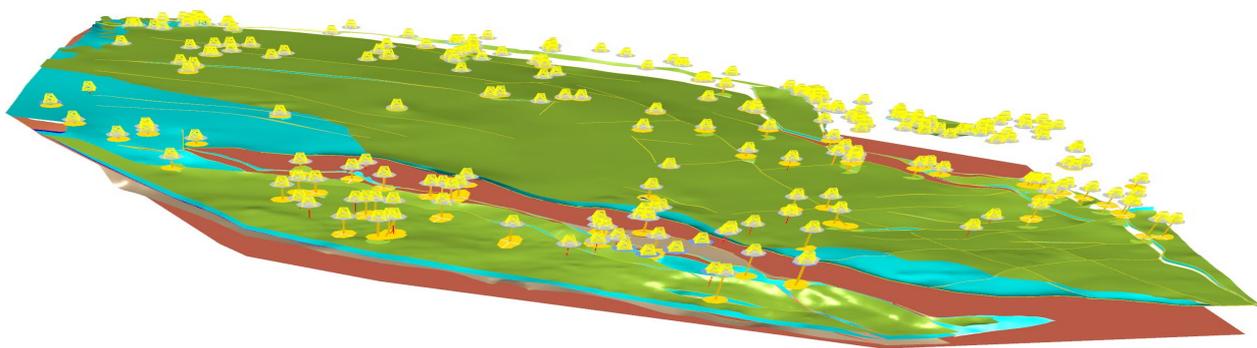




Geologisches 3D-Modell Niederbayern

Status: Schematisches Volumenmodell



geologie



Geologisches 3D-Modell Niederbayern

Status: Schematisches Volumenmodell



Impressum

Geologisches 3D-Modell Niederbayern

Herausgeber:
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de/

Konzept/Text:
LfU, Referat 104: Eric Donner

Bildnachweis:
Bayerisches Landesamt für Umwelt

Stand:
Oktober 2020

Diese Publikation wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Publikation nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die publizistische Verwertung der Veröffentlichung – auch von Teilen – wird jedoch ausdrücklich begrüßt. Bitte nehmen Sie Kontakt mit dem Herausgeber auf, der Sie – wenn möglich – mit digitalen Daten der Inhalte und bei der Beschaffung der Wiedergaberechte unterstützt.

Diese Publikation wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 0 89 12 22 20 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Inhaltsverzeichnis

1	Geographischer und geologischer Überblick	6
1.1	Geographische Lage	6
1.2	Geologische Einheiten und ihre Einstufung im Modell	7
1.2.1	Geologische Entwicklung	7
2	Tektonische Verhältnisse	10
2.1	Der Donaurandbruch	10
2.2	Das Landshut-Neuöttinger Hoch	11
2.3	Der Rieder und Pockinger Abbruch	12
2.4	Der Schwaimer Abbruch	12
2.5	Die Pfarrkirchener Störung	12
2.6	Die Schierlingstörung	12
2.7	Das Ortenburger Senkungsfeld	13
2.8	Weitere Störungen	13
3	Modellerstellung	13
3.1	Modellüberblick	13
3.2	Allgemeine Methodik	13
3.3	Modellspezifische Besonderheiten	14
4	Datengrundlage und Aussageweite des Modells	15
4.1	Bohrungen	16
4.1.1	Kohlenwasserstoff-Explorationsbohrungen und Geothermiebohrungen	16
4.1.2	Bodeninformationssystem Bayern (BIS)	18
4.2	Geologische Ausbisse	19
4.2.1	Strukturlinien	19
4.3	Geländemodell	19
4.4	Streichlinienpläne	19
4.5	GeoMol-Schichtdaten	19
4.6	Seismik	19
4.6.1	Reflexionsseismik	19
5	Modellergebnisse	21

5.1	Quartär	21
5.2	Tertiär	21
5.3	Kreide	22
5.4	Oberer Jura	22
5.5	Mittlerer Jura	22
5.6	Unterer Jura	22
5.7	Keuper	22
5.8	Permokarbon	23
5.9	Grundgebirge	23
6	Fazit	23
7	Literatur	23
8	Datenbezug	24
9	Anhang	26

Kurzfassung

Das Modell Niederbayern wurde als Grundlage für ein 3D-Thermalwasserströmungsmodell der niederbayerisch-oberösterreichischen Bäderregion erstellt und beinhaltet neben den Planungsregionen 12 und 13 auch einen Teil von Oberösterreich. Die modellierten Einheiten umfassen das Quartär, das Tertiär (ungegliedert), die Kreide (ungegliedert), den Oberen, Mittleren und Unteren Jura, den Keuper (ungegliedert), das Permokarbon und das Grundgebirge. Der Detaillierungsgrad entspricht dem eines Regionsmodells zwischen den Maßstabsstufen LOD 1 und LOD 2.

Neben insgesamt 251 Bohrungen aus dem Bayerischen Bodeninformationssystem und der Kohlenwasserstoff-Bohrungsdatenbank des Niedersächsischen Landesamts für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG-KW-DB) basiert die Erstellung des Modells auch auf der Nutzung der Geologischen Übersichtskarte 1 : 500 000. Als wichtiger Referenzhorizont wurde außerdem der Tiefenplan der Malmoberfläche aus dem Bayerischen Geothermieatlas verwendet. Die Tektonik des Modellgebietes wurde auf Grundlage des Störungsnetzwerkes des Geothermieatlases erstellt und zusätzlich durch Interpretation von gravimetrischen Karten und von seismischen Profilen im Bereich zwischen Bad Füssing und Osterhofen präzisiert. Auf österreichischer Seite wurden Schichtdaten und Störungsverläufe aus dem GeoMol-Projekt verwendet.

Die im Workflow verwendete horizontale Auflösung beträgt 400 m, die vertikale Auflösung liegt ebenfalls bei 400 m. Die Modellerstellung erfolgte mit der kommerziellen Software SKUA Version 2017 p1 der Firma Paradigm.

Auf der Grundlage des Strukturmodells wurde anschließend ein Volumenmodell erstellt.

1 Geografischer und geologischer Überblick

1.1 Geografische Lage

Das Modellgebiet umfasst randlich einen Teil des Bayerischen Waldes, den Gäuboden sowie einen großen Teil des Niederbayerischen Hügellands und des Innviertels (Abb. 1). Im Norden verläuft die Gebietsgrenze etwa von Regensburg über Straubing, Plattling, Osterhofen und Vilshofen nach Passau. In Österreich wird das Gebiet durch eine Linie entlang der Orte Schärding, St. Martin, Mehrnbach und Vöcklamarkt im Osten und von Vöcklamarkt nach Lamprechtshausen im Süden begrenzt. Im Südwesten endet das Modell an der Linie Lamprechtshausen über Waldkraiburg, Heldenstein, Bruckberg, Saal an der Donau und Bad Abbach zurück nach Regensburg. Die Form des Modellgebietes wurde im Wesentlichen durch den Umriss des vorliegenden 2D-Thermalwasserströmungsmodells vorgegeben, welches durch das neue 3D-Modell ersetzt werden sollte.

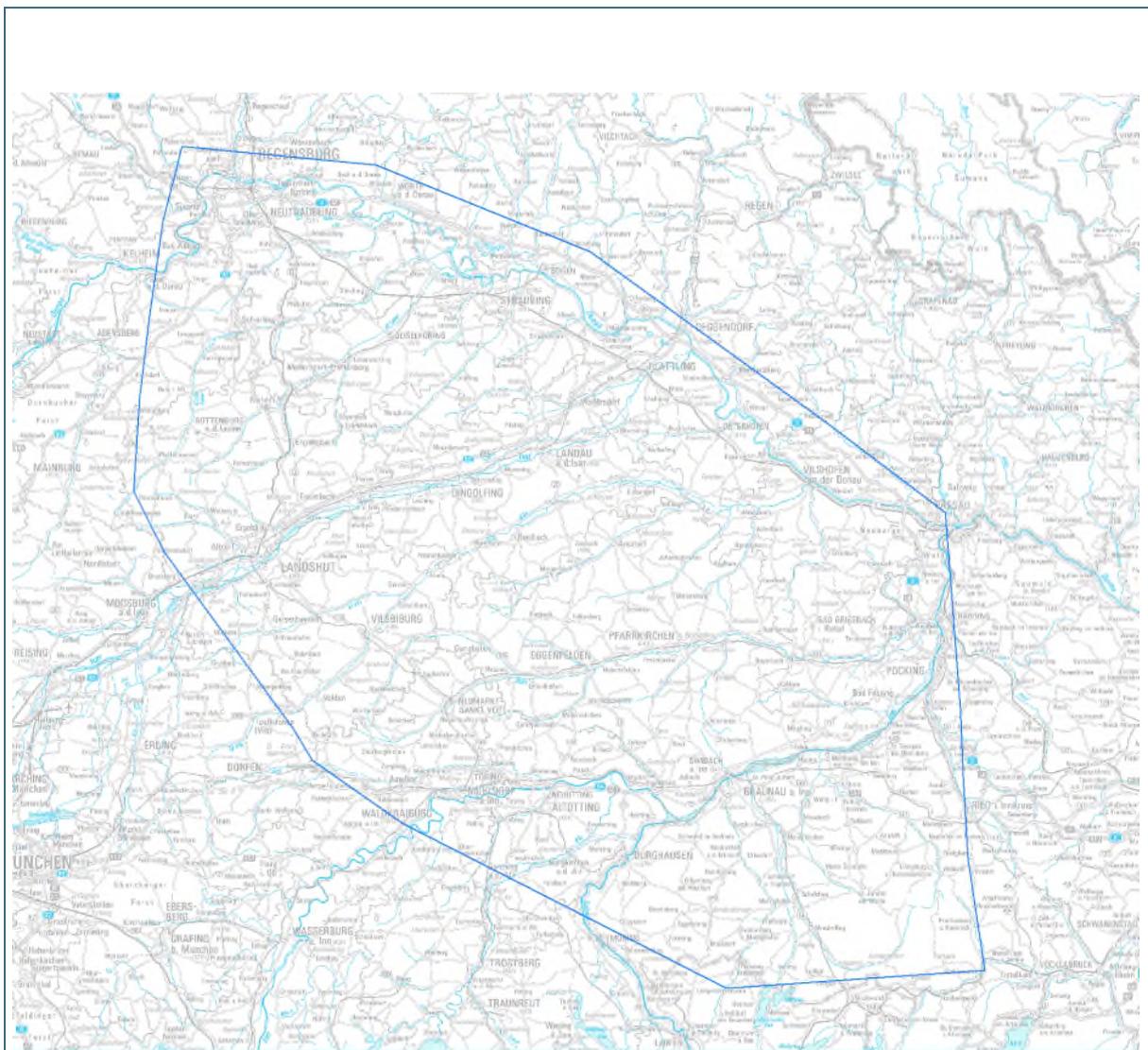


Abb. 1: Topographische Karte des Arbeitsgebietes, blaues Polygon: Modellgebiet. (© Bayerische Vermessungsverwaltung, 2018).

