

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-

reflexions-seismischer Horizont	stratigraphische Interpretation
T1	Transgressionsfläche Känozoikum
B2–T2	Transgressionsfläche Mittelalb bis Cenoman
T3–T4	Transgressionsfläche Unteralf 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)

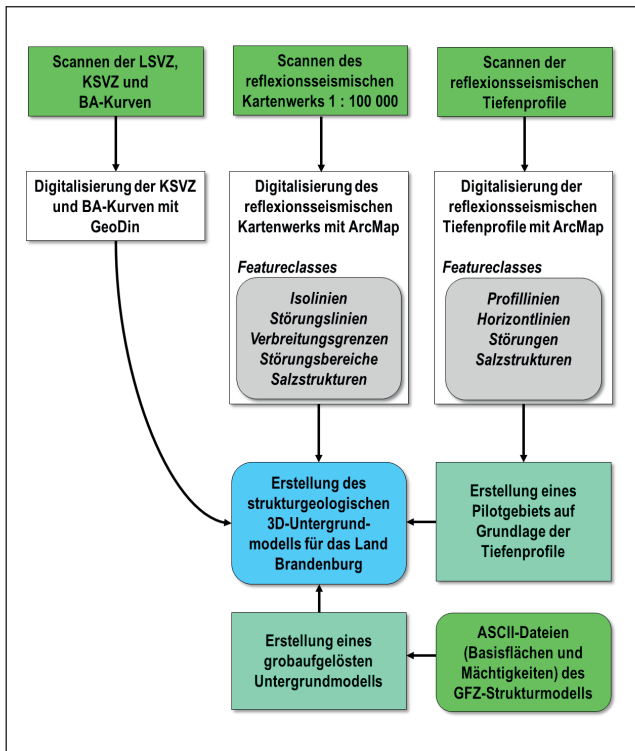


Abb. 1: Arbeitsablauf zur Entwicklung des 3D-Untergrundmodells, LSVZ = Langschichtenverzeichnis, KSVZ = Kurzsichtenverzeichnis, BA-Kurven = Bohrlochabweichung

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

er Übersichtsmodelle des GFZ Potsdam (SCHECK-WENDE-ROTH & LAMARCHE 2005, SIPPEL, 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 dienten 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)

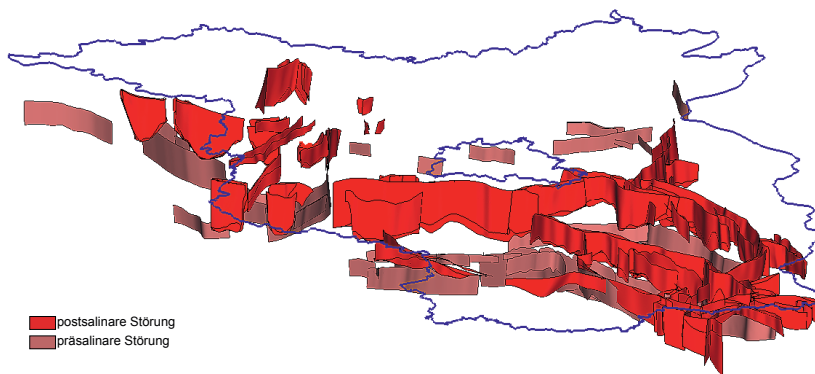
Um den Zugriff auf die neu digitalisierten Geo-Daten zu ermöglichen, wurde am LBGR ein Fachinformationssystem 3D aufgebaut. Dieses gliedert sich in drei Teile:

- 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.

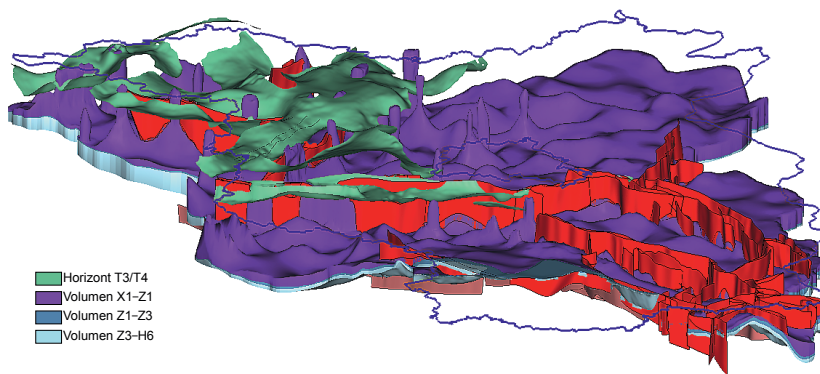
Das Geologie-Informationssystem dient zur Verwaltung der Primärdaten (Schichtenverzeichnisse und seismische Untergrundinformationen) und der aus diesen Daten abgeleiteten 3D-Modelle. Dieses System umfasst die B3D-Datenbank-„Work“ als zentralen Datenspeicher und die Werkzeuge zur Erfassung, Bearbeitung 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

