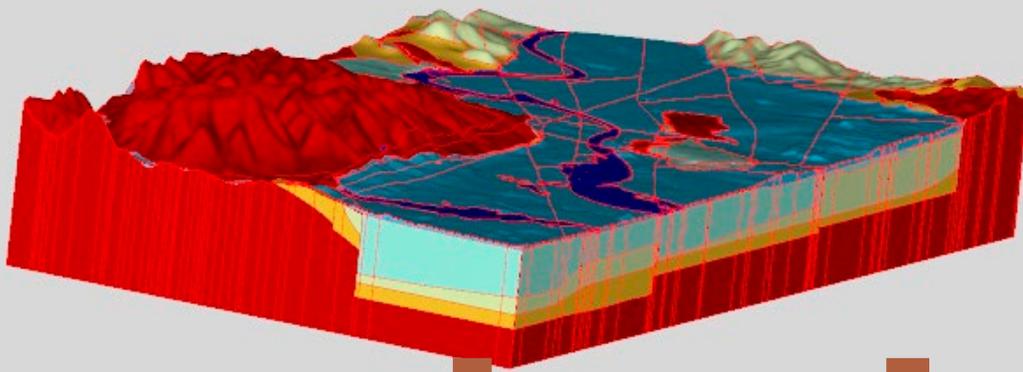




Geologisches 3D-Modell Aschaffenburg



geologie



Geologisches 3D-Modell Aschaffenburg



Impressum

Geologisches 3D-Modell Aschaffenburg

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Tel.: 0821 9071-0

Fax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de/

Konzept/Text:

LfU, Referat 104: Dr. Silvia Beer

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Stand:

März 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. 089 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

Kurzfassung	5
1 Geographischer und geologischer Überblick	7
1.1 Geographische Lage	7
1.2 Geologische Einheiten und ihre Einstufung im Modell	7
1.2.1 Quartär (qh, qp)	7
1.2.2 Tertiär (t)	7
1.2.3 Buntsandstein (s)	9
1.2.4 Perm (r_z)	9
1.2.5 Grundgebirge (GG)	9
2 Tektonische Verhältnisse	9
3 Modellerstellung	10
3.1 Modellüberblick	10
3.2 Allgemeine Methodik	10
3.3 Modellspezifische Besonderheiten	11
4 Datengrundlage und Aussageweite des Modells	11
4.1 Bohrungen	12
4.1.1 Bodeninformationssystem Bayern (BIS)	12
4.1.2 Externe Bohrdaten	13
4.2 Geologische Karte	14
4.2.1 Geologische Ausbisse	14
4.2.2 Strukturlinien	15
4.3 Geländemodell	15
4.4 Streichlinienpläne	15
4.5 Profilschnitte	15
5 Modellergebnisse	21
5.1 Holozän (qh)	21
5.2 Pleistozän (qp)	21
5.3 Tertiär (t)	22
5.4 Buntsandstein (s)	22

5.5	Rotliegend und Zechstein (r_z)	23
5.6	Grundgebirge	23
6	Fazit	25
7	Ausblick	25
8	Literatur	26
9	Datenbezug	27
10	Anhang (siehe Extradokument)	27

Kurzfassung

Das Modell Aschaffenburg (2017) beinhaltet die geologischen Einheiten vom Quartär bis zum Grundgebirge, ihre Grenzflächen (Schichtunter- und beim Grundgebirge Oberkanten) und Störungen. Das Arbeitsgebiet umfasst die Blätter 5920 Alzenau i. Ufr. und 6020 Aschaffenburg.

Es wurden auf Basis von 807 Bohrungen, der geologischen Karten 1:25.000 (Aschaffenburg, Alzenau i. Ufr.) und vorhandener Streichlinienkarten verschiedene Horizonte erstellt. Zusätzlich fanden neben Profilschnitten auch konzeptionelle Isolinien-Pläne Verwendung, die die durchschnittlichen Mächtigkeiten der einzelnen Einheiten aus der Literatur angeben. Die Modellierung folgte einem reproduzierbaren Verfahren und beinhaltet umfangreiche Qualitätskontrollen nach internen Kriterien des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU).