1.2 Geologische Einheiten und ihre Einstufung im Modell

Im Folgenden werden die modellierten geologischen Schichten in ihrer Ausprägung und Mächtigkeit beschrieben (Tab. 1). Diese beinhalten häufig lokale oder geringmächtige Abschnitte, welche im 3D-Modell räumlich nicht sinnvoll auszuhalten sind, daher wurden in der Regel mehrere Schichtglieder zusammengefasst. Analog der zeitlichen Bildung und der Ablagerungsgeschichte erfolgt die Schichtbeschreibung nachfolgend vom Älteren zum Jüngeren.

1.2.1 Geologische Entwicklung

Der geologische Werdegang des Modellgebietes umfasst einen langen Zeitraum und ist bis heute nicht abschließend geklärt. Die ältesten Gesteine sind die metamorphen Einheiten des Grundgebirges, welche teilweise im Bayerischen Wald anstehen und in einigen Tiefbohrungen als Basis des Braunauer Trogs und der Regensburg-Straubinger Senke angetroffen worden sind. Diese Gesteine sind während der cadomischen Gebirgsbildung in großer Tiefe durch Metamorphose aus proterozoischen Grauwacken und Intrusivgesteinen gebildet worden. Im Karbon kam es gegen Ende der variszischen Gebirgsbildung zur Entstehung von NW–SO streichenden Störungszonen, die während der Kollision des Armorica-Kontinents mit Laurentia angelegt wurden (Linnemann 2004). Entlang dieser Störungen bildeten sich im Oberkarbon und Rotliegend intramontane Senken. Diese Becken oder Halbgräben füllten sich mit mehreren 100 m bis km mächtigen Arkosen und Tonsteinen, in denen z. B. in der Bohrung Kastl 1 Pflanzenreste gefunden worden sind, die eine stratigraphische Einordnung ermöglichen haben (Berger 1959). Es ist unklar, ob außerhalb der Becken ebenfalls Sedimente abgelagert und wieder abgetragen wurden.

Der Übergang zum Rotliegenden scheint ohne größere Umbrüche erfolgt zu sein. Innerhalb der intramontanen Becken wurden mehrere 100 m terrestrische Sedimente geschüttet (nachgewiesen in den Bohrungen Gifftal 1 und Münchsdorf 1 (Vollmayr 1968)). Außerhalb dieser Becken war das Gebiet als Teil des „Vindelizischen Landrückens“ Abtragungsraum und wurde bis auf eine Rumpffläche eingeebnet, die das spätere Basement des südlichen Germanischen Beckens bildete. Die Trias setzt im Betrachtungsraum von Westen her mit Sedimenten des Keupers in Randfazies ein, die zunächst ebenfalls im Bereich der Rotliegendbecken abgelagert wurden. Stellenweise ist es nicht möglich, diese Ablagerungen eindeutig vom Rotliegend zu trennen. Auf den Keuper folgte der Untere Jura, der in zwei kleinen Buchten von Nordwesten her in das Modellgebiet transgredierte. Dieser wird vom Mittleren Jura überlagert, welcher einerseits in einer terrestrischen Fazies im Norden des Gebiets abgelagert wurde (Bohrung Osterhofen), andererseits weiter im Süden aus marinen Sedimenten besteht. Im Oberen Jura lagerte schließlich ein flaches, tropisches Meer mächtige Kalksteinsfolgen ab. Auffällig ist, dass die Mächtigkeit des Oberen Jura von über 550 m in der Wasserburger Senke auf etwa 100 m im Norden am Donaurandbruch abnimmt. Allerdings ist die ursprüngliche Mächtigkeit des Oberen Jura im Norden und im Osten des Modellgebietes nicht bekannt. Untersuchungen der übertägigen Reliktvorkommen ergeben ebenfalls Mächtigkeiten von etwa 100 m (Niebuhr 2014). Gegen Ende des Jura wurde das Meer abgeschnürt und am Übergang zur Kreide wurden Sedimente des Purbeck abgelagert, deren Erstreckung ungefähr die Hälfte des Modellgebietes umfasst, die aber im Modell nicht einzeln ausgehalten wurden.

Zu Beginn der Kreide war das Gebiet Festland und Abtragungsgebiet. Die Kalke des Oberen Jura wurden in einem heißen, tropischen Klima erodiert und es kam zu Karstbildung. Sedimente der Unteren Kreide sind eventuell in kleinräumigen Kluft- und Schlottenfüllungen erhalten geblieben, spielen aber beim Betrachtungsmaßstab des Modells keine Rolle. In der Oberkreide kam es zur Absenkung des Braunauer Trogs und der Straubinger Senke entlang des Rieder und Pockinger Abbruchs sowie des Donaurandbruchs. Entlang der sich öffnenden Regensburger Straße transgredierte das Kreidemeer über die Oberfläche des Jura. Die Mächtigkeit der Kreide ist in der Nähe zu den großen Stö-

rungszonen am höchsten, was auf eine synsedimentäre Tektonik schließen lässt. Spätestens zu Beginn der Kreide wurden die alten Lineamente im Süden reaktiviert, diesmal in einem kompressiven Spannungsregime, und das Landshut-Neuöttinger Hoch bzw. die Zentrale Schwellenzone wurden emporgepresst. Die zuvor in diesem schmalen Streifen abgelagerten mesozoischen Sedimente wurden erodiert. Nach Ende der Kreide wurde das Gebiet erneut Festland und im Eozän vom Molassemeer überflutet. Von Norden herkommend schüttete das Urnaab-System sein Delta in das Becken (Naabtertiär). Aufgrund der ungleichmäßigen Lage der Daten konnte keine feinere Untergliederung des Tertiärs erfolgen. Im Quartär lagerten die von den Alpen nach Norden vorrückenden Gletscher große Mengen an Moränensedimenten ab. Auch in den Tälern der großen Flüsse (Donau, Isar, Inn) fand eine Sedimentation statt.

Tab. 1: Übersicht geologische Einheiten im Modellgebiet.

Modellier- legende	Name der Modellereinheit	Lithologie	Beschreibung	Gesamtmächtigkeit	Chronostratigraphie
01 q	Quartär	Sand und Kies, z. T. Flusslehm oder Flussmergel	Flussablagerungen der Donau, Isar, Vils, Rott und des Inn sowie eiszeitliche Moränen	0 – 100 m	Quartär Holozän, Pleistozän
02 t	Tertiär	Tone, Mergel, Sande	Ablagerungen des Molassemeeres sowie des Urnaab-Flusssystem	100 – 2.000 m	Tertiär, Oligozän und Miozän
03 kr	Kreide	Mergel, Kalkmergel, Kalksteine, z.T. Sandsteine und klastische Schüttungen	Kalkmergel der Oberen Kreide und klastische Schüttungen in der Nähe der Beckenränder und Kristallinhochlagen	0 – 1.000 m, auf Grund tektonischer Prozesse wechselnde Mächtigkeitsverhältnisse	Cenoman bis Campan
04 jo	Oberer Jura	Kalksteine (z.T. Rifffalke, Dolomite)	Kalke, Rifffalke und Dolomite des Oberen Jura, einschließlich Ablagerungen des Purbeck	80 – 550 m	Oxford bis Tithon
05 jm	Mittlerer Jura	Kalksteine, Sandsteine, Tonsteine	Kalksteine, Sandsteine und Tonsteine des Mittleren Jura, teilweise in mariner, teilweise in fluviatil-terrestrischer Fazies	0 – 60 m	Aalen bis Callov
06 ju	Unterer Jura	Tonsteine, Sandsteine	Je nach Faziesbereich terrestrische bis flachmarine Ablagerungen des vorrückenden Jurameeres	0 – 10 m	Hettang bis Toarc
07 k	Keuper	Sandsteine	Terrestrische Sandsteine und Konglomerate des Keupers in Randfazies	20 – 50 m	Keuper
08 pc	Permokarbon (Gifftal-Graben)	Arkosen, Tonsteine	Füllung des Rotliegendetrogs von Gifftal, Fanglomerate, Grundgebirgszersatz,	bis 1.000 m (?)	Karbon bis Perm
09 Basement	Moldanubisches Grundgebirge	Gneise, Granite, Mylonite	Metamorphe Einheiten des Moldanubikums und postkinematische Granitintrusionen	-	Neoproterozoikum bis Paläozoikum

2 Tektonische Verhältnisse

Der Kenntnisstand zur tektonischen Entwicklung im Modellgebiet ist bis heute nicht vollständig. Kennzeichnend für das Gebiet sind zwei große NW–SO streichende Lineamente, der Donaurandbruch und der Abbruch des Landshut-Neuöttinger Hochs. Das Gebiet weist zwei prägnante Senkungsgebiete und zwei ausgeprägte Kristallin-Hochlagen auf (Abb. 2).