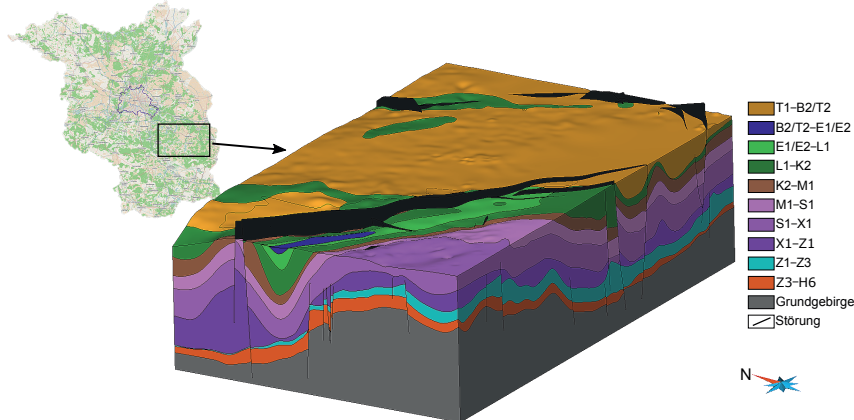
1. Modellierung des post- und präsalinen Störungssystems



2. Modellierung der Horizonte und Volumen unter Berücksichtigung von 1.



3. Modellierung des Pilotgebiets (Tertiär abgedeckt)



4. Voxelmodell (Ausschnitt) am Beispiel des Pilotgebiets

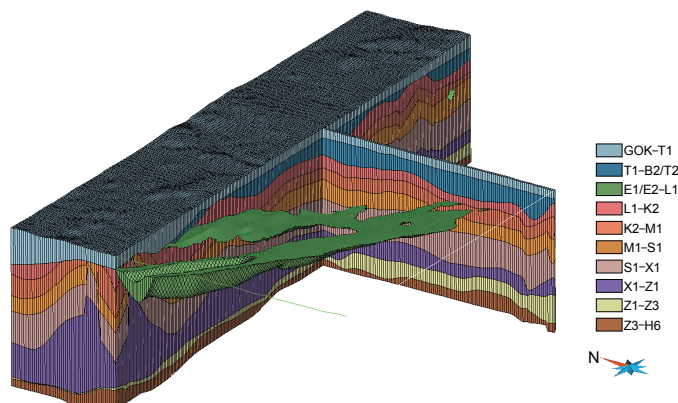


Abb. 2:
Modellierungsablauf und
erarbeitete 3D-Untergrundmodelle

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

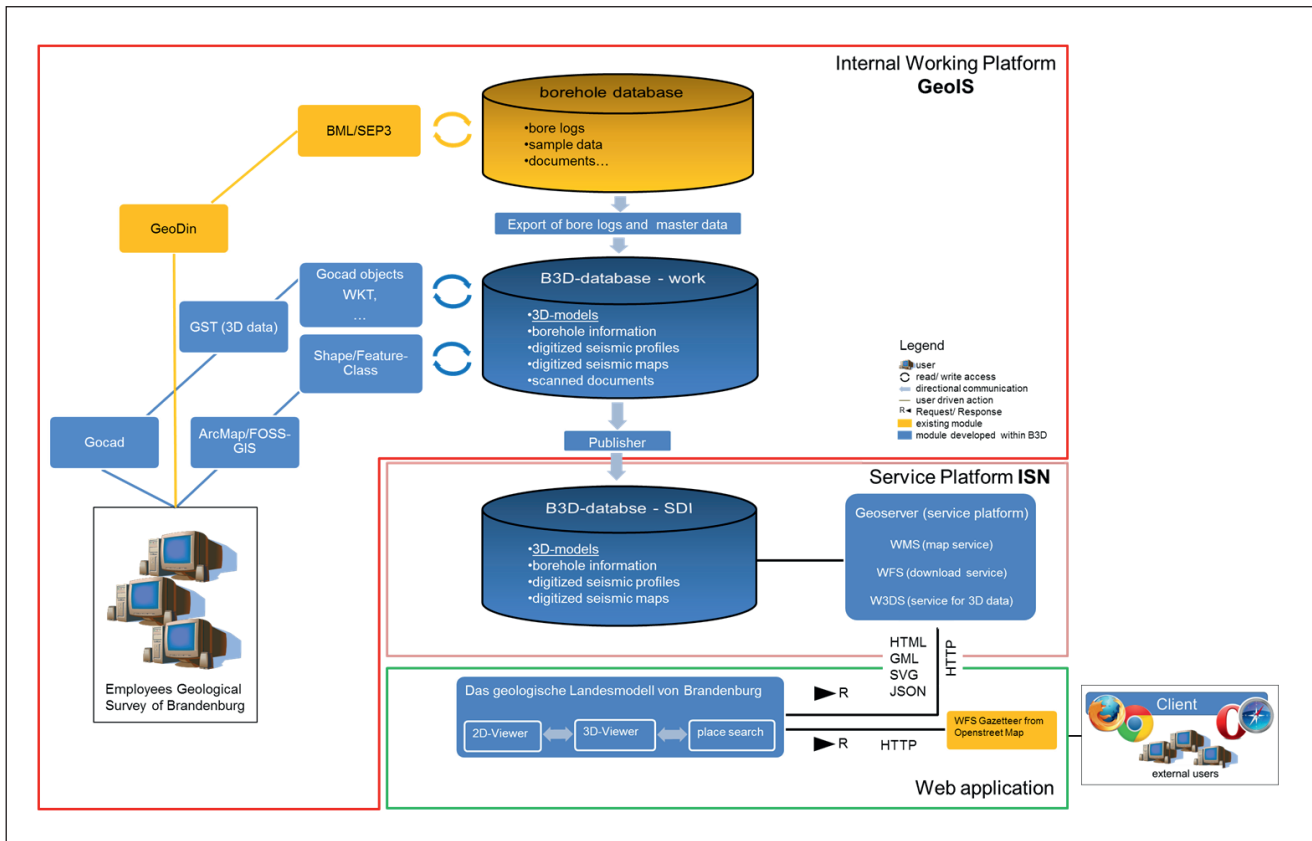


Abb. 3: Logische Architektur des entwickelten Informationssystems

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/ 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 Abhängigkeit von der Endteufe oder dem erreichten Endhorizont. Zusätzlich ist es möglich an jeder Stelle der Karte eine virtuelle Boh-