Die horizontale Auflösung beträgt 35 m, die vertikale liegt ebenfalls bei 35 m. Die Erstellung erfolgte mit der kommerziellen Software SKUA Version 2017 p1 der Firma Paradigm.

Neben den Grenzflächen wurde auch ein Volumenmodell berechnet. Damit ist es grundsätzlich möglich, Eigenschaften der unterschiedlichen Einheiten im Volumen zu speichern, zu regionalisieren und daraus verschiedene Themenmodelle zu erstellen.

Besonderer Dank gilt dem Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) für die gute Zusammenarbeit und die Bereitstellung zahlreicher Informationen.

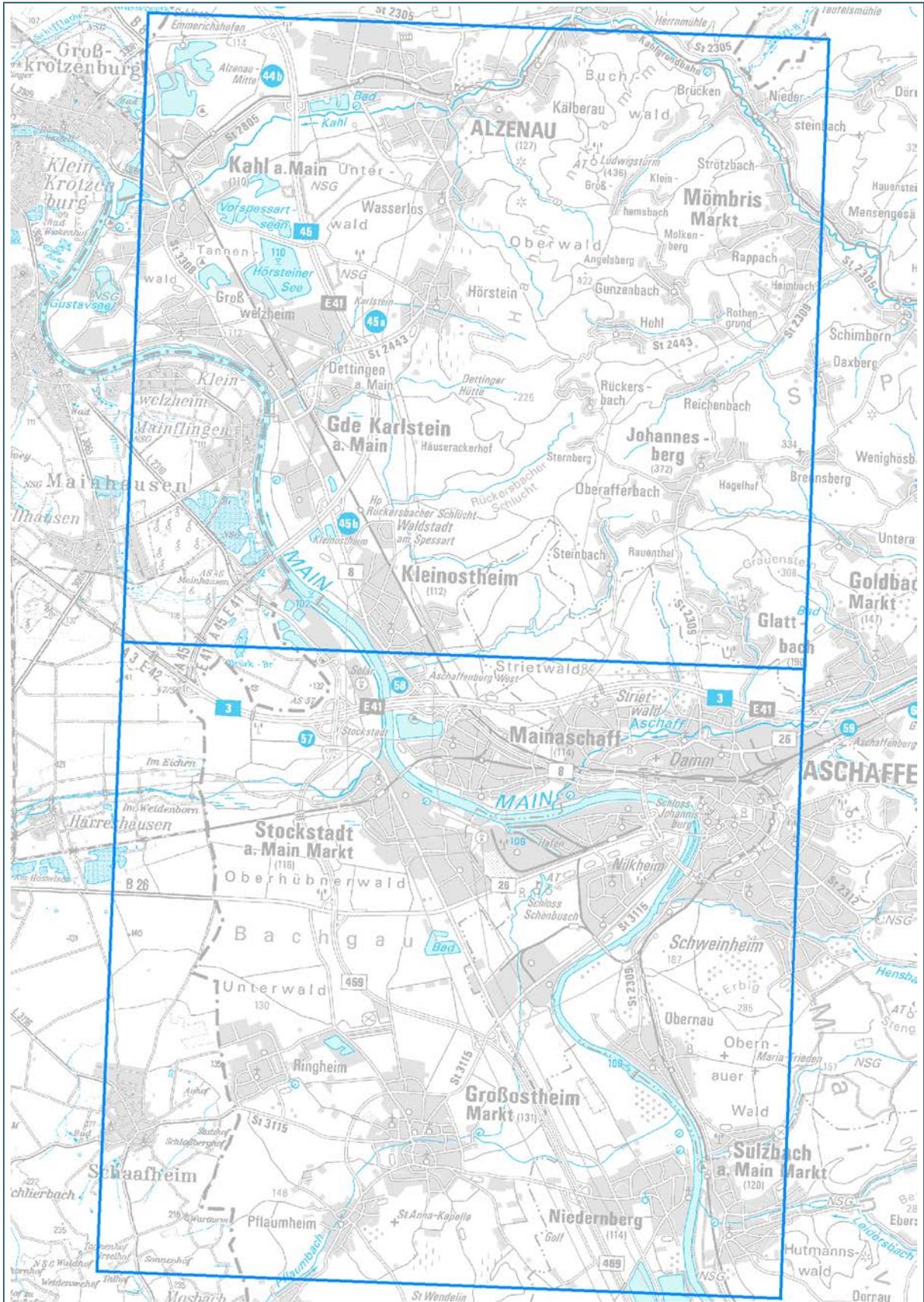


Abb. 1: Topographische Karte mit den bearbeiteten Kartenblättern (Polygone Aussagegebiet) (Rasterdaten der Digitalen Topographischen Karte 1 : 100 000 © Bayerische Vermessungsverwaltung, 2017).