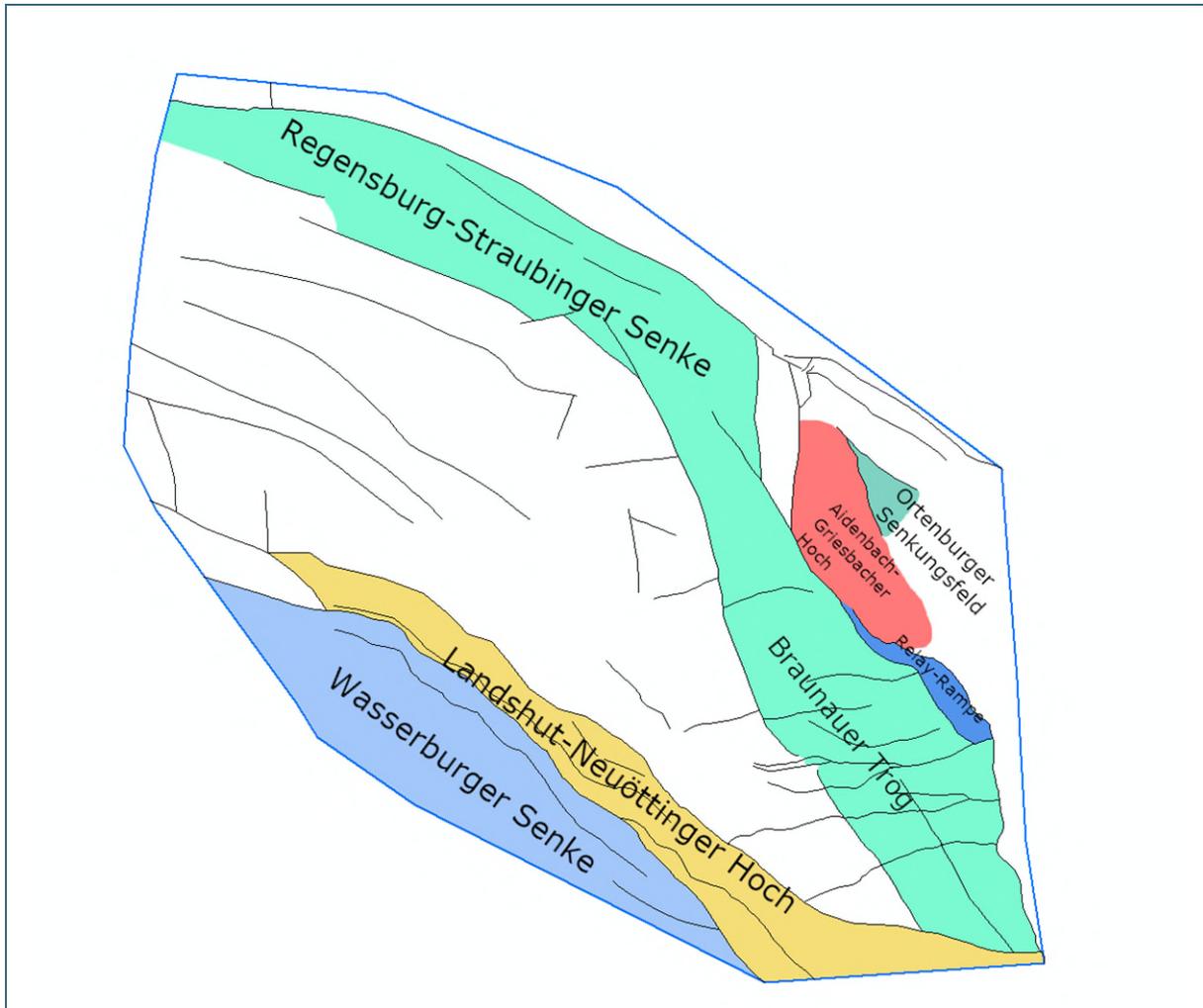


Abb. 2: Tektonische Großeinheiten im Modellgebiet.

2.1 Der Donaurandbruch

Die nördliche Modellgrenze wurde parallel zum Donaurandbruch gelegt. Dieser bildet die natürliche Abgrenzung des östlichen Molassetrogs gegen das anstehende Grundgebirge des Bayerischen Waldes. Der Donaurandbruch ist ein tektonisches Lineament, das im Karbon oder frühen Perm angelegt wurde und in den nachfolgenden tektonischen Phasen immer wieder mit teils unterschiedlichem Bewegungssinn reaktiviert worden ist (Thiele 1961; Rothpletz 1911).

Die älteste Phase ist durch Sedimente aus dem Unteren Rotliegend östlich von Regensburg belegt, die darauf hinweisen, dass der Donaurandbruch im Perm als Abschiebung aktiv und Teil eines Halbgrabens war.

Es ist unklar, ob der Donaurandbruch während der Trias oder des Juras aktiv war. Die Fazies der Sedimente aus dem Unteren und Mittleren Jura zeigt, dass der Rand des Meeres im Mittleren Jura in

etwa dem Verlauf der Störung gefolgt ist, da es im Dogger zunächst zur Ablagerung fluviatiler Sandsteine kam. Vereinzelt Restschollen von jurassischen Sedimenten z. B. bei Münster bei Straubing oder bei Flintsbach zeigen jedoch, dass der Malm auch nördlich des Donaurandbruchs abgelagert wurde.

Die nächste fassbare Bewegungsphase fand in der Kreide statt. Zu diesem Zeitpunkt begann die Regensburg-Straubinger Senke abzusinken, sodass sich vor dem Donaurandbruch ein Becken bildete, das mit mächtigen klastischen Sedimentschüttungen aus Richtung der Böhmisches Masse aufgefüllt wurde. Dies wird durch die Bohrprofile der Thermalwasserbohrungen bei Straubing sehr gut dokumentiert (Unger et al. 1991; Unger et al. 1995).

Mit Beginn der alpidischen Orogenese und der damit einhergehenden kompressiven Tektonik wurde der Donaurandbruch als Aufschiebung erneut reaktiviert und war bis mindestens ins Oligozän aktiv. In dieser Phase hat sich die Böhmisches Masse relativ zur Tiefscholle herausgehoben.

2.2 Das Landshut-Neuöttinger Hoch

Das Landshut-Neuöttinger Hoch stellt eine der komplexesten Strukturen des Modellgebietes dar. Es handelt sich auch hier um ein Lineament, das spätestens im Zuge der variszischen Gebirgsbildung entstanden ist. Das Landshut-Neuöttinger Hoch setzt sich innerhalb Österreichs fort, wo es als Zentrale Schwellenzone bezeichnet wird. Dort lässt es sich noch bis an die Alpenhauptüberschiebung verfolgen (Bachmann et al. 1987).

Beim Landshut-Neuöttinger Hoch handelt es sich um einen schmalen Streifen Grundgebirge und Paläozoikum, der relativ zu seiner Umgebung herausgehoben wurde. Die südliche Begrenzung wird von einer markanten Störungszone gebildet, die ähnlich wie der Donaurandbruch bereits im Karbon angelegt wurde (belegt durch die Bohrungen Kastl 1 (Berger 1959), Gendorf 1 und Alzger 1). Auch an dieser Störung bildete sich ein Halbgraben, der eine mächtige Sedimentserie aus dem Karbon und Perm aufnahm (Bohrung Giftthal). Die Ablagerungen des Keupers zeigen, dass dieses Gebiet auch in der Trias noch eine Senke dargestellt haben muss. Auch die Transgression des Jura in der Mühldorfer Bucht erfolgte entlang dieser Linie. Es ist möglich, dass die Heraushebung des Kristallins nördlich dieser Störungszone bereits im Mittleren Jura begann. Allerdings sind auf der Hochlage keine jurassischen und kretazischen Sedimente erhalten geblieben, sodass der Anfangspunkt der Hebung nicht genau festgemacht werden kann. Die Forschungsbohrungen Münchnerau und Salzdorf haben gezeigt, dass bei Landshut das Hoch durch einen Graben unterbrochen wird, in dem sich Sedimente aus dem Oberen Jura erhalten haben. Die Kristallinhochlage wird von tertiären Sedimenten überdeckt, die bis ins Oligozän verminderte Mächtigkeiten aufweisen. Zumindest bis in diese Zeit sind daher die Hebungstendenzen belegt. Die nördliche Begrenzung des Landshut-Neuöttinger Hochs ist hingegen weniger scharf. Auf österreichischer Seite wird die Begrenzung durch eine Störung postuliert. In der Nähe der Bohrung Wurmansquick ist eine entsprechende Störung noch in einem seismischen Profil erkennbar, weiter nördlich scheinen die Sedimente des Malms sanft am Nordrand des Landshut-Neuöttinger Hochs auszuweichen, was wiederum bedeutet, dass die Hochlage bereits im Malm existiert haben muss.

Am ehesten lässt sich das Landshut-Neuöttinger Hoch als eine schmale „Auspressung“ des Grundgebirges beschreiben. Die Annahme, es handle sich um die Stirn einer Pultscholle, die zwischen dem Donaurandbruch und dem Landshut-Neuöttinger Abbruch rotiert sei, ist nicht mehr haltbar. Interessant ist, dass am Landshut-Neuöttinger Hoch während der Kreide keine Senkungstendenzen wie am Donaurandbruch feststellbar sind. Eine vergleichbare Struktur stellt möglicherweise der „Kleine Thüringer Wald“ bei Schleusingen in Thüringen dar. Dort sind ebenfalls Gesteine des kristallinen Grundgebirges in einer schmalen, langgezogenen Zone emporgepresst worden.

2.3 Der Rieder und Pockinger Abbruch

Seit der Erdölexploration in den 1930er Jahren ist eine Störung zwischen Bad Füssing und Pocking bekannt, die als Pockinger Abbruch in die Literatur eingegangen ist (UNGER et al. 1995). Neuere Auswertungen von seismischen Profilen im Bereich von Pfarrkirchen und Simbach zeigen, dass diese Störung die Fortsetzung des Rieder Abbruchs in Österreich ist. Im Bereich von Bad Füssing kommt eine zweite große Störung hinzu, der Schwaimer Abbruch. Dieser wurde zuerst zwischen den Bohrungen bei Griesbach erkannt (Nathan 1949; Baumann et al. 1957) und konnte nach der seismischen Neuinterpretation weiter nach Süden verlängert werden. Nach dieser liegt zwischen Bad Füssing und Griesbach eine Relay-Struktur, entlang derer der Störungsversatz des Schwaimer Abbruchs auf den Pockinger Abbruch übergeht. Diese Relay-Rampe bietet auch eine Aufstiegsmöglichkeit für die geothermischen Tiefenwässer des Oberen Jura und damit das Wasser für die Thermalbäder von Obernberg/St. Martin in Österreich bis Bad Griesbach (Brunnen „Karlsquelle“) in Bayern.

2.4 Der Schwaimer Abbruch

Wie im vorigen Abschnitt beschrieben übernimmt der Schwaimer Abbruch den Versatz des Pockinger Abbruchs. Der Verlauf dieser Störung ist in ihrem südlichen Teil relativ gut anhand von Thermalwasserbohrungen (Exler et al. 1974) und seismischer Profile der Erdölexploration festzumachen. Zusätzlich gibt die Bohrung Amsham-1 Anhaltspunkte für die Strukturinterpretation. Weiter im Norden stehen nur noch alte Unterlagen aus den 1960er Jahren zur Verfügung (Line-Drawings und Isochronenpläne), die nur einen ungefähren Verlauf erkennen lassen. Aus der gravimetrischen Karte geht hervor, dass das Grundgebirge zwischen Emmersdorf und Osterhofen über einen Bereich von rund 8 km relativ flach auftauchen muss, anders als bei den starken, kleinräumigen Anomalien über dem Donaurandbruch. Allerdings gibt es in diesem Gebiet keine Bohrungen, die das Grundgebirge erreicht haben. Anhand der warmen Quelle in Künzing (Quintana) und flachen Bohrungen bei Aldersbach, die ebenfalls erhöhte Temperaturen aufweisen (mündliche Mitteilung Fritzer (LfU) 2019) sowie der Bohrung Kollmenzig, die Grundgebirgszersatz erbohrt hat (mündliche Mitteilung JUNG (LfU) 2019), ist es möglich, einen ungefähren Störungsverlauf zu konstruieren. Die Aufteilung in zwei Äste, die nach Norden auf den Donaurandbruch zulaufen, folgt der Anomalie der gravimetrischen Karte. Unklar ist der Zusammenhang zwischen dem Schwaimer Abbruch und dem Osterhofener Graben. In dem alten Isochronenplan ist der Schwaimer Abbruch als westliche Begrenzung des Grabens eingezeichnet, was allerdings eine komplette Umkehrung des Bewegungssinnes erfordern würde und wenig plausibel erscheint. Möglicherweise handelt es sich bei dieser Randstörung um eine konjugierte Störung zum Schwaimer Abbruch.

2.5 Die Pfarrkirchener Störung

Die westliche Begrenzung des Braunauer Troges wird durch die Pfarrkirchener Störung gebildet. Diese verläuft parallel zum Schwaimer Abbruch von Simbach bis etwa nach Plattling. Auf österreichischer Seite setzt sie sich weiter nach Süden fort, wird aber bei Braunau durch einen kleinen Ost-West streichenden Graben unterbrochen. Diese Störung ist auch in einigen seismischen Profilen zu erkennen und wurde im Isochronenplan Landau-Ortenburg eingezeichnet. Weiterhin ist der Versatz dieser Störung durch die Bohrungen Thanndorf 1 und Emmersdorf 1 gesichert.

2.6 Die Schierlingstörung

Zwischen der Regensburg-Straubinger Senke und dem Landshut-Neuöttinger Hoch postulierte Unger (1999) mehrere Störungen und Senkungszonen. Die markanteste dieser Störungen nannte er Schierling-Störung, da ihr Versatz anhand mehrerer Tiefbrunnen bei Schierling festgestellt werden konnte

(Unger 1987). Bader (ehem. Bayerisches Geologisches Landesamt) versuchte, in diesem Gebiet durch refraktionsseismische Messungen zu Aussagen über den tiefen Untergrund zu kommen und postulierte südöstlich von Schierling im Verlauf der Störung einen Graben. Aussagen zur Tiefenlage des Grundgebirges bei ihm sind widersprüchlich, da offenbar kein ausreichender Geschwindigkeitskontrast zwischen den Kalken des Jura und dem Kristallin besteht. Auffällig in diesem Gebiet ist die deutlich reduzierte Mächtigkeit des Oberen Jura, belegt durch die Forschungsbohrung Wörth-Isar. Insgesamt lässt sich festhalten, dass in diesem Gebiet mit größeren Störungen zu rechnen ist, diese aber bei der derzeitigen Datenlage nicht näher zu fassen sind.

2.7 Das Ortenburger Senkungsfeld

Westlich von Passau liegt innerhalb der Kristallinhochlage eine Scholle aus kreidezeitlichen und jurassischen Sedimenten, die im Nordwesten und Nordosten durch zwei Störungen (Wolfach-Störung und Kalkberg-Störung) begrenzt wird. Südlich ist die Begrenzung aufgrund der mangelhaften Datenlage völlig unklar.

2.8 Weitere Störungen

Zusätzlich zu den oben genannten großen Störungssystemen gibt es im Modellgebiet eine große Anzahl an kleineren Störungen. So liegen z. B. südlich des Landshut-Neuöttinger Abbruchs mehrere antithetische Störungen am Übergang zur Wasserburger Senke. Weiterhin gibt es ein sehr differenziertes Störungsmuster im österreichischen Teil, das eine deutliche Transformkomponente zeigt. Im Kristallin schließlich ist der ehemalige Verlauf des Donaurandbruch-Lineaments anhand von Myloniten und Pfahlquarzen gut zu erkennen.

3 Modellerstellung

3.1 Modellüberblick

Das Modellgebiet erreicht seine maximale Länge mit 160 km in Richtung NW-SO. Die maximale Breite erreicht etwa 80 km. Für die Erstellung des Volumenmodells wurde eine obere Begrenzung von 700 m ü NN und eine untere Begrenzung von –6.500 m u NN verwendet. Diese Tiefe war durch die Daten aus dem GeoMol-Projekt auf österreichischer Seite notwendig geworden. Die für die Modellierung zugrunde gelegte horizontale Auflösung beträgt 400 m. Der Grad der Verlässlichkeit des Modells nimmt mit der Tiefe ab, da die Anzahl der verlässlichen Datenpunkte (Bohrmarker) mit der Tiefe deutlich abnimmt. Durch die ungleichmäßige räumliche Verteilung der Bohrungen gibt es auch etwa im Zentrum des Modells einen Bereich, der nur durch sehr wenige Daten abgedeckt wird. Die horizontale Rasterauflösung des Modells liegt bei 400 m, eine Angabe zur vertikalen Auflösung ist schwierig. Sie dürfte zwischen 20 und 50 m liegen. Es wurden insgesamt zehn Schichten modelliert, inklusive der Geländeoberfläche und des Basements. Ein Verzeichnis der modellierten Gesteinsfolge findet sich in Tab. 2. Außerdem wurden insgesamt 54 Störungen modelliert.

3.2 Allgemeine Methodik

Bei der Erstellung geologischer 3D-Untergrundmodelle muss die Konsistenz aller verwendeten Eingangsdaten geprüft und sichergestellt werden. Hierfür werden umfangreiche, interne Veröffentlichungen des bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) zur Qualitätsprüfung, Qualitätssicherung, Fehlerbehebung, Dokumentation und Verfahrensanleitung konsequent angewendet.

Tab. 2: Modelleinheiten mit ihren Modell-Rollen

Kürzel	Chronostratigraphie	Modellierung durch	Charakter der Einheit
1 q	Holozän	Unterkante	erodiert
2 t	Tertiär	Unterkante	erodiert
3 kr	Kreide	Unterkante	erodiert
4 jo	Weißjura	Unterkante	erodiert
5 jm	Braunjura	Unterkante	konform
6 ju	Schwarzjura	Unterkante	konform
7 k	Keuper	Unterkante	konform
8 pc	Permokarbon	Unterkante	konform

Die wesentlichen Arbeitsabläufe, die zur Erstellung von geologischen 3D-Untergrund-Modellen notwendig sind, finden sich in der internen Dokumentation. Die eigentliche 3D-Modellierung erfolgte mit dem Softwareprodukt SKUA V2017 p1 der Firma Paradigm.

3.3 Modellspezifische Besonderheiten

Aufgrund der Größe des Modellgebietes und der Vielzahl an verschiedenen Eingangsdaten war es notwendig, viele mögliche Vorgehensweisen auszuprobieren und immer wieder an die Eingangsdaten anzupassen. Dies betraf hauptsächlich die Interpretation der seismischen Profile, die nur als gescannte Bilder vorlagen, aber auch die Einarbeitung der Bohrungen aus der Kohlenwasserstoff-Bohrungsdatenbank, sowie einige Bohrungen aus Österreich.

Nach der Datenrecherche und ersten Datenaufbereitung erfolgte eine Prüfung, Generalisierung und räumliche Darstellung von Bohrprofilen in einem Geographischen Informationssystem. In diesem Schritt wurden die Bohrungsdaten sowohl in der stratigraphischen Nomenklatur als auch im Detaillierungsgrad zwischen dem Bodeninformationssystem Bayern (BIS) und der Kohlenwasserstoff-Datenbank (KW-DB) harmonisiert. Fehlerhafte Daten konnten im BIS zu diesem Zeitpunkt leider nicht korrigiert werden, daher stammen die meisten Bohrmarker aus der KW-DB. Die 3D-Modellierung erfolgte mit der Software SKUA V2017 p1 der Firma Paradigm.

Aufgrund der ungleichmäßigen Verteilung der Tiefbohrungen im Modellgebiet konnten keine Profilschnitte erzeugt werden. Stattdessen wurde aus allen vorliegenden Bohrdaten und dem Plan der Oberkante Malm aus dem Geothermieatlas (StMWIVT 2010) eine neue Streichlinienkarte für die Höhenlage der Basis Kreide/Oberkante Malm erstellt. In diese Streichlinienkarte floss auch die Neuinterpretation des Störungsnetzwerkes mit ein. Um von dieser Schichtgrenze ausgehend nach unten modellieren zu können, wurden aus den Bohrdaten, den Beilagen der Geologischen Karte 1 : 500 000 von Bayern und soweit möglich aus den refraktionsseismischen Daten von BADER (ehem. Bayerisches Geologisches Landesamt) Mächtigkeitskarten für den Oberen, Mittleren und Unteren Jura interpoliert. Anhand dieser Mächtigkeiten und dem Streichlinienplan erfolgte die Konstruktion der jeweiligen Schichtgrenze. Für den Keuper wurde analog vorgegangen, wobei hier nur wenige Bohrungen zur Verfügung standen und das Verbreitungsgebiet auf den westlichen Modellrand beschränkt ist. Für das Permokarbon standen keine Mächtigkeitswerte zur Verfügung, sodass diese Einheit nur als konzeptuelles Schema aufzufassen ist.

Relativ viele Bohrungen standen für die Basis des Tertiärs zur Verfügung, sodass dieser Horizont anhand der Verbreitung aus der GK 500 (Freudenberger et al. 1996) und der Bohrmarker modelliert werden konnte. Zu berücksichtigen ist, dass die Tertiärbasis auch die Störungen nach oben begrenzt, da das Tertiär nicht feiner untergliedert werden konnte. Tatsächlich waren die großen Störungssysteme aber mindestens bis ins Otttnang aktiv.

Auf österreichischer Seite wurden die relevanten Gebiete aus den Flächen des GeoMol-Gesamtmodells Ost ausgeschnitten und diese Flächen als Eingangsdaten verwendet.

Um die Schichtflächen in der Nähe von Störungen zu stabilisieren, erfolgte die Konstruktion einiger Profilschnitte im Modell. Die Anbindung der Unterkanten im Modell an die Geländeoberfläche, die durch ein digitales Geländemodell (DGM) abgebildet wird, gelang über angepasste Schichtausbisse aus der digitalen geologischen Karte.

Die oben erwähnten Daten wurden als Eingangsdaten für den Structure and Stratigraphy Workflow in SKUA-GOCAD verwendet (Tab. 2).

4 Datengrundlage und Aussageweite des Modells

Grundlage des 3D-Modells sind die aus allen Eingangsdaten (Tab. 3) errechneten Grenzflächen. Aus den nachfolgenden Abbildungen sind alle diesen Horizonten zugewiesenen Daten und ihre räumliche Lage ersichtlich. Hieraus lassen sich Rückschlüsse über die Sicherheit der Modellaussagen ziehen.

Weiterhin sind die Eingangsdaten nicht vom Modellergebnis unabhängig, da diese selbst oftmals eine (mit Unsicherheiten behaftete) Interpretation darstellen und aufgrund der Modellierung verändert wurden.

Ein 3D-Untergrundmodell stellt somit in erster Linie einen entsprechend des vertretbaren Aufwands bestmöglichen Interpretationsstand aller Daten dar. Diese müssen jedoch zueinander konsistent sein, was dieses Modell leistet.

Im Folgenden werden die Eingangsdaten aufgeschlüsselt dargestellt und erläutert.

Tab. 3: Übersicht der Eingangsdaten je Modelleinheit.

Modelleinheiten	Ausbisslinien	Erosionspolygone / tatsächliche Verbreitung	Profilinien	Bohrungen	Streichlinienpläne	Seismik	Bohrlochgeophysik
01 q	ja	ja	-	238 Bohrungen mit Marker „01 q“;	-	nein	nein
02 t	ja	ja	-	148 Bohrungen mit Marker „02 t“	Streichlinienplan der Tertiärbasis von der Wintershall GmbH	nein	nein
03 kr	-	ja	-	51 Bohrungen mit Marker „03 kr“	Streichlinienplan der Grenze Kreide/Malm	nein	nein
04 jo	-	ja	-	44 Bohrungen mit Marker „04 jo“	Streichlinienplan mit Schichtmächtigkeit nach unten versetzt	nein	nein
05 jm	-	ja	-	29 Bohrungen mit Marker „05 jm“	-	nein	nein
06 ju	-	ja	-	13 Bohrungen mit Marker „06 ju“	-	nein	nein
07 k		ja	-	5 Bohrungen mit Marker „07 k“	-	nein	nein
08 pc		-	10 in SKUA erstellte konzeptionelle Profile	-	-	nein	nein
GG	-	-	-	-	Diese Einheit wurde nur zur Begrenzung des Volumens nach unten eingefügt.	nein	nein

4.1 Bohrungen

4.1.1 Kohlenwasserstoff-Explorationsbohrungen und Geothermiebohrungen

Wesentliches Gerüst des Modells sind die insgesamt 120 Tiefbohrungen aus der Erdölexploration und Geothermie in Niederbayern und Oberösterreich (Abb. 3). Da diese Bohrungen zu Beginn der Modellerstellung nicht in verwendbarer Form im bayerischen Bodeninformationssystem (BIS) vorlagen, wurden die Stammdaten dieser Bohrungen aus der Kohlenwasserstoff-Bohrungsdatenbank des Niedersächsischen Landesamts für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG-KW-DB) (LBEG 2019) ausgespielt und nach SKUA-GOCAD importiert. Weil in der KW-Datenbank häufig mehrere Profile pro Bohrung vorhanden sind und die verwendete Stratigraphie des Erdölgeologischen Austausches (ATS)

nicht mit der bayerischen Stratigraphie kompatibel ist, wurden aus dem BIS alle vorhandenen angehängten Originalbeschreibungen herausgesucht und die KW-Bohrungen mit diesen abgeglichen und nötigenfalls korrigiert. Für einige Tiefbohrungen, die einen abgelenkten Bohrlochpfad aufweisen, wurden Ablenkdaten nach SKUA importiert, um die Schichtgrenzen von gemessener Teufe in echte Tiefenwerte unter NN umzuwandeln.

Neben den bayerischen KW-Bohrungen standen in der Datenbank auch KW- und Geothermiebohrungen aus Österreich zur Verfügung. Die Schichtdaten zu diesen wurden soweit vorhanden der KW-Datenbank und ansonsten unveröffentlichten Unterlagen entnommen.

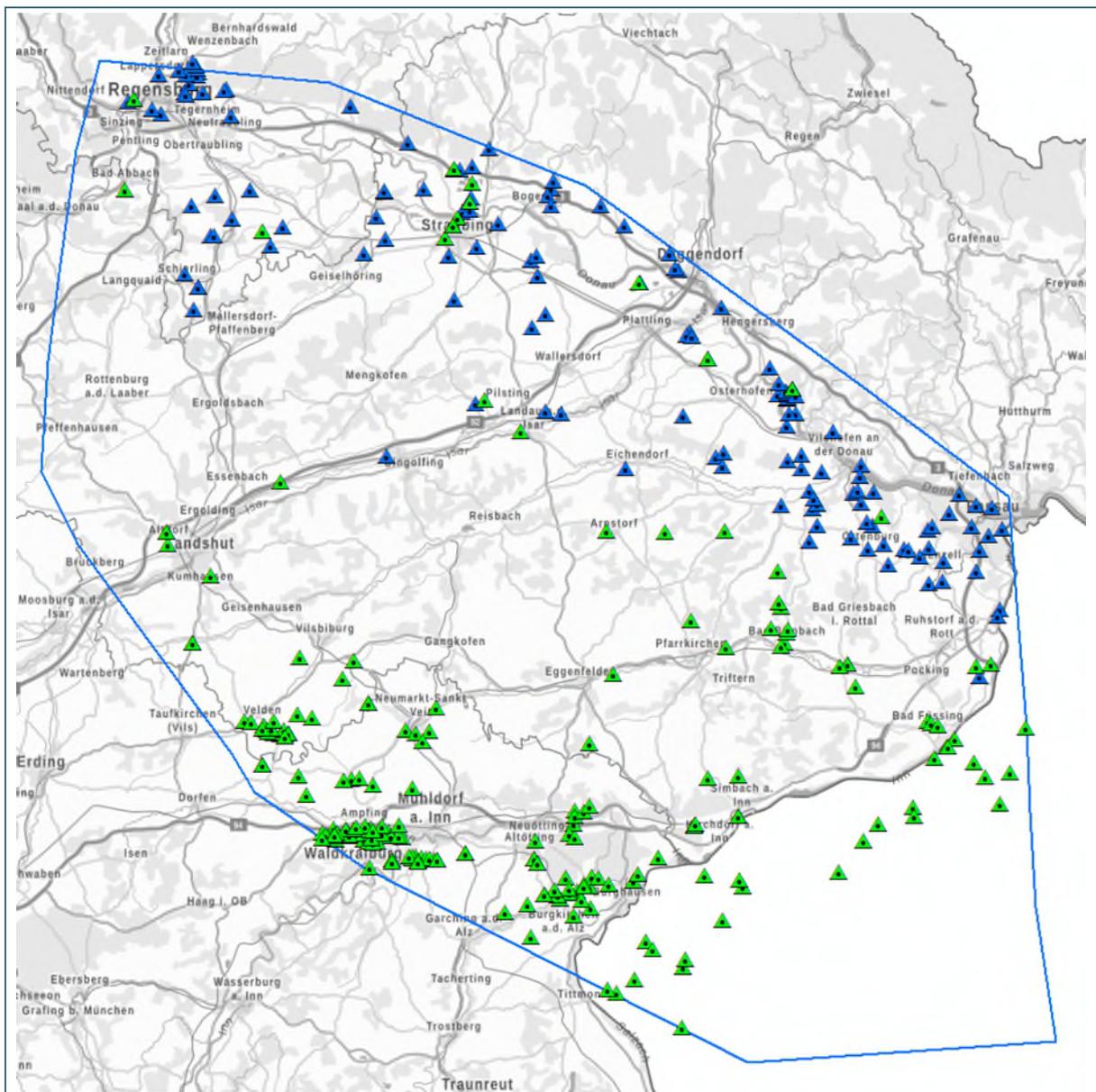


Abb. 3: Lage der verwendeten Bohrungen im Modellgebiet. Grüne Dreiecke: Kohlenwasserstoff-Explorationsbohrungen, blaue Dreiecke: Bohrungen aus dem BIS.

4.1.2 Bodenheimformationssystem Bayern (BIS)

Die Stammdaten von allen Bohrungen sind im [Geologie-UmweltAtlas Bayern des LfU](#) frei zugänglich.

Das Modell wird vorrangig durch verhältnismäßig wenig direkte Tiefenbeobachtungen aufgebaut. Die Anzahl von Bohrungen mit großer Tiefe ist ein Maß für die Aussagekraft des Modells. Die Endteufen reichen von –3.000 m unter NN bis 500 m über NN. Die folgenden Abb. 4 und Abb. 5 geben einen Überblick über die Tiefenverteilung der Bohrungen aus der Kohlenwasserstoff- und der BIS-Datenbank:

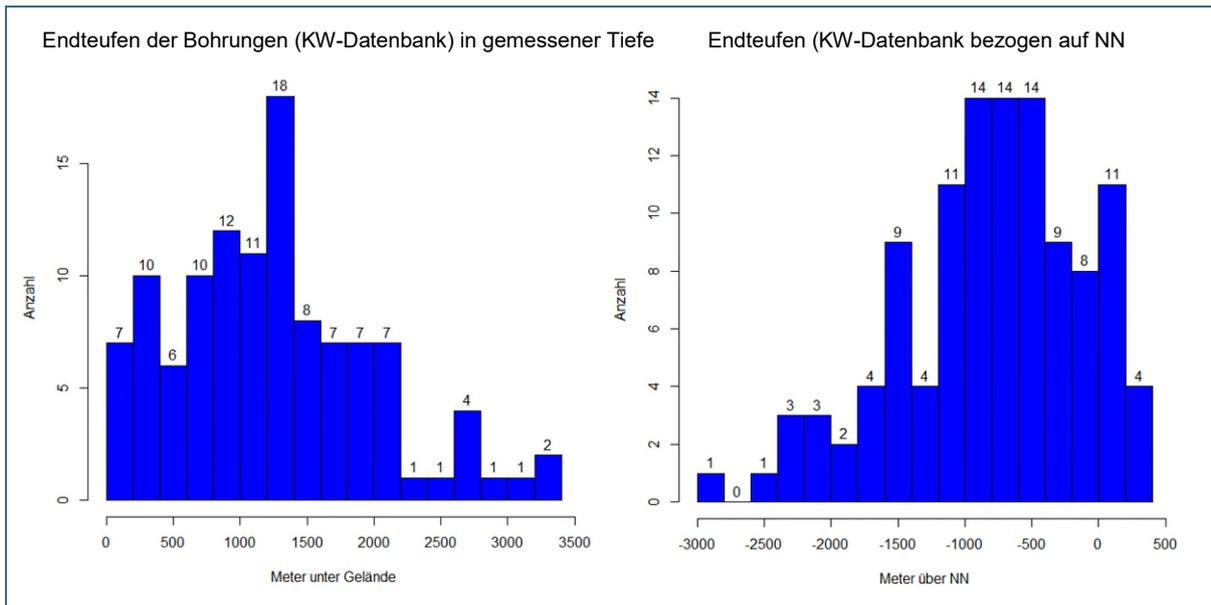


Abb. 4: Endteufen der Bohrungen (KW-Datenbank) in gemessener Bohrstrecke (links) und in Metern über NN (rechts).

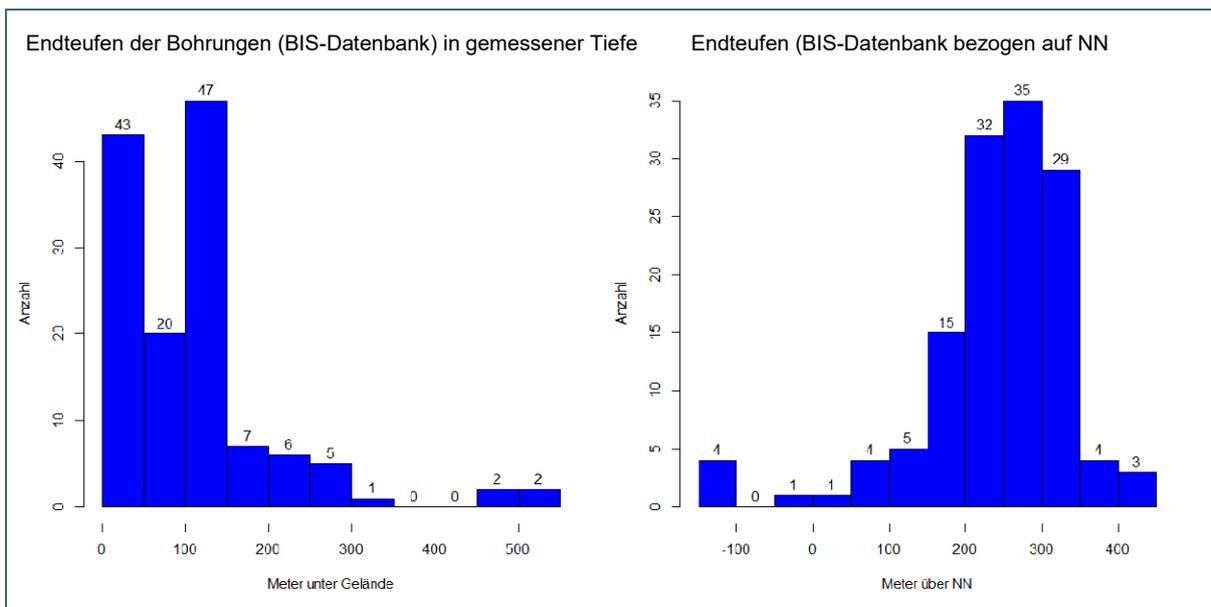


Abb. 5: Endteufen der Bohrungen aus dem bayerischen BIS in gemessener Bohrstrecke (links) und Metern über NN (rechts).

4.2 Geologische Ausbisse

In das 3D-Modell wurden die Ausbisse der Gesteinseinheiten der geologischen Karten von Bayern 1 : 500 000 eingebunden (Freudenberger et al. 1996). Nicht berücksichtigt ist damit der Abgleich mit dem DGM für oberflächennahe Schichten – wie etwa Bachablagerungen – und die fachliche, geologische Überarbeitung im Gelände.

4.2.1 Strukturlinien

Die Geometrien der modellierten Störungen wurden aus den Störungsverläufen des Geothermieatlas (StMWIVT 2010) und konstanten Werten für das Einfallen berechnet. Da das Tertiär im Modellgebiet nicht weiter differenziert wurde, enden die Störungen an der Tertiärbasis (Abb. 6).

4.3 Geländemodell

Als Höhenmodell wurde ein Ausschnitt aus dem Datensatz der Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) mit 30 m horizontaler Auflösung verwendet, da dieser auch den oberösterreichischen Teil abdeckt und nicht an der bayerischen Landesgrenze endet.

4.4 Streichlinienpläne

Für das Modell wurde ein Streichlinienplan für die Basis des Oberen Jura gezeichnet (Abb. 7). Grundlage hierfür war der Streichlinienplan für die Malmoberkante aus dem Geothermieatlas (StMWIVT 2010). Zusätzlich wurde für die Tertiärbasis im Braunauer Trog ein unveröffentlichter Streichlinienplan der Wintershall GmbH verwendet.

4.5 GeoMol-Schichtdaten

Da das Modell über die bayerische Grenze nach Österreich hineinreicht und auf Österreichischem Gebiet keine geologischen Grunddaten verfügbar waren, wurde auf bereits modellierte Schichtflächen aus dem GeoMol-Teilgebiet Ost-Modell zurückgegriffen (Diepolder 2015, Pfeleiderer 2016). Aus der Tertiärbasis und der Kreidebasis des GeoMol-Ost-Modells wurden die benötigten Bereiche ausgeschnitten und im Niederbayern-Modell als Eingangsdaten verwendet.

4.6 Seismik

4.6.1 Reflexionsseismik

Zum Zeitpunkt der Modellierung standen im Modellgebiet noch keine digitalisierten seismischen Profile zur Verfügung. Um trotzdem mit seismischen Daten arbeiten zu können, wurden die analogen Abspielungen gescannt und als Bilder im Modell eingehängt. Auf diese Weise konnten die Störungsverläufe genauer eingegrenzt werden. Eine Interpretation nach Horizonten wurde nicht durchgeführt. Eine Auflistung der verwendeten seismischen Profile befindet sich im Anhang.

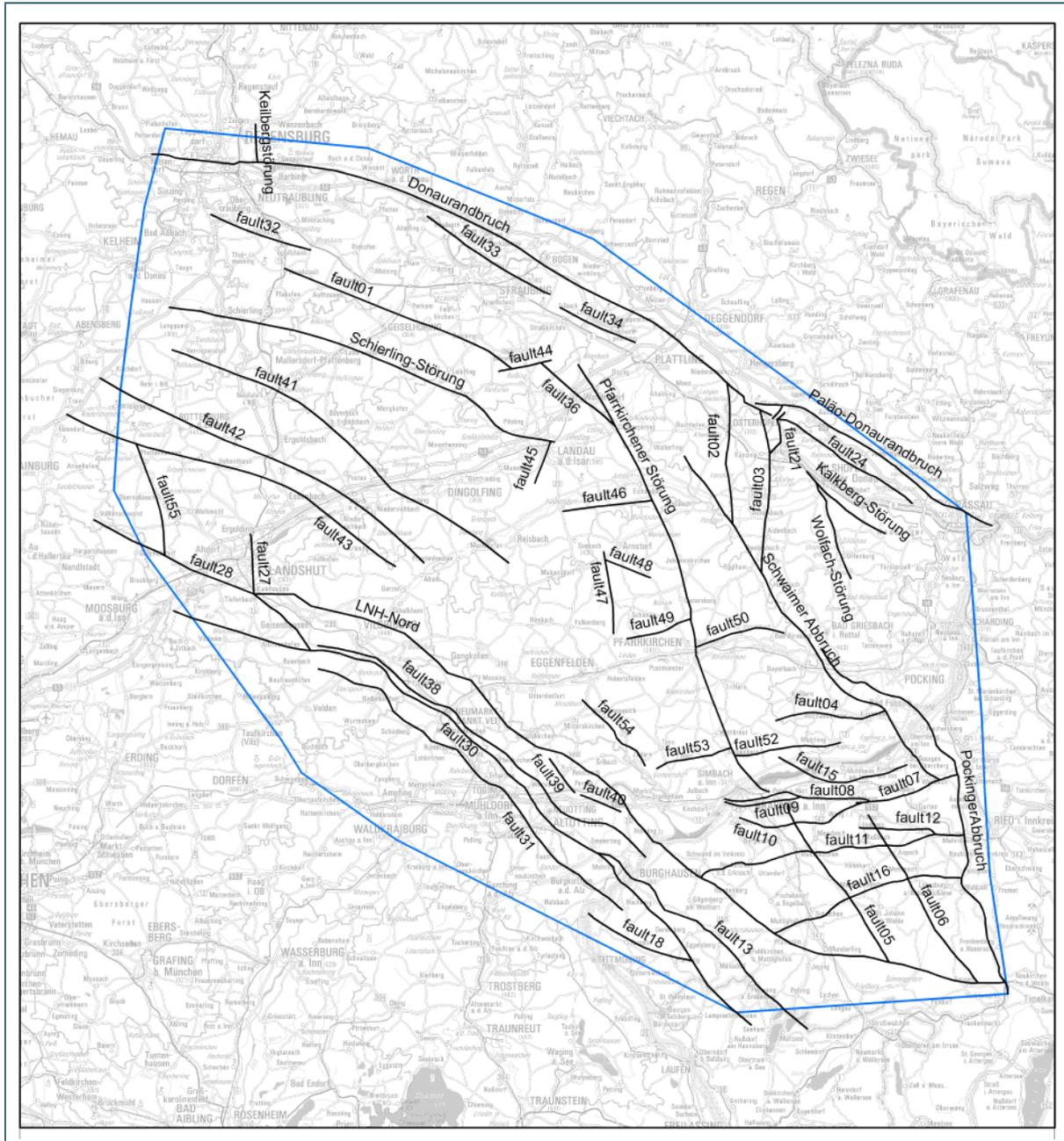


Abb. 6: Lage der modellierten Störungen im Modellgebiet (vergleiche Anhang).

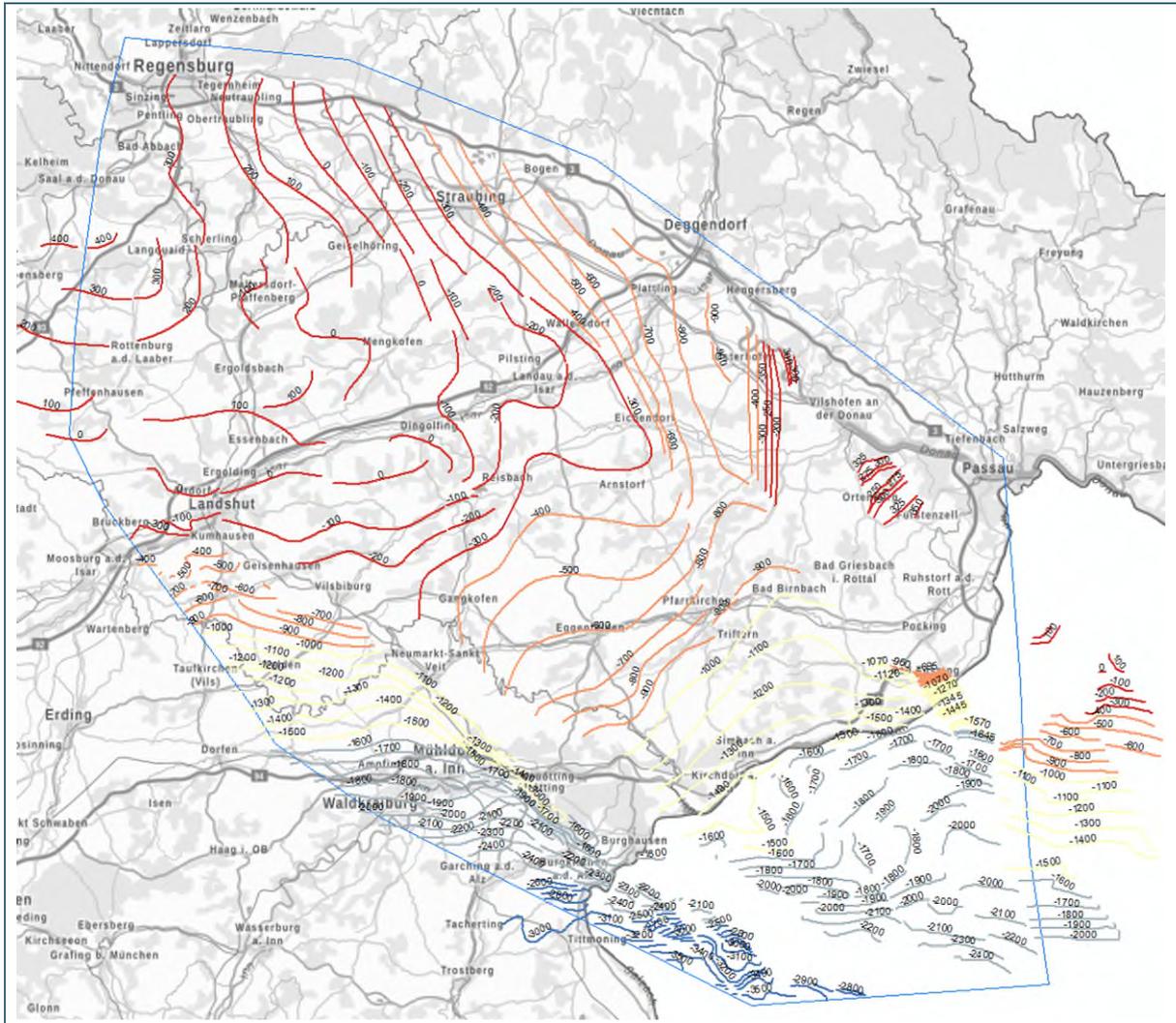


Abb. 7: Datengrundlage Isolinienplan Basis Oberer Jura.

5 Modellergebnisse

Im Folgenden werden die Modellergebnisse dargestellt. Es wird jeweils auf Lagerung, Mächtigkeiten der Einheiten und weitere tektonische und geologische Besonderheiten eingegangen.

5.1 Quartär

In der Mächtigkeit des Quartärs tritt deutlich der Unterschied zwischen fluviatilen und glazialen Ablagerungen hervor. Aus der Schichtlagerung ist ersichtlich, dass das Quartär nicht nennenswert durch tektonische Ereignisse beeinflusst worden ist. Die sichtbaren Spuren der Störungen im Nordteil des Gebiets sind Artefakte aus der Modellierung.

5.2 Tertiär

Die Basis des Tertiärs sinkt im Modellgebiet von Norden nach Süden kontinuierlich ab. Die Mächtigkeit nimmt von wenigen Dekametern am nördlichen Modellrand bis auf über 1.500 m in der Bohrung Burghausen zu. Südlich davon in der Wasserburger Senke werden Mächtigkeiten von fast 3.000 m

erreicht. Dadurch, dass das Tertiär nicht weiter untergliedert wurde, ist es schwierig, die Auswirkungen von tektonischen Prozessen einzuschätzen. Es ist aber ersichtlich, dass die Tertiärbasis im Bereich des Landshut-Neuöttinger Hochs im Vergleich zur Umgebung herausgehoben worden ist.

5.3 Kreide

Die Kreidesedimente zeigen deutliche Beeinflussung durch die Tektonik. Aus der Schichtlagerungskarte geht bereits hervor, dass der Braunauer Trog und die Wasserburger Senke deutlich abgesenkt sind. Die Verbreitung der Kreide wird durch das Landshut-Neuöttinger Hoch zweigeteilt.

Die Mächtigkeitkarte zeigt deutlich, dass die Kreidemächtigkeit im Braunauer Trog stark erhöht ist, was auf eine starke Sedimentation während der Absenkung hindeutet. Am Nordrand der Wasserburger Senke sind die Mächtigkeiten ebenfalls erhöht, wenn auch nicht ganz so stark.

5.4 Oberer Jura

Ähnlich wie die Kreide spiegelt die Basis des Oberen Jura die Tektonik des Gebietes wieder. Die Basisfläche fällt nach Süden bis Südosten ein, von etwa 110 m NN bei Regensburg bis auf –4.000 m NN am südlichen Modellrand. Auch hier fallen der Braunauer Trog und die Wasserburger Senke auf.

Bei Betrachtung der Mächtigkeiten fällt auf, dass der Obere Jura in der Wasserburger Senke eine Mächtigkeit von etwa 550 m aufweist, die zum Donaurandbruch hin auf etwa 120 m abnimmt. Weiterhin zeigt sich, dass das Gebiet mit den erhöhten Mächtigkeiten sich nördlich des Landshut-Neuöttinger Hochs fortsetzt, was dafürspräche, dass das Landshut-Neuöttinger Hoch ursprünglich mit jurassischen Sedimenten bedeckt war, die im Zuge der Heraushebung erodiert worden sind. Auffällig ist eine weitere Zone mit deutlich verringerten Mächtigkeiten, die durch die Bohrungen Salzdorf und Wörth/Isar belegt sind. Möglicherweise handelt es sich hierbei um eine Rinne, die zur Zeit der Kreide und des Tertiärs in den Untergrund eingetieft hat.

5.5 Mittlerer Jura

Die Oberfläche des Mittleren Jura zeichnet dasselbe Bild, wie die des Oberen Jura.

Die in der Mächtigkeitkarte sichtbaren kleinräumigen Strukturen an den Störungen sind Artefakte des Modellieralgorithmus aufgrund der Auflösung.

5.6 Unterer Jura

Die Sedimente des Unteren Jura besitzen eine wesentlich geringere Verbreitung als die des restlichen Jura. Die Verbreitung ist zweigeteilt in die Mühldorfer Bucht im Süden und die Regensburger Bucht im Norden. Die Mächtigkeit dieser Ablagerungen ist sehr gering und aufgrund der geringen Schichtmächtigkeit mit Artefakten behaftet.

5.7 Keuper

Über die Verbreitung der Sedimente des Keupers liegen kaum Daten vor. Für das Modell wurden die geologischen Vorstellungen aus den Erläuterungen zur GK 500 von Bayern zugrunde gelegt und mit den wenigen Bohrdaten verknüpft. In der Umgebung von Regensburg haben mehrere Bohrungen die Basis des Keupers erreicht, sodass hier eine hohe Aussagekraft gegeben ist. Im südlichen Teil des Gebiets hat nur die Bohrung Gifftal 1 zweifelsfrei Keuper angetroffen. Es ist nicht ausgeschlossen,

dass die Verbreitung der triassischen Sedimente noch weiter nach Osten reicht, allerdings ist es kaum möglich diese Ablagerungen von den terrestrischen Ablagerungen des Unteren und Mittleren Jura zu trennen, da sich diese faziell sehr ähnlich sind.

5.8 Permokarbon

Das Permokarbon als letzte Einheit ist nur schematisch mit in das Modell übernommen worden, um zu verdeutlichen, dass im Nordteil der Wasserburger Senke ein intramontanes Rotliegendbecken vorhanden ist. Dieses Becken ist bislang von keiner Bohrung durchteuft worden, es wurde eine durchschnittliche Mächtigkeit von 1.000 m angenommen, weshalb auch keine Mächtigkeitskarte mehr erstellt wurde. Mit diesem Wert fällt die Basis dieses Beckens von etwa –2.500 m NN im Norden auf – 4.600 m im Süden des Modells ab. Die permokarbonischen Sedimente bestehen aus Äquivalenten des Zechsteins, die eventuell eine genetische Verwandtschaft zum Haselgebirge aufweisen, sowie aus klastischen Rotliegendesedimenten. Darunter folgen Sedimente des Oberen Karbons. Diese sind allerdings nicht im Verband mit Rotliegendesedimenten nachgewiesen, sondern nur im Bereich des Landshut-Neuöttinger Hochs, wo sie an großen Störungen emporgeschleppt worden sind.

5.9 Grundgebirge

Das kristalline Grundgebirge selbst wurde nicht explizit modelliert. Seine Oberfläche ergibt sich aus den jeweiligen Unterkanten der auflagernden Schichten. Aus diesen wurde zum Schluss eine, wenn auch mit großen Unsicherheiten behaftete Grundgebirgsoberfläche zusammengefügt.

6 Fazit

Das Regionalmodell Niederbayern ist die erste Zusammenstellung aller verfügbaren Daten über den Nordrand der Ostmolasse, einem Gebiet mit einem tektonisch komplexen Werdegang. Aufgrund der inhomogenen Datenverteilung besitzt das Modell eine räumlich sehr unterschiedliche Aussagekraft.

7 Literatur

Bachmann, G. H., Müller, M., Weggen, K. (1987): Evolution of the Molasse Basin (Germany, Switzerland), Tectonophysics, Vol. 137.

Baumann, M., Regnet, W., Udluft, P. (1957): Die Mineralwasserbohrungen bei Griesbach im Rottal, Brunnenbau, Bau von Wasserwerken, Rohrleitungsbau, Heft 7.

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT) (2010): Bayerischer Geothermieatlas. Unter Mitarbeit von Thomas Fritzer, Erik Settles und Klaus Dorsch.

Berger, W. (1959): Die oberkarbonen Pflanzenreste der Bohrung Kastl 1 bei Altötting/Obb., Geologica Bavarica, Band 40.

Diepolder, Gerold W., GeoMol Team (2015): GeoMol - Assessing subsurface potentials of the Alpine Foreland Basins for sustainable planning and use of natural resources - Project Report. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU).

Exler, H., J., Wrobel, J.-P. (1974): Bericht über die geologische Bearbeitung der Thermal-Mineralwasserbohrung Schwaim 1, unveröffentlicht.

Freudenberger, W., Schwerd, K. (1996): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500.000, Bayerisches Geologisches Landesamt, München.

LBEG (2019): Kohlenwasserstoff-Fachinformationssystem (KW-FIS). https://www.lbeg.niedersachsen.de/energie_rohstoffe/erdoel_und_erdgas/fachinformationssystem/kohlenwasserstoff-fachinformationssystem-kw-fis-670.html (Abruf am 1. Oktober 2020)

Linnemann, U. (2004): Das Saxothuringikum, Staatliche Naturhistorische Sammlungen, Dresden.

Nathan, H. (1949): Geologische Ergebnisse der Erdölbohrungen im Bayerischen Innviertel, *Geologica Bavarica* Band 1.

Niebuhr, B. (2014): Lithostratigraphie der mittel- bis oberjurassischen Reliktorkommen zwischen Straubing und Passau, *SDGG*, Heft 83.

Pfleiderer, S. (2016): GEOMOL – Geologische 3D-Modellierung des österreichischen Molassebeckens, *Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, Band 70, Wien.

Rothpletz, A. (1911): Die ostbayerische Überschiebung und die Tiefbohrungen bei Straubing, Sitzungsberichte der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften.

Thiele, O. (1961): Zum Alter der Donaustörung, *Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt Wien*.

Unger, H. J., Risch, H. (1991): Die Thermalwasserbohrung Straubing Th 1 und ihr geologischer Rahmen, *Geologisches Jahrbuch Reihe A*, Heft 130.

Unger, H. J., Risch, H., Meyer, R. K. F. (1995): Die Thermalwasserbohrung Straubing Th 2, *Geologica Bavarica* Band 99.

Unger, H. J. (1987): Die Bohrungen Köfering und Schierling 1 südlich Regensburg und ihr geologisch-tektonischer Rahmen, *Geologisches Jahrbuch Reihe A*, Heft 105.

Unger, H. J. (1999): Die tektonischen Strukturen der bayerischen Ostmolasse, *Documenta Naturae* Bd. 125.

Vollmayr, Th. (1968): Schichtenverzeichnis der Aufschlussbohrung Gifftal 1, interner Bericht der Gewerkschaft Elwerath, unveröffentlicht.

8 Datenbezug

Das 3D-Modell stellt eine Vereinfachung der realen Geologie dar. Es basiert auf der Interpretation von verschiedenen Daten (Bohrungen, Schnitte, Karten etc.) unterschiedlichen Alters mit verschiedenen Graden an Qualität und Detail. Diese Daten wurden ursprünglich nicht auf einander abgestimmt und sind daher generalisiert. Zu guter Letzt hat das geologische Hintergrundwissen der verschiedenen Mitarbeiter Einfluss auf die Modellentwicklung.

Der Nutzer erkennt an, dass die Autoren alle zumutbaren Aufwände unternommen haben, um die Informationen in dem präsentierten 3D-Modell zu verifizieren. Es gibt keine Garantie, dass die Interpretation an einem bestimmten Punkt im Untergrund korrekt ist. Unter keinen Umständen ist der Autor für

jeglichen Verlust oder Schaden materieller oder immaterieller Art haftbar, welcher aus dem Zugriff, aus der Nutzung bzw. Nichtnutzung der veröffentlichten Informationen, durch Missbrauch oder technische Störungen entsteht.

Das Modell kann im 3D-Viewer des LfU abgerufen werden unter:

www.3dportal.de

Daten können in verschiedenen Formaten über die Datenstelle des LfU bezogen werden:

<https://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/datenbezug/index.htm>.

9 Anhang (siehe Extradokument)

Anhang 1: Eingangsdaten

- Strukturlinien
- Bohrungen

Anhang 2: Ergebnisse der Modellierung

- Streichlinienkarten
- Mächtigkeitkarten



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