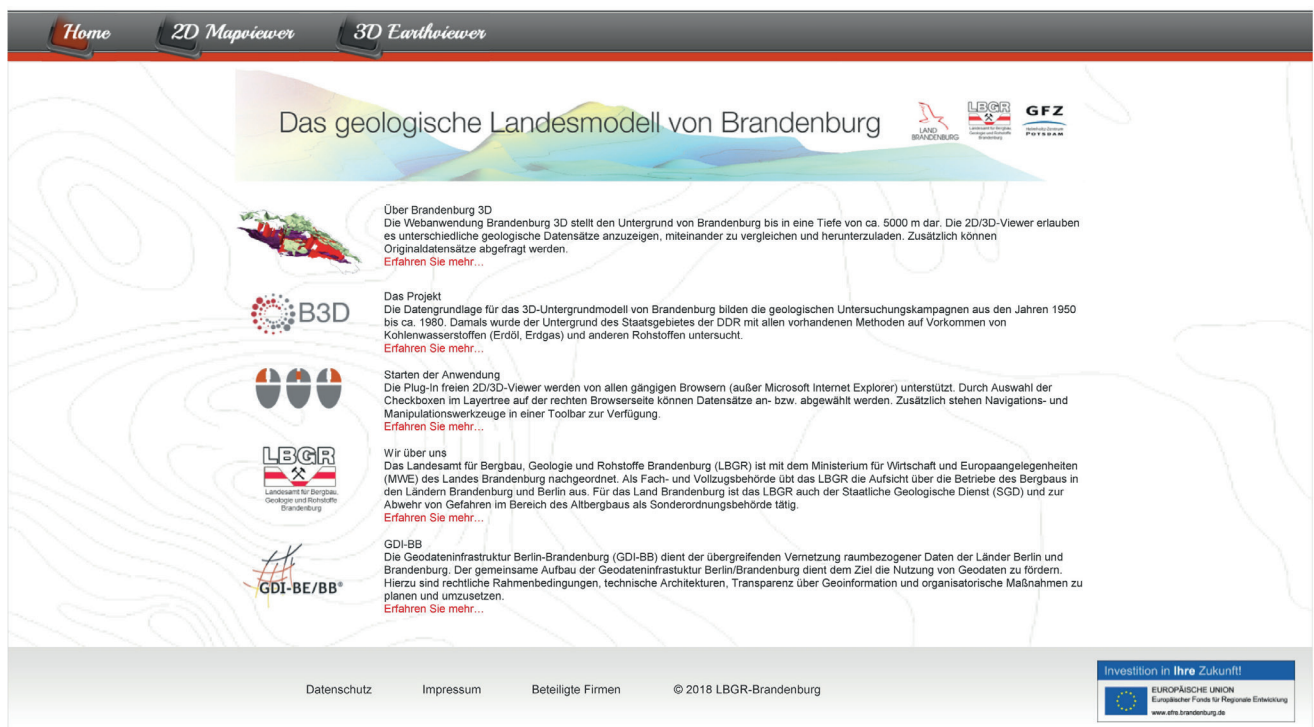


Abb. 4: Aufbau der Startseite

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 Werkzeugleiste 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-

