. (1998): Geologische Karte der Lausitz, Känozoikum abgedeckt, 1 : 100 000. – *Lausitzer Braunkohle AG, Gesellschaft für Montan- und Bautechnik mbh, Senftenberg* (unveröff.)

- GÖTHEL, M. (2004): Stratigraphie des Känozoikums in Brandenburg mit spezieller Berücksichtigung des Braunkohlenreviers Lausitz. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **11**, 1/2, S. 149–168
- HAHMANN, H.-G. (1979): Die endogen-tektonischen Überschiebungen im 2. Lausitzer Flöz des Tagebaus Nochten-West. – Z. geol. Wiss. **7**, S. 293–297
- KIM, Y.-S. & D. J. SANDERSON (2006): Structural similarity and variety at the tips in a wide range of strike-slip faults: a review. – Terra Nova **18**, S. 330–344
- KRENTZ, O. & M. LAPP (2010): Bruchtektonische Hauptelemente. – In: VATTENFALL EUROPE MINING AG (Hrsg.): Die geologische Entwicklung der Lausitz, S. 139–142, Cottbus
- KÜHNER, R. (2000): Sedimentfolgen und Lagerungsverhältnisse im quartären Deckgebirge des Tagebaus Welzow-Süd. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **7**, 1/2, S. 59–72
- KÜHNER, R. (2009): Neue Ergebnisse zum Nachweis neotektonischer Aktivitäten im Quartär des Tagebaus Welzow-Süd, Südbrandenburg. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **16**, 1/2, S. 87–93
- MCCLAY, K. & M. BONORA (2001): Analog models of restraining stepovers in strike-slip fault systems. – AAPG Bulletin **85**, 2, S. 233–260
- NOWEL, W., BÖNISCH, R., SCHNEIDER, W. & H. SCHULZE (1994): Geologie des Lausitzer Braunkohlenreviers. – Lausitzer Braunkohle AG, 102 S., Senftenberg
- SCHNEIDER, W. (1978): Zu einigen Gesetzmäßigkeiten der faziellen Entwicklung im 2. Lausitzer Flöz. – Z. angew. Geol. **24**, 3, S. 125–130
- SEIBEL, B. (2010): Kauscher Graben – In: VATTENFALL EUROPE MINING AG (Hrsg.): Die geologische Entwicklung der Lausitz, S. 147–152, Cottbus
- SEIBEL, B. (2011): Tagebau Welzow-Süd: Geologische Exkursionen. – In: SCHROEDER, J. H. (Hrsg.): Führer zur Geologie von Berlin und Brandenburg Nr. **10**: Cottbus und Landkreis Spree-Neiße. – S. 225–232, Berlin (Selbstverlag Geowissenschaftler in Berlin und Brandenburg e. V.)
- SEIERT, E. (2015): 3D-Modellierung der Flözanomalie Welzow. – Bachelorarbeit, 69 S., Freiberg (unveröff.)
- STANDKE, G. (2008): Tertiär. – In: PÄLCHEN, W. & H. WALTHER (Hrsg.): Geologie von Sachsen. – S. 358–419, Stuttgart (Schweizerbart)
- STANDKE, G. (2010): Schichtenfolge. – In: VATTENFALL EUROPE MINING AG (Hrsg.): Die geologische Entwicklung der Lausitz, S. 51–75, Cottbus
- STANDKE, G. (2015): Tertiär. – In: STACKEBRANDT, W. & D. FRANKE (Hrsg.): Geologie von Brandenburg. – S. 259–323, Stuttgart (Schweizerbart)

**Anschrift der Autoren:**

Christiane Stanulla, M.Sc.  
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft  
und Geologie  
Halsbrücker Str. 31a  
09599 Freiberg  
Christiane.Stanulla@smul.sachsen.de

Dipl.-Geol. Roman Rönick  
LEAG Lausitz Energie Bergbau AG  
Vom-Stein-Straße 39  
03050 Cottbus  
roman.roenick@leag.de

Dipl.-Ing. (FH) Gerald Zomack  
LEAG Lausitz Energie Bergbau AG  
Vom-Stein-Straße 39  
03050 Cottbus  
gerald.zomack@leag.de

Dipl.-Geoph. Barbara Seibel  
LEAG Lausitz Energie Bergbau AG  
Vom-Stein-Straße 39  
03050 Cottbus  
barbara.seibel@leag.de

Prof. Dr. Klaus Stanek  
TU Bergakademie Freiberg  
Institut für Geologie  
Bernhard-von-Cotta-Str. 2  
09599 Freiberg  
Klaus-Peter.Stanek@geo.tu-freiberg.de



Brandenburg. geowiss. Beitr.	Cottbus	25 (2018), 1/2	S. 77–82	3 Abb., 1 Tab., 9 Zit.
------------------------------	---------	----------------	----------	------------------------

## Neue Untersuchungen an Dünen in Brandenburg

### New investigations on dunes in Brandenburg

NORBERT SCHLAAK

Zwischen 2014 und 2017 wurden im Rahmen der laufenden Kartierung des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg (LBGR) in den Landkreisen Potsdam-Mittelmark und Oder-Spree neue Befunde zur Dünenstratigraphie gewonnen.

#### 1. Die Renneberge bei Bliesendorf (Landkreis Potsdam Mittelmark)

##### 1.1 Lage und Habitus

Die Düne Renneberge befindet sich ca. 2 km südlich der Ortschaft Bliesendorf unmittelbar südlich der Bundesautobahn (BAB) 10. Es handelt sich um eine nach Westen geöffnete Parabel- oder Bogendüne, die auf die Glindower Grundmoränenplatte aufgeweht wurde (Abb. 1). Die vorliegende Beschreibung bezieht sich ausschließlich auf diesen, auf der Glindower Platte liegenden Teil der Düne, obwohl sich die Ausläufer der Dünenschweife im DGM 2 vom Rand der Platte nach WNW noch weitere 2 km im Gebiet der angrenzenden Niederung bis zum Kolpinsee verfolgen lassen (Abb. 2). Die beiden Dünenschweife der so bezeichneten Renneberge haben eine Länge von ca. 1,8 km bei einem Abstand von ca. 600 m, womit die Düne, inklusive dem von ihr eingerahmten Bereich, eine Fläche von ca. 1 km<sup>2</sup> einnimmt. Die größte Höhe erreicht der Dünenkörper in seinem östlichen Teil bei ca. 77 m ü. NHN und erhebt sich hier somit ca. 16 m über sein Umland. Die Hangwinkel der nordexponierten Dünenschweife sind mit 16–20° deutlich steiler, als die südexponierten mit Winkeln von teilweise unter 10°. An den nordexponierten Dünenschweiften ist im oberen Abschnitt stellenweise eine Versteilung der Hangwinkel auffällig.

Zwischen den Dünenschweiften befinden sich zwei kleinere Bogendünen, die von Westen her in die offene Düne eingeweht wurden.

Lokale Verritzungen durch eine militärische Nutzung (Panzerstellungen u. ä.) sind an mehreren Stellen sichtbar, ebenso eine frühere Sandentnahme am Dünenkopf und ein neuerer Einschnitt an der Nordostecke der Düne, die mit dem Neubau einer Parkfläche an der BAB 10 in Zusammenhang steht.

Interessant ist, dass beim Bau der Autobahn deren Linienführung an den Dünenkörper der Renneberge angepasst wurde. Erst an der östlichen Begrenzung der Düne knickt die Autobahn um etwa 14° nach Südosten ab.

#### 1.2 Stratigraphie und absolute Altersstellung

Durch mehrere, bis 5 m tief reichende Bohrungen im Nordschweif der Düne sowie im Südschweif der einen eingewehten kleineren Bogendünen, konnten Befunde zur Stratigraphie und absoluten Altersstellung der Renneberge gewonnen werden. Wichtigstes Ergebnis war der Fund eines begrabenen Bodens an der Basis der Düne. Er bildete sich hier auf einer geringmächtigen Schicht aus Fein- und Mittelsanden, die der lehmigen, oberflächennah entkalkten Glindower Platte aufliegt. Nach seinem Habitus handelt es sich bei dem begrabenen Boden um den so genannten Finowboden, einem im Weichsel-Spätglazial gebildeten Braunhorizont (fBv), dem hier, wie auch in allen anderen Profilen Brandenburgs, grundsätzlich ein hangender Humushorizont (fAh) fehlt (SCHLAAK in STACKEBRANDT & FRANKE 2015a). Der Finowboden stellt den am weitesten verbreiteten und am dichtesten kartierten Paläoboden im Nordostdeutschen Tiefland dar, welcher sich über einen Zeitraum von ca. 1500 Jahren entwickeln konnte. Sein Bildungszeitraum umfasst das Alleröd und den ersten Abschnitt der Jüngeren Dryas. Die Lage des Finowbodens an der Basis der Renneberge datiert die Anlage der Düne auf das Ende des Weichsel-Spätglazials (ausgehende Jüngere Dryas) auf ca. 12 000 Jahre vor heute. Während dieser Zeit kam es nach einem Kälterückfall zu einer Aufflichtung der Vegetation, was letztlich in weiten Teilen Brandenburgs eine Phase der Dünenbildung auslöste. Die höchste während dieser Zeit gebildete Düne in Berlin/Brandenburg sind die Püttberge im Berliner Urstromtal östlich des Müggelsees. Die vom LBGR abgeteufte Bohrung (UTM/ETRS 89: 33 412565/5810831) erreichte hier erst bei ca. 30 m unter Flur, auf Höhe des Urstromtalbodens bei 39,35 m ü. NHN, den Finowboden (BUSSEMER et al. 2009).

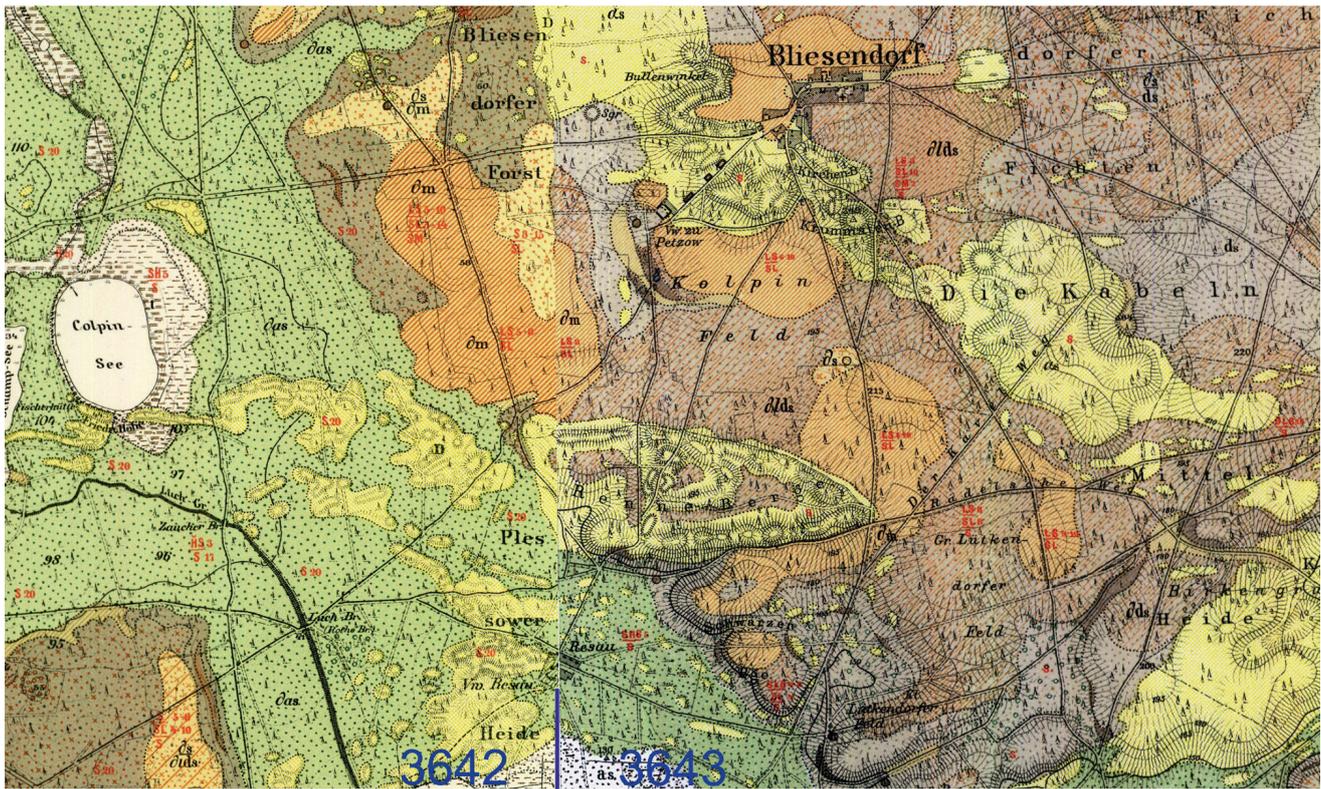


Abb. 1: Die Lage der Renneberge. Ausschnitte GK 25 Blatt Lehnin 3642 (1891) und Blatt Werder 3643 (1882)  
 Fig.1: The location of the Dune Renneberge. Map sections of the geological maps No. 3642/3643

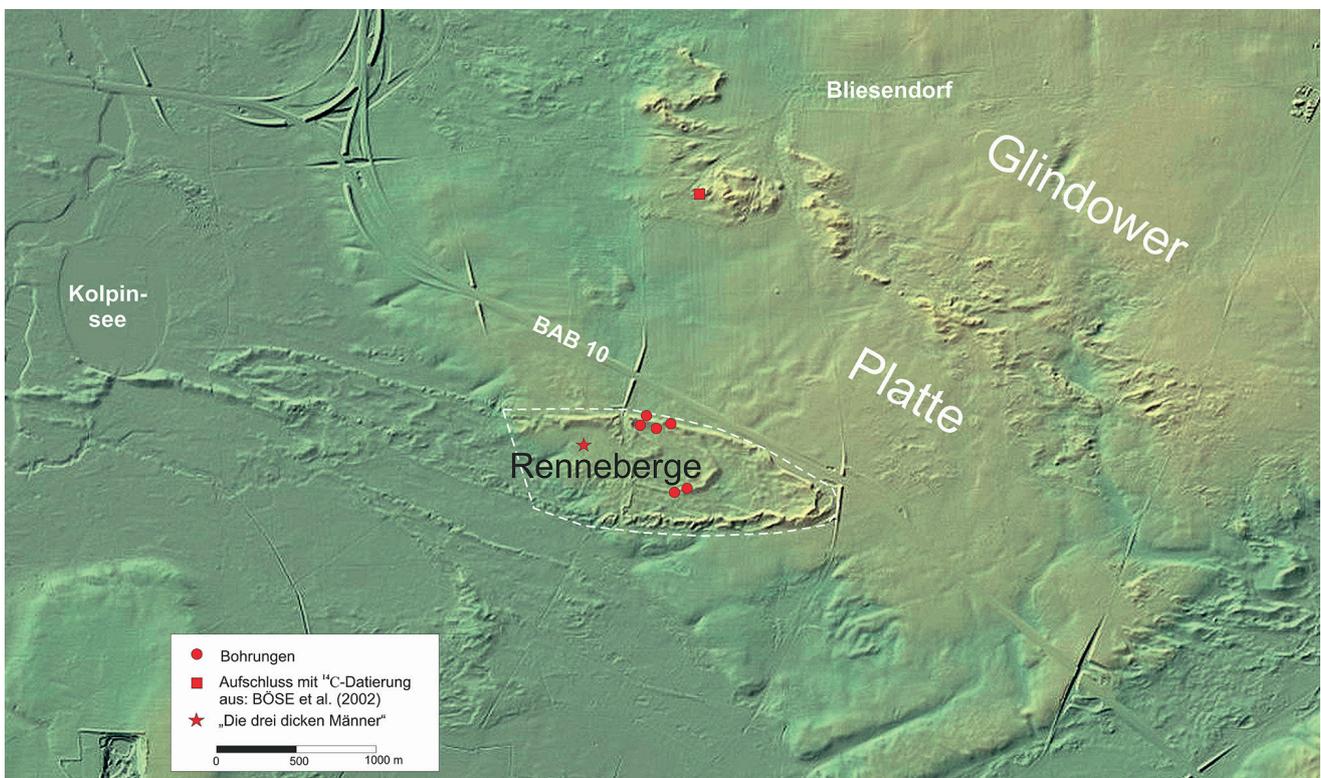


Abb. 2: Lage der Bohrungen im Gebiet Renneberge, Kartengrundlage: DGM 2, Geobasisdaten: © GeoBasis-DE/LGB 2016  
 Fig. 2: Locations of the geological drillings, cartographic basis: Digital terrain model 2, © GeoBasis-DE/LGB 2016

Über den mehrere Meter mächtigen Dünenanden aus dieser Periode wurden in den Rennebergen zwei weitere begrabene Bodenhorizonte erbohrt, die zwei Überwehungsphasen der Düne belegen. In beiden Horizonten wurden Holzkohlepartikel gefunden. Holzkohlereste in Flugsanden und begrabenen Böden können Hinweise zum Überwehungszeitpunkt liefern, da Brände (natürlich ausgelöste Brände bzw. Brandrodung) häufig Auslöser für Flugsandbewegungen/Überdünungen waren (SCHLAAK 1993). <sup>14</sup>C-Altersmessungen liegen aufgrund der geringen Probenmengen hier noch nicht vor. Aus dem Entwicklungsgrad der begrabenen Böden (Typ: Eisenpodsol bzw. Regosol) lassen sich die Zeitpunkte der Sandverlagerungen/Dünenüberwehungen jedoch nicht ableiten. Die aus einer Sandgrube südwestlich des Ortskerns Bliesendorf datierten Holzkohlenreste (BÖSE et al. 2002) weisen dort auf eine Überwehung im Hoch- bis zum Spätmittelalter hin. Eine Interpolation dieses Befundes auf eine der genannten Überwehungen in den „Rennebergen“ ist denkbar, wissenschaftlich jedoch bisher nicht belegt.

### 1.3 Besonderheiten im Gebiet Renneberge

Die Entstehung von Binnendünen ist an Liefergebiete mit windtransportfähigem, also „wehbarem“ Material gebunden. Dadurch befinden sich die großen Dünengebiete Brandenburgs naturräumlich hauptsächlich in Urstromtälern und auf Sanderflächen. Zu den Ausnahmen zählen Dünen, die auf Grundmoränenflächen aufgeweht wurden, wie z. B. auf den Barnim bei Schönholz, Landkreis Barnim oder den Glien bei Perwenitz, Landkreis Havelland (SCHLAAK 1997). Bei den genannten Beispielen liegen die Dünenkörper größtenteils auf einer mehrere Dezimeter mächtigen Schicht aus Weichsel-spätglazialen Flugdecksand, die auch das Umfeld der Dünen lückenlos überziehen. Zwar vollzog sich die Bildung des Finowbodens im Gebiet der Renneberge ebenfalls auf einer geringmächtigen Schicht von Fein- und Mittelsanden, Deflationsprozesse legten die unterlagernde Grundmoräne zwischen den Bogendünenschweifeln während der Dünenaufwehung jedoch an vielen Stellen frei. Durch diesen Umstand existiert im Gebiet der Renneberge heute eine Vielfalt an verschiedenen Oberflächenböden auf engstem Raum (Sandböden und Lessivés und deren Übergänge). Diese Situation ist auf dem Territorium Brandenburgs sehr selten. Korrasionsnarben und Windkanten an größeren Geschieben weisen auf die vorherrschende Windrichtung während des Weichsel-Spätglazials aus westlichen Richtungen hin. Auch die wahrscheinlich ebenfalls aus der näheren Umgebung stammenden Großgeschiebe, aus denen das Geschiebeensemble der „Drei dicken Männer“ im Westteil der Renneberge gestaltet wurde (Abb. 2), zeigen deutliche Korrasionsnarben. Eine Weichsel-kaltzeitliche Grundmoräne existiert in diesem Gebiet nicht. Vermutlich gehört lediglich ein Teil der Steinbestreuung zu den Hinterlassenschaften der Brandenburg-Phase (qw1) der Weichsel-Kaltzeit. Ein kleiner Schurf an der Südbegrenzung der Düne

am Wegeinschnitt in Richtung Resau (UTM/ETRS 89: 33N 352568/5798512) ermöglicht den Blick in den Aufbau der Glindower Platte. Die hier in ca. 2 m unter Flur entnommene Geschiebemergelprobe zeigt eine für Saalekaltzeitliche Grundmoränen typische Zusammensetzung: Feuerstein, frisch – Ffr 50,58 %; Paläozoische Schiefer – PS 3,89 %; Paläozoische Kalke – PK 45,53 %. Quotienten: Nordisches Kristallin/Paläozoische Schiefer – NK/PS 109; Nordisches Kristallin/Dolomite – NK/D 54,5; NK/PK 0,93; Ffr/PK 0,11; Feuerstein/Nordisches Kristallin – F/NK 0,13; PKgr/(PKr+sz) 28,25; (Paläozoische Kalke + Dolomite)/Sandstein – (PK+D)/S 4,58.

Genese, Bau und Habitus machen die Düne Renneberge zu einem außergewöhnlichen geowissenschaftlichen Studien- und Lehrobjekt (Geologie, Geomorphologie, Landschaftsgeschichte, Bodenkunde, Botanik), welches in dieser Komplexität nicht nur im Landkreis Potsdam-Mittelmark, sondern in ganz Brandenburg seinesgleichen sucht. Aus diesen Gründen wurden die Renneberge 2014 in das Geotopkaster des LBGR (Geotop Nr. 106) aufgenommen und in der „Geologie von Brandenburg“ (STACKEBRANDT & FRANKE 2015, S. 433) als besonderes Beispiel einer spätglazial angelegten Düne aufgeführt.

## 2. Der „Hangenberg“ in Hangelsberg (Landkreis Oder-Spree)

### 2.1 Lage und Habitus

Der so genannte „Hangenberg“, namengebend für den Ort Hangelsberg in der Gemeinde Grünheide (Mark), befindet sich zwischen dem Berliner Damm (L38) im Norden und dem Ufer der Müggelspree im Süden. Es handelt sich um eine auf die Talterrasse des Berliner Urstromtals (40 m ü NHN) aufgesetzte, bis zu 9 m hohe Düne. Der stark verebene und im östlichen Teil teilweise bebaute massige Flugsandkörper wird nach NW hin schmaler und grenzt hier schließlich an den Trebuser Graben. Bis zu diesem Abschnitt nimmt der „Hangenberg“ eine Fläche von ca. 1 ha ein. Westlich des Grabeneinschnitts setzt sich der Flugsandkörper jedoch fort und ist, mit einigen Unterbrechungen, noch weitere 1 000 m bis an den Rand der Niederung oberhalb des Ortsteils Spreetal zu verfolgen. Zunächst erreicht er westlich des Trebuser Grabens noch Höhen von über 5 m, wobei er hier auf einer Länge von 150 m von der Straßenführung des Berliner Damms angeschnitten wird. Ab dem Abzweig in den Wulkower Weg zeigen die westöstlich aufgereihten, von 3 m bis auf 1 m Höhe abnehmenden, aber bis zu 40 m breiten Flugsandaufwehungen unregelmäßige Formen. Dennoch lässt das DGM 2 (Abb. 3) hier einen einstmals zusammenhängenden Dünenschweif vermuten. Anthropogene Veränderungen des ursprünglichen Reliefs (u. a. durch Forstwirtschaft, Straßenbau, Bau der kreuzenden Hochspannungsleitung) sind deutlich erkennbar.

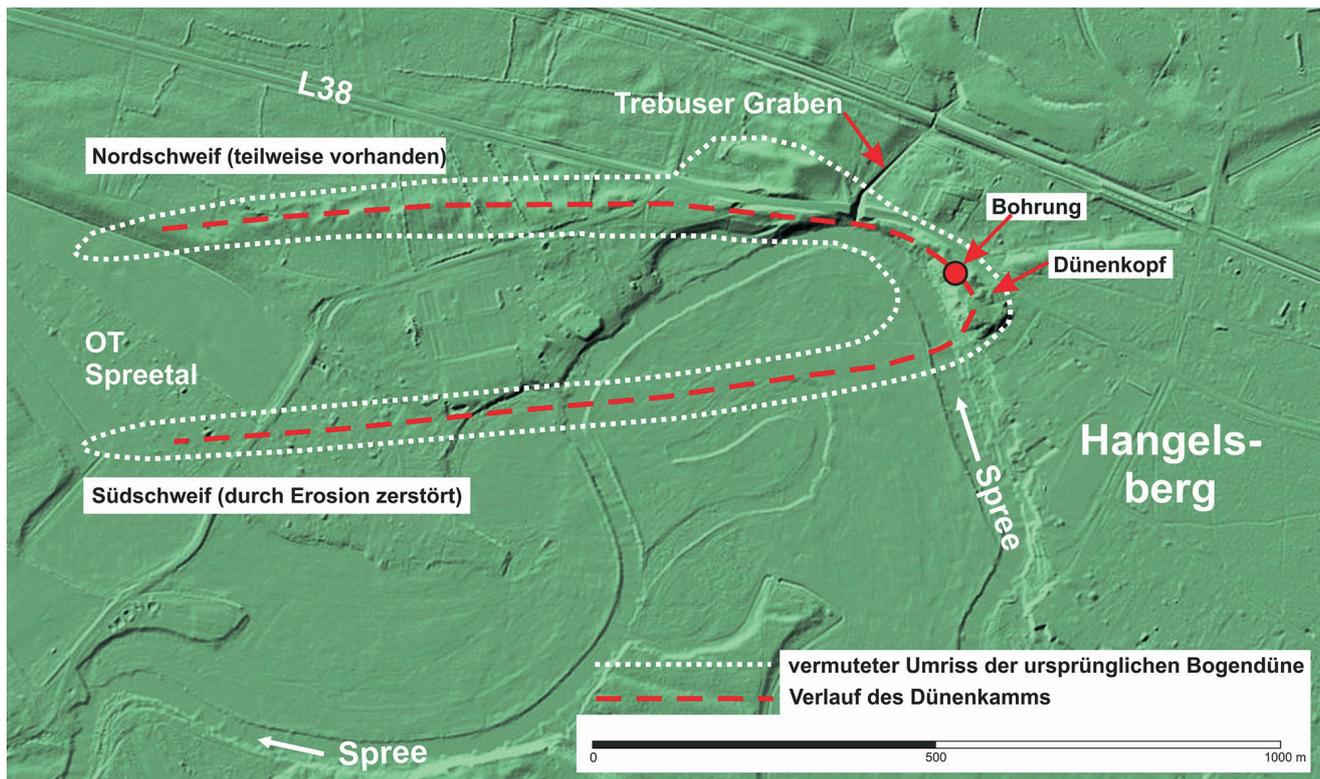


Abb. 3: Rekonstruktion der Bogendüne „Hangelsberg“, Kartengrundlage: DGM 2, Geobasisdaten: © GeoBasis-DE/LGB 2016

Fig. 3: Reconstruction of the parabolic dune named „Hangelsberg“, cartographic basis: Digital terrain model 2, © GeoBasis-DE/LGB 2016

## 2.2 Stratigraphie und absolute Altersstellung

Auf dem teilweise bebauten „Hangelsberg“, am nördlichen Spreeufer in der Ortslage Hangelsberg, wurde durch den Geologischen Dienst des Landes Brandenburg am 16.10.2017 eine 13 m tiefe Rammkernsondierung abgeteuft (Lages des Bohrpunktes: UTM/ETRS 89: 33N 426275/5806017, ca. 49 m ü. NHN, Bohrprofil siehe Tab. 1). Bei der Bohrung wurden zwei begrabene Böden durchteuft. Bei 8,95–9 m unter Flur, was der Höhe des umliegenden Urstromtalniveaus bei 40 m ü. NHN entspricht, wurde der Finowboden angetroffen. Die klassische Ausprägung des feinsandig-schluffigen Paläobodens als fBv, datiert die Aufwehung der Düne in das ausgehende Weichsel-Spätglazial (siehe Kap. 1.2). Der 7,35 m mächtige Sedimentkörper im Hangenden besteht aus geschichteten Feinsanden, die von Mittelsandlagen mit einzelnen Grobsanden und Feinkiesen untersetzt werden. Sie belegen unterschiedliche Windgeschwindigkeiten während der Aufwehung des Dünenkörpers. Ein begrabener Eisenpodsol (fAe/fBs), dem ein fAhe-Horizont fehlt, schließt diesen Profilabschnitt bei 1,6 m u. Fl. ab. Im fAe-Horizont und an der Grenzfläche zu der im Hangenden folgenden, 1,5 m mächtigen Überwehung mit abschließendem Regosol wurden Holzkohlefitter gefunden, an denen eine  $^{14}\text{C}$ -Altersmessung (Labor-Nr. MAMS 34476) durchgeführt wurde. Sie ergab ein Alter von  $301 \pm 23$  a BP, cal AD 1496–1650.

## 2.3 Rekonstruktion des Dünenkörpers/ Besonderheiten im Gebiet

Die Befunde aus der Bohrung und die Bewertung der morphologischen Situation im weiteren Umfeld der Erhebung lassen abschließend folgende Schlüsse zur Genese des „Hangelsbergs“ zu: Der „Hangelsberg“ ist nach seinem geologischen Bau der Rest bzw. nur ein Teil einer durch westliche Winde auf die sandige Ebene des Berliner Urstromtals aufgesetzte Bogen- bzw. Parabeldüne, wie sie im gleichen Zeitraum vielerorts in den Gebieten der großen Urstromtäler Brandenburgs entstanden sind. Auch im regionalen Umfeld befinden sich kleinere Dünen dieses Typs, so z. B. unmittelbar nordwestlich von Hangelsberg bei Klein Wall oder ca. 4 km südlich von Hangelsberg („Rehberge“). Der Zeitraum der Dünenbildung ist, nach zahlreichen Befunden aus ganz Brandenburg, am Ende des Weichsel-Spätglazials (Jüngere Dryas), vor ca. 12 000 Jahren, einzuordnen (SCHLAAK in STACKEBRANDT & FRANKE 2015b). Hierzu gibt es regional ein aktuelles Ergebnis aus einer  $^{14}\text{C}$ -Altersmessung: Der beim Ausbau der BAB 12 erfolgte Anschnitt einer Düne, ca. 3 km südlich von Spreenhagen (UTM/ETRS89: 33N 423072/5796475), legte die Basis einer auf den Talboden des Berliner Urstromtals bei ca. 40 m ü. NHN aufgesetzten Düne frei. Aus dem an der Grenzfläche entwickelten Finowboden (fBv) wurden Millimeter große Holzkohlereste entnommen. Das  $^{14}\text{C}$ -Alter (Labor Nr. MAMS 32016) be-

Teufe in m u. GOK	Petrographie	Genese/Stratigraphie
0–0,1	Feinsand, humos, kalkfrei	Regosol, Holozän
0,1–0,5	Mittelsand, grobsandig, durchwurzelt, humos durchsetzt, kalkfrei	äolisch abgelagerter Sand/ Aufschüttung?, Holozän
0,5–1,6	Feinsand, kalkfrei	äolisch abgelagerter Sand, Holozän
1,6–1,8	Feinsand, Holzkohlepartikel, kalkfrei	begrabener Bodenhorizont (Eisenpodsol)
1,8–8,95	Feinsand, Mittelsandlagen mit vereinzelt Grobsand und Feinkies, kalkfrei	äolisch abgelagerter Sand, Weichsel-Spätglazial
8,95–9	Feinsand, schluffig, kalkfrei	begrabener Bodenhorizont (Braunerde, Finowboden), Weichsel-Spätglazial
9–13	Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig, vereinzelt Feinkiese, kalkhaltig	glazifluviatiler Sand (Urstromtalsand), Hochglazial

Tab. 1: Schichtenfolge Profil „Hangelsberg“ (UTM/ETRS 89: 33N 426275/5806017)

Tab. 1: Stratigraphic sequence for profile „Hangelsberg“ (UTM/ETRS 89: 33N 426275/5806017)

trägt  $10\,737 \pm 35$  a BP, cal AD 10 784–10 686 und belegt, dass der Finowboden zu Beginn der Jüngeren Dryas vor ca. 12 700 Jahren noch nicht überweht war.

Aus dem Habitus der verbliebenen Düne mit einem gut ausgebildeten Dünenkopf ist zu schließen, dass es sich ursprünglich um eine vollständig entwickelte Bogendüne gehandelt haben muss. Es wird angenommen, dass die gesamte Bogendüne in Hangelsberg ursprünglich eine W–E-Ausdehnung von ca. 1,2 km und eine N–S-Ausdehnung von ca. 300 m hatte und damit eine Fläche von etwa 30 ha einrahmte (Abb. 3). Der größte Teil des Dünenkörpers fiel jedoch der Erosion durch die Spree zum Opfer.

Die landschaftsverändernde Wirkung der Spree wird im Raum bei Hangelsberg besonders deutlich. Mehrere Flussbett-niveaus zwischen 38 und 36 m ü. NHN belegen, mit Mäandern verschiedener Größe, ein schrittweises Einschneiden in das Berliner Urstromtal, das sich in diesem Bereich etwa bei 39–40 m ü. NHN befindet. Ob dieser Prozess die genannte Bogendüne bereits im ausgehenden Weichsel-Spätglazial tangierte, kann nur vermutet werden. Die holozäne Flussgeschichte hinterließ in jedem Fall, in Abhängigkeit von der Wasserführung, eine „einschneidende“ Wirkung. Zahlreiche alte Mäander zeigen die wiederholte Verlagerung des Fließgewässers an. Die markante Richtungsänderung der Spree bei Hangelsberg von NNW nach SW hinterließ hier einen außergewöhnlich ausgeprägten Prallhang, der ihre erosive Wirkung besonders deutlich macht. So wird vorstellbar, wie die mäandrierende Spree den ehemaligen Südschweif der Düne vollständig zerstören konnte. Der feine Sand der Düne sowie die unterlagernden Sande des Urstromtals (siehe Bohrprofil Tab. 1) boten der Strömung des Wassers kaum Widerstand. Auf diese Weise wurde die Düne sukzessive unterspült, die ständig nachbrechenden Sande wurden schließlich stromabwärts verfrachtet. Ein sehr großer Teil des hohen Nordschweifs fiel ebenfalls der Erosion zum Opfer. An der Stelle, wo der künstlich

angelegte und heute trocken gefallene Trebuser Graben in die Spree führt, wurde der Nordschweif durch die Spree bereits durchtrennt. Wann die Erosion den Nordschweif der Bogendüne erfasste ist ungewiss. Sie „nagt“ aber sicher schon geraume Zeit am massigen östlichen Abschnitt des Nordschweifs und am Dünenkopf, dem heute so bezeichneten „Hangelsberg“. Infolge des schrittweisen Einschneidens der Spree in den Urstromtalboden bis auf ca. 36 m ü. NHN liegt die Basis der Düne mit dem Finowboden heute schon ca. 4 m über dem Spree-Niveau, wodurch der angeschnittene Hang eine Gesamthöhe von 13 m hat. Dadurch erscheint der „Hangelsberg“ aus Blickrichtung der Spree noch höher. Dass die „Hangelsberg“ als Vorläufer des Trebuser Grabens heute immer noch als Namensgeber für Hangelsberg angesehen wird ist erstaunlich, zumal die folgende Ableitung deutlich logischer scheint.

Da in der Ortschronik von Hangelsberg bereits 1217 der Begriff der „hangendenberge“ auftaucht (frdl. mdl. Mitt. Herr Storm, Ortschronist von Hangelsberg vom 30.10.2017) liegt es nahe, dass offenbar schon die Siedler jener Zeit den Umstand der „Landnahme“ durch die Spree hier besonders aufmerksam, möglicherweise sogar mit Sorge beobachtet haben, denn der Fluss verschlang schrittweise ihre einzige, am Fluss liegende Anhöhe. Für den Zeitraum des Hochmittelalters existieren für alle Gebiete Deutschlands Überlieferungen zu zahlreichen, also wiederholten extremen Hochwasserereignissen (u. a. „Magdalenenhochwasser“ im Jahr 1342). So könnten wiederholt erhöhte Wasserführungen der Spree gerade in diesem Zeitraum auch für hohe Abtragungsbeträge am „Hangelsberg“ gesorgt haben, was den Bewohnern nicht entgangen sein dürfte. Eine Ableitung des heutigen Ortsnamens von diesem „über dem Ufer der Spree hängenden Berg“ drängt sich somit beinahe auf. In jedem Fall existiert aber mit der Jahresangabe 1217 ein zeitlicher Hinweis, dass die Zerstörung des Dünenkörpers während des Hochmittelalters bereits vorangeschritten war.

Die Weichsel-spätglazial angelegte Düne trägt eine Überwehung, die am o. g. Bohrpunkt zu einer Aufhöhung um ca. 1,5 m führte. Das bereits unter Kapitel 2.2 genannte <sup>14</sup>C-Alter von 301 ± 23 a BP, cal AD 1496–1650 gibt möglicherweise einen Hinweis auf das örtliche Siedlungsgeschehen im 17. Jh. So verzeichnet z. B. das Markgrafpiesker Kirchenbuch 1644 zwei Teerbrenner „auf dem Hangelsberg“ ([www.gruenheide-mark.de](http://www.gruenheide-mark.de)). Auch die Schmettausche Karte (1767–1787) (<https://bb-viewer.geobasis-bb.de/>) markiert auf der Düne noch einen Teerofen. Die Oberfläche des heute noch vorhandenen Dünenrestes ist durch anthropogene Eingriffe stark verändert. Durch Verebnungen und Terrassierungen, vor allem im Bereich des Dünenkopfes (heutige Bebauung), können ursprüngliche Form und Maximalhöhe nur vermutet werden.

### Zusammenfassung

Zwei isoliert liegende Bogendünen in den Landkreisen Potsdam Mittelmark und Oder-Spree sind Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen. Beide Dünen entstanden während der Hauptphase der Dünenbildung in Brandenburg, die während der Jüngerer Dryas vor ca. 12 000 Jahren einsetzte. In beiden Fällen konnte der Finowboden, eine Weichsel-spätglaziale Braunerde, an der Dünenbasis nachgewiesen werden. Dieser wird als stratigraphischer Marker im nördlichen Zentraleuropa gesehen. Begrabene Bodenhorizonte belegen eine bzw. zwei Überwehungen der Dünen im Holozän.

### Summary

Subjects of the present investigations are two isolated parabolic dunes in the districts of Potsdam Mittelmark and Oder-Spree. Both dunes were formed during the main phase of dune formation in Brandenburg, which started in the Younger Dryas period about 12 000 years ago. In both cases, the Finow-soil, a lateglacial brownish horizon, could be detected at the base of the dunes. The Finow-soil is considered as a pedostratigraphical marker horizon in northern central Europe. Buried soil horizons at the top of the dunes prove the aeolian activity in the Holocene.

### Literatur:

- BÖSE, M., MÜLLER, M., BRANDE, A. & M. FACKLAM (2002): Jungdünenentwicklung und Siedlungsgeschichte auf der Glindower Platte. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **9**, 1/2, S. 45–57
- BUSSEMER, S., SCHLAAK, N. & P. GÄRTNER (2009): Neue paläopedologische Befunde zu Habitus und Verbreitung des Finowbodens. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **16**, 1/2, S. 79–86

SCHLAAK, N. (1993): Studie zur Landschaftsgenese im Raum Nordbarnim und Eberswalder Urstromtal. – Berliner Geographische Arbeiten **76**, 145 S.

SCHLAAK, N. (1997): Äolische Dynamik im brandenburgischen Tiefland seit dem Weichsel-Spätglazial. – Arbeitsberichte Geographisches Institut der Humboldt-Universität Berlin **24**, 58 S.

SCHLAAK, N. (2015a): Ein Paläoboden als Leithorizont – In: STACKEBRANDT, W. & D. FRANKE (Hrsg.): Geologie von Brandenburg. – S. 676–679, Schweizerbart (Stuttgart)

SCHLAAK, N. (2015b): Äolische Bildungen – In: STACKEBRANDT, W. & D. FRANKE (Hrsg.): Geologie von Brandenburg. – S. 429–438, Schweizerbart (Stuttgart)

STACKEBRANDT, W. & D. FRANKE (Hrsg.) (2015): Geologie von Brandenburg. – 805 S., Schweizerbart (Stuttgart)

### Internet:

<https://www.gruenheide-mark.de/verzeichnis/objekt.php?mandat=15220>, letzter Zugriff am 15.08.2018

DGM 2/Schmettausche Karte: <https://bb-viewer.geobasis-bb.de/>, letzter Zugriff am 15.08.2018

### Anschrift des Autors:

Dr. Norbert Schlaak  
Landesamt für Bergbau, Geologie  
und Rohstoffe Brandenburg  
Inselstr. 26  
03046 Cottbus  
[norbert.schlaak@lbgr.brandenburg.de](mailto:norbert.schlaak@lbgr.brandenburg.de)

# Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge

## Autorenhinweise

Die Zeitschrift „Brandenburgische Geowissenschaftliche Beiträge“ widmet sich geologischen, lagerstättenkundlichen und bergbaulichen Themen von Brandenburg und Berlin sowie dem neuesten Forschungsstand in den geowissenschaftlichen Disziplinen. Die eingereichten Beiträge sollen diesem Profil entsprechen. Es werden Originalarbeiten und wissenschaftliche Informationen veröffentlicht, die noch nicht andernorts publiziert wurden. Die Redaktion behält sich das Recht vor, Manuskripte zur Überarbeitung an die Autoren zurückzusenden.

Ihre Manuskripte senden Sie bitte in digitaler Form (e-mail, CD) an das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Redaktion z. Hd. Frau Dr. Jaqueline Strahl (Tel.: 0355-48640-156), PSF 10 09 93, 03009 Cottbus oder per e-mail an: [jaqueline.strahl@lbgr.brandenburg.de](mailto:jaqueline.strahl@lbgr.brandenburg.de). Weitere Anfragen richten Sie bitte ebenfalls an die obige Adresse.

## Manuskript

- Der **Umfang** des Manuskripts sollte **zehn Seiten (A4, 1,5 zeilig)** nicht überschreiten. Wissenschaftliche **Kurzinformationen** sind einschließlich der Abbildungen auf maximal **fünf Seiten** zu bemessen.
- Jedem Beitrag ist eine kurze **deutsche und englische Zusammenfassung** beizufügen.
- Bitte **übersetzen** Sie den **Titel** des Beitrags, die **Unterschriften der Abbildungen, Tafeln und Tabellen** ebenfalls **ins Englische**.
- Die Textdateien sollten unformatiert sein und in Word abgefasst werden (Schrift: Times New Roman 10 pt).
- Absätze bitte mit einer Leerzeile trennen.
- **Word-Dokumente** bitte **nicht mit integrierten Abbildungen** liefern, d. h. Text und Abbildungen immer in separaten Dateien einschicken!

## Abbildungen

- Wir empfehlen, die Anzahl von bis zu 7 Abbildungen je Beitrag nicht zu überschreiten.
- Zur Beschriftung in den Abbildungen verwenden Sie bitte den Schriftsatz „Arial“.
- Jede Abbildung ist separat mit Nummer und Autorennamen zu kennzeichnen und als einzelne Datei zu liefern.
- Die Abbildungsunterschriften sind in einer gesonderten Datei beizugeben.
- Digital hergestellte **Zeichnungen und Abbildungen** sollten die **Formate Adobe Illustrator (.ai), Corel-Draw (.cdr) oder .pdf und .eps aus vorgenannten Programmen** haben, **Fotos** hochauflösendes (**mindestens 300 dpi!**) **TIFF (.tif)- bzw. JPG (.jpg)-Format**, andere nach Absprache. Das Originalformat bitte immer mitschicken!

## Tabellen

- Tabellen bitte mit einem Tabellenprogramm schreiben (Word, Excel).

## Zitierweise

Im Text:

- WUNDERLICH (1974) bzw. (WUNDERLICH 1974) oder
- PILGER & STADLER (1971) sowie NÖLDEKE et al. (1977) bei mehr als zwei Autoren

Im Literaturverzeichnis:

- BUBNOFF, S. v. (1953): Über die Smäländer „Erdnaht“. – Geol. Rdsch. **41**, S. 78–90
- NIESCHE, H. & F. KRÜGER (1998): Das Oder-Hochwasser 1997 - Verlauf, Deichschäden und Deichverteidigung. – Brandenburg. geowiss. Beitr. **5**, 1, S. 15–22
- FAUTH, H., HINDEL, R., SIEWERS, U. & J. ZINNER (1985): Geochemischer Atlas Bundesrepublik Deutschland 1 : 200 000. – 79 S., Hannover (Schweizerbart)
- KRONBERG, P. (1976): Photogeologie, eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der geologischen Auswertung von Luftbildern. – 268 S., Stuttgart (Enke)

Autorennamen bitte in **Kapitälchen** schreiben, **nicht in Großbuchstaben**.

**Autorenname(n)**: Akademischer Titel, Vorname, Name, und Anschrift der Institution oder gegebenenfalls die Privatanschrift, wenn gewünscht, auch e-mail-Adresse

## Grundsätze zu Rechtschreibung und Zeichensetzung

**Datum**: Entweder 1. März 2011 oder 01.03.2011; **Einheiten**: 2 km, 50 % – Einheitszeichen mit Zwischenraum zwischen Zahl und Zeichen verwenden; **Euro**: ausschreiben; **Rechenzeichen**: 6 + 2 = 8 – mit Zwischenraum zwischen Zahl und Rechenzeichen, ebenso </> mit festem Leerzeichen vor der Zahl **ABER** -2 – Vorzeichen vor der Zahl ohne Zwischenraum; **mehrstellige Zahlen**: 5 350 Gliederung von der Endziffer aus durch Zwischenraum in dreistellige Gruppen; **Schrägstrich**: 2010/11 – ohne Zwischenraum; **Gedankenstrich**: 1999–2011 Gedankenstrich für „gegen“ und „bis“; **Festabstände**: z. B., u. a. – Abkürzungen mit Zwischenraum; **Telefonnummern**: (03 31) 12 34 56 78 – Gliederung der Zahlen von rechts beginnend in zweistellige Gruppen