1 Geographischer und geologischer Überblick

Die folgenden Ausführungen basieren auf den Erläuterungen zu den geologischen Karten von Blatt 5920 Alzenau i. Ufr. (OKRUSCH et al. 1967) und Blatt 6020 Aschaffenburg (STREIT & WEINELT 1971). Die topographische Grundlage der Abbildungen wurde vom Bayerischen Landesamt für Breitband, Digitalisierung und Vermessung erarbeitet und dem LfU für die Modellierung zur Verfügung gestellt.

1.1 Geographische Lage

Das Modellgebiet deckt die Kartenblätter 5920 und 6020 ab (Abb. 1) und ist landschaftlich sehr abwechslungsreich gegliedert: Den Höhen von Vorspessart (435 m NN am Hahnenkamm-Rücken), Hochspessart (285 m NN) und Odenwald (250 m NN) steht die Untermainebene mit 112–100 m NN gegenüber. Der bedeutendste Fluss der Region ist der Main, welcher sich in breiten Schleifen durch das Gebiet zieht. Wichtige Zuflüsse sind die Kahl und die Aschaff.

1.2 Geologische Einheiten und ihre Einstufung im Modell

Im Folgenden werden die modellierten geologischen Schichten in ihrer Entstehung, Ausprägung und Mächtigkeit beschrieben (Abb. 1). Sie beinhalten häufig lokale oder geringmächtige Schichtglieder, welche im 3D-Modell räumlich nicht sinnvoll auszuhalten sind, daher wurden in der Regel mehrere Untereinheiten zusammengefasst.

Weitere Eigenschaften der modellierten Einheiten wie die hydrogeologischen Besonderheiten oder die Nomenklatur laut INSPIRE-Richtlinie zur Vereinheitlichung von Geodaten in Europa finden sich im Anhang 1.

1.2.1 Quartär (qh, qp)

Die jüngsten Bildungen im Arbeitsgebiet stellen die quartären Ablagerungen des Mains und seiner Nebenflüsse, wie beispielsweise der Kahl und der Aschaff dar. Lokal sind die klastischen Sedimente von Flusslehm bzw. –mergel bedeckt. Im Pleistozän wurden aus den fluviatilen Schotterfluren auch äolische Sedimente ausgeblasen.

Zwischen Buntsandstein und Pleistozän führte die saxonische Bruchtektonik zur Zerlegung des Untergrundes in Horst-Graben-Strukturen. Im Alttertiär fanden nur noch an einigen Schollen Bewegungen statt. Das führte zur verstärkten Erosion einzelner Abfolgen des Tertiärs. Diese sind so teilweise nur noch in geringer Mächtigkeit vorhanden.

1.2.2 Tertiär (t)

Die Bildung dieser Einheit beginnt im Oligozän. Zu dieser Zeit transgredierte das Meer aus dem Oberrheingraben in das Hanauer Becken. Darauf folgte eine Phase der Aussüßung. Dies wiederholte sich bis im Pliozän schließlich limnische, klastische Sedimente mit Lagen von Braunkohlen (Kahl-Braunkohlen-Formation) abgelagert wurden. Im Arbeitsgebiet finden sich auch vulkanische Gesteine aus dieser Zeit. Da die Differenzierung der unterschiedlichen tertiären Einheiten nicht möglich war (Fehlen einer repräsentativen Menge tiefer Bohrungen), wurden alle Gesteinsfolgen zusammengefasst. Gegen Nordwesten steigt deren Mächtigkeit zum Oberrheingraben hin an.

Tab. 1: Übersicht der geologischen Einheiten im Modellgebiet.

Modellier- legende	Name der Modellier- einheit	Lithologie	Beschreibung	Gesamt- mächtigkeit	Chronostratigraphie	Abgrenzung
1 qh	Quartär, Holozän-Ablagerung	Sand und Kies, z. T. unter Fluss- lehm oder Fluss- mergel	Flussablagerungen des Mains	0–11 m	Quartär Holozän	Lage im Talgrund des Mains
2 qp	Quartär, Pleistozän-Ablagerung (Nord-Ostbayern), ungegliedert	Pleistozäner Flussschotter bzw. Flusslehm	Bach- und Flussablagerungen des Mains und seiner größeren Zuflüsse	0–20 m	Quartär Pleistozän (oberes, mittleres, unteres)	zu t: Farbumschlag der klas- tischen Sedimente zu „gelb“, Verfestigungsgrad, Wasser- gehalt
3 t	Tertiär-Ablagerung, ungegliedert	Wechsellagerung von Ton und Sand, teils kiesig, in Nebenrinnen auch Braunkohlen	Kahl-Braunkohlen-Formation; (Vulkanite)	0–70 m, auf Grund tektoni- scher Prozesse wechselnde Mächtigkeits- verhältnisse	Tertiär Pliozän; Obermiozän (1 Bohrung),	zu s: Übergang Lockerge- stein-Festgestein
4 s	Buntsandstein- Ablagerung, ungeglier- dert	Sandsteine teil- weise mit Ton- steinklasten und Tonschluffstein- lagen	Zusammengefasst werden: Mittlerer Buntsandstein?; Unterer Buntsandstein; Miltenberg-Formation (ungegliedert, ca. 180 m); Miltenberg-Wechselfolge (Tonlagen-Sst., ca. 48 m); Bernburg-Formation (Ob. Miltenberger Sst., Basis- Sst., ca. 10 m); Calvörde-Formation (U. Miltenberger Sst., Dickbank- Sst., ca. 70 m); Eck-Formation (Eckscher Gerölsst., 30 m); Eck-Formation (Heigenbrücken-Sst., 25–30 m)	190 m (durch- schnittliche Mächtigkeit für Modellierung verwendet)	Buntsandstein v.a. Unterer Buntsand- stein	zu r_z: Farbumschlag „rot- braun“ zu Zechsteindolomit „aschgrau, ockergelb“
5 r_z	Rotliegend- bis Zech- stein-Ablagerung, un- gegliedert	Klastische Sedi- mente, Tonstein, Karbonate	Zusammengefasst werden: Werra-Formation (Zechsteinkalk, dolomitisch, 2– 12 m); Langenthal-Formation (Brückelschiefer, ca. 40 m); Zechsteindolomit-Formation (Zechsteinton, 3–12 m); Rotliegend ungegliedert (63 m aus Tiefbohrung)	120 m	Perm Zechstein Rotliegend	zu GG: Übergang zu Kristal- lin
6 GG	Grundgebirge, unge- gliedert	Metamorphite, Magmatite	Kristallines Grundgebirge	-	Neoproterozoikum bis Paläozoikum	-

1.2.3 Buntsandstein (s)

Im Buntsandstein wurden klastische Sedimente in ein flaches Becken geschüttet. Sie gliedern sich vorwiegend in unterschiedlich gefärbte (z. B. rotbraun, grau) Sandsteine mit variabler Korngröße. Teilweise führen sie Tonschluffsteinklasten, teils sind sie verkieselt. Es treten auch Tonschluffsteinlagen auf. Einige Schichtglieder sind Feldspat führend. Gesteinseinheiten der jüngeren Trias und des Jura sind im Arbeitsgebiet nicht bekannt. Ebenso wie bei der tertiären Abfolge erschien es aufgrund der unklaren Verhältnisse im tieferen Untergrund nicht sinnvoll, den Buntsandstein bei der Modellierung in mehrere Einheiten aufzuschlüsseln. Zwar lassen sich an der Oberfläche die unterschiedlichen Gesteine gut gliedern, mit zunehmender Tiefe liegen aber deutlich weniger Informationen vor.

1.2.4 Perm (r_z)

Am Ende des Karbons bis ins Perm war der Spessart Abtragungsgebiet. Es bildeten sich die charakteristischen Rotliegendtröge wie der Saar-Selke- oder der Saale-Trog. Diese wurden mit dem Abtragungsschutt des variszischen Gebirges – klastische Sedimente unterschiedlicher Körnung – gefüllt. Teilweise handelt es sich um Fanglomerate. Vereinzelt finden sich auch Zeugnisse vulkanischer Aktivität.

Im Zechstein drang von Norden das Meer in die Region vor. Im Gebiet erstreckte sich ein Flachmeer mit zahlreichen Inseln, wie es heute von der Schärenlandschaft Nordeuropas bekannt ist. Die Schichtfolge beginnt mit der Werra-Formation, die aus dolomitisiertem Kalkstein aufgebaut ist, der teilweise verkieselt vorliegen kann. Darüber folgten tonige Teile der Zechsteindolomit-Formation und anschließend die Langenthal-Formation (Bröckelschiefer).

Die Ablagerungen des Perm werden zusammengefasst betrachtet, da sie nur in kleinen Gebieten an der Oberfläche anzutreffen sind und auch nur in wenigen Bohrungen nachgewiesen wurden.

1.2.5 Grundgebirge (GG)

Die ältesten Einheiten im Modell werden von den Gesteinen des kristallinen Vorspessarts und Odenwalds aufgebaut. Die Edukte dieser metamorphen Bildungen wurden bereits ab dem Devon in die variszische Orogenese einbezogen. Ihren Höhepunkt erreichte diese im Karbon. Sandsteine, Grauwacken und Tonsteine sowie prävariszische Intrusiva wurden zu metamorphen Gesteinen wie Paragneisen, Glimmerschiefern oder Orthogneisen umgewandelt. In der spätvariszischen Phase erfolgte schließlich die Überschiebung von Gneisen auf ordovizische Einheiten entlang einer erzgebirgisch streichenden Überschiebungsbahn im Norden des Arbeitsgebietes.

Der Gesteinsbestand dieser Modelleinheit umfasst neoproterozoische bis paläozoische Gneise, Quarzite und Glimmerschiefer. Darüber hinaus finden sich pegmatitische und aplitische Gangfüllungen.

2 Tektonische Verhältnisse

Neben den tektonischen Ereignissen, die sich während der variszischen Orogenese abgespielt haben, auf die hier aber nicht vertieft eingegangen werden soll, geben die saxonische Tektonik und die struktureologischen Prozesse am Oberrheingraben dem Arbeitsgebiet sein heutiges Aussehen.

Die saxonische Tektonik äußert sich im Wesentlichen durch SE–NW-streichende meist steil stehende Verwerfungszonen. An ihnen drangen Lösungen auf, welche zur Bildung von Schwespatgängen im Grundgebirge führten (nicht im Modell ausgehalten). Diese Störungen beeinflussten auch die Einheiten des Perm und des Buntsandsteins.

Eine weitere bedeutende Struktur stellt der Großwallstadt-Obernburger Graben dar, welcher von gestaffelten Randverwerfungen begrenzt wird.

Jüngere Bildungen sind SW–NE-verlaufenden Störungen. Einige dieser Strukturen wurden anhand von Bohrdaten (Versatz an Schichtobergrenzen) auch von der Autorin selbst ermittelt und in die Modellierung einbezogen (Abb. 3 und 4).

Eine sehr wichtige Verwerfungsrichtung stellen die N–S-streichenden Strukturen des Spessartrandbruchs dar. Diese erweisen sich als staffelbruchartige Systeme mit einer Gesamtsprunghöhe von 200 bis 250 m im Raum Kleinostheim und etwa 500 m bei Wasserlos-Alzenau.

3 Modellerstellung

3.1 Modellüberblick

Das Modellgebiet erstreckt sich über eine Länge von rund 22 km und eine Breite von etwa 12 km. Die vertikale Erstreckung reicht dabei von der Erdoberfläche bis in eine Tiefe von –400 m ü. NN. Der für die Modellierung zugrunde gelegte horizontale Maßstab beträgt 1:25 000.

Die horizontale und vertikale Rasterauflösung des Modells liegt bei 35 m. Im 3D-Modell wurden insgesamt sechs geologische Schichten erfasst. Ein Verzeichnis der modellierten Gesteinsfolge und ihrer zugewiesenen Rollen in der Modellier-Software findet sich in Tabelle 2. Die tektonischen Verhältnisse bilden 38 Störungen ab.

3.2 Allgemeine Methodik

Bei der Erstellung geologischer 3D-Untergrundmodelle muss die Konsistenz aller verwendeten Eingangsdaten geprüft und sichergestellt werden. Hierfür werden umfangreiche, LfU-interne Vorgaben zur Qualitätsprüfung, Qualitätssicherung, Fehlerbehebung, Dokumentation und Verfahrensanleitung konsequent angewendet.

Tab. 2: Modelleinheiten mit ihren Modell-Rollen.

Kürzel	Chronostratigraphie	Modellierung durch	Charakter der Einheit
qh	Quartär Holozän	Unterkante	erodiert
qp	Quartär Pleistozän (oberes, mittleres, unteres)	Unterkante	erodiert
t	Tertiär Pliozän; Obermiozän (aus einer Bohrung), Oligozän	Unterkante	erodiert
s	Buntsandstein v. a. Unterer Buntsandstein	Unterkante	erodiert
r_z	Perm Zechstein Rotliegend	Unterkante	erodiert
GG	Neoproterozoikum bis Paläozoikum	Oberkante	konform

Die wesentlichen Arbeitsabläufe, die zur Erstellung von geologischen 3D-Untergrundmodellen notwendig sind, finden sich in der internen Dokumentation. Das 3D-Modell wurde mit der Software SKUA V2017 p1 der Firma Paradigm erstellt.

3.3 Modellspezifische Besonderheiten

Abweichend vom Standardvorgehen wurden an einigen Stellen nicht nur „non erosional outlines“ (Verbreitung der geologischen Einheit) eingesetzt, sondern auch „erosional outlines“ (Flächen in denen die Einheiten erodiert wurden). Im Bereich tektonischer Kappungen – an Störungen – mussten die Ausbisslinien von Schichtpaketen über die Verwerfung verlängert werden, da SKUA sonst die Einheit nicht unter geologischen Aspekten modelliert. Im Volumen werden diese Bereiche jedoch korrekt dargestellt. Abseits der gängigen Arbeitsweise, die geologischen Verhältnisse über vernetzte Profilschnitte abzubilden, wurden für den Raum Aschaffenburg einige Bohrprofile verlängert. Dabei fanden die mittleren Mächtigkeiten der Einheiten aus den Erläuterungen zur geologischen Karte Verwendung. Dies war notwendig, da sich die Datenmenge in der Tiefe als sehr gering herausstellte. Meist zeigen Bohrungen nur eine Mindestmächtigkeit der tieferen Einheiten, da diese nicht vollständig durchteuft wurden. Im Bereich der Hanau-Seligenstädter-Senke ist oft nicht zu klären, wie viel Material beispielsweise durch die erosiven Prozesse des Mains bereits abgeführt wurde. Darüber hinaus erstellte die Autorin anhand dieser Bohrungen generalisierte Streichlinienpläne, die den tieferen Untergrund konzeptionell (in geringer Auflösung) abbilden.

In der Modellierung wurde für die Bildungen des Zechsteins eine flächige Verbreitung angenommen.

Zusätzlich war es in einigen Gebieten notwendig kurze Profilschnitte zu erstellen. Die Schichtuntergrenzen aus den Schnitten wurden den zu modellierenden geologischen Grenzflächen zugewiesen. Die Anbindung der Unterkanten im Modell an die Geländeoberfläche, die durch ein digitales Geländemodell (DGM) abgebildet wird, erfolgte über Schichtausbisse aus der digitalen geologischen Karte.

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. Die Modellierung mit diesen Informationen erfolgte im Blattgebiet, welches 4 km² größer als das Aussagegebiet ist.

4.1 Bohrungen

4.1.1 Bodeninformationssystem Bayern (BIS)

Ausgangsdaten für die Modellierung sind vor allem die Bohrungen aus dem Bodeninformationssystem Bayern (BIS). Die im Gebiet befindlichen 1.035 Bohrungen (Stand: 03/2017) wurden zunächst gefiltert (Anhang 3, Abb. 2). Anschließend erfolgte eine iterative und stufenweise Qualitätsprüfung, um bei Inkonsistenzen die Daten zur erneuten Prüfung an die geologische Landesaufnahme zu übergeben. Letztendlich fanden 807 Bohrungen in der Modellierung Verwendung.

Tab. 3: Übersicht der Eingangsdaten je Modelleinheit.

Modelleinheiten	Aussisslinien	Erosionspolygone / tatsächliche Verbreitung	Profilinien	Bohrungen	Streichlinienpläne	Seismik	Bohrlochgeophysik
qh	ja	ja	nein	127 Bohrungen mit Marker „qh“	Quartärbasis (Ref. 94 LfU) An Grenze zu Hessen Quartärbasisplan WÄCHTER (2016)	nein	nein
qp	ja	ja	nein	1.085 Bohrungen erreichten „qp“	Quartärbasis (Ref. 94 LfU) (Abb. 5)	nein	nein
t	nein	ja	17	773 Bohrungen erreichten „t“	Basispläne Oligozän und Pliozän aus LANG (2007) und konzeptioneller Streichlinienplan anhand verlängerter Bohrungen	nein	nein
s	nein	ja	32	98 Bohrungen erreichten „s“; bei 77 verlängerten Bohrungen wurde ein Unterkantenmarker „s“ angefügt	Verlängerter Streichlinienplan von Blatt 6120 Obernburg a. Main (SCHWARZMEIER), konzeptioneller Streichlinienplan anhand verlängerter Bohrungen	nein	nein
r_z	nein	ja	44	54 Bohrungen erreichten „r_z“; bei 88 verlängerten Bohrungen wurde ein Unterkantenmarker „r_z“ angefügt	Konzeptioneller Streichlinienplan anhand verlängerter Bohrungen	nein	nein
GG	nein	ja	nein	230 Bohrungen erreichten „GG“; bei 89 verlängerten Bohrungen wurde ein Marker „GG“ angefügt	nein	nein	nein

Die Stammdaten von allen Bohrungen sind dabei unter folgender Adresse frei zugänglich (http://www.umweltatlas.bayern.de/mapapps/resources/apps/lfu_geologie_ftz/index.html?lang=de&stateId=02dad1a4-9995-4b4a-9ad1-a499953b4acb).

Das Modell wird vorrangig durch verhältnismäßig wenig direkte Tiefenbeobachtungen aufgebaut. Die Anzahl von Bohrungen mit großer Teufe ist ein Maß für die Aussagekraft des Modells. Die Endteufen reichen von 1,1 m bis 836 m unter Gelände. Der Blick auf Tabelle 4 zeigt, dass die meisten Bohrungen zwischen 0 und 20 m tief sind. 182 Bohrungen sind tiefer als 50 m und 114 tiefer als 100 m.

Die fachliche Qualität der Interpretation kann bewertet werden und spiegelt sich in den verschiedenen Qualitätsstufen (QS1–6) für die stratigrafische Bohrungsinterpretation wieder. Im Modell wurden die Stufen 1–5 verwendet. (Tab. 4).

Tab. 4: Tabelle der Qualitätsstufen in Relation zur Bohrtiefe.

Teufe [m]	Anzahl Bohrungen mit Stratigraphie	QS 1 (Referenz-schichtprofil)	QS 2 (verwendbar)	QS 3 (eingeschränkt verwendbar)	QS 4 (nicht überprüft)	QS 5 (ohne Angaben)	QS 6 (nicht verwendbar)
0–20,0	533	0	160	21	34	318	0
20,1–40,0	113	0	47	0	4	62	0
40,1–60,0	33	0	12	2	7	12	0
60,1–80,0	31	0	1	4	15	11	0
80,1–100,0	24	0	2	8	13	1	0
≥100	17	0	1	3	9	4	0

4.1.2 Externe Bohrdaten

Neben Bohrungen aus dem BIS wurden auch 340 Bohrungen des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie verwendet.

Alle externen Bohrdaten wurden – wo möglich – den gleichen Plausibilitätsprüfungen unterzogen, so dass eine Konsistenz zwischen Bohrungen