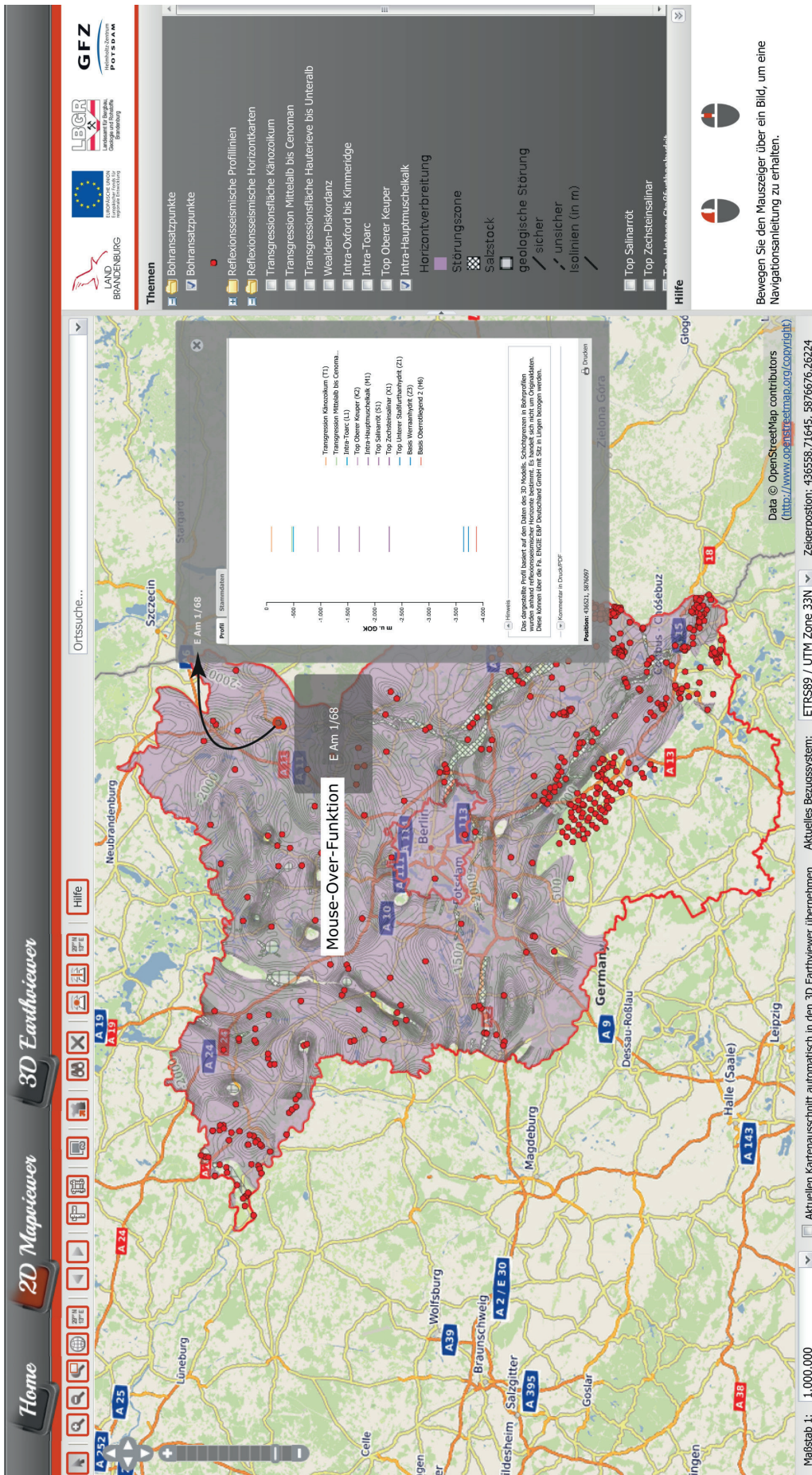


Abb. 5:
Aufbau und
Funktionalitäten des
2D-Mapviewer

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

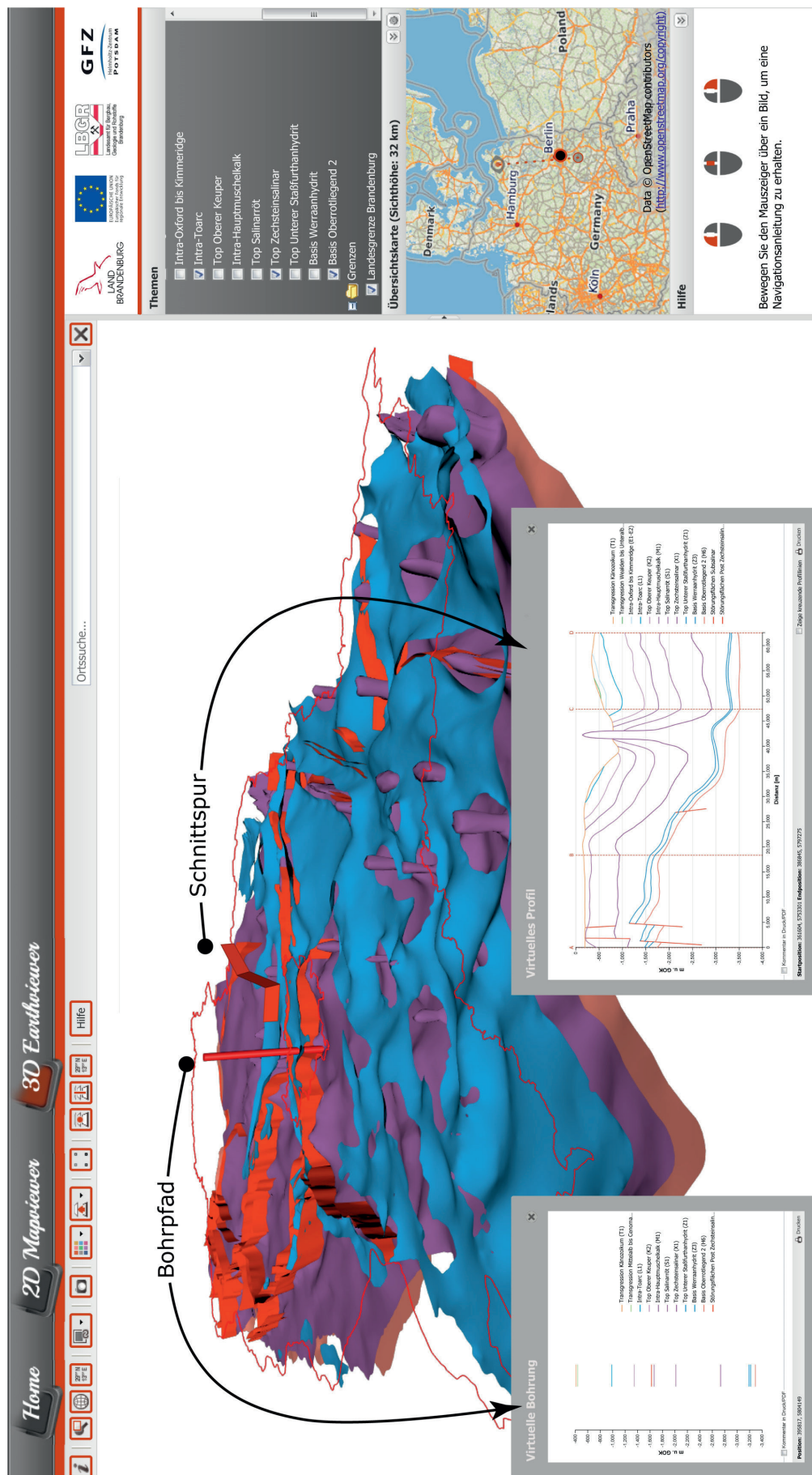


Abb. 6:
Aufbau und
Funktionalitäten des
3D-Earthviewer

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 (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 (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
andreas.simon@lbgr.brandenburg.de
christoph.jahnke@lbgr.brandenburg.de
thomas.hoeding@lbgr.brandenburg.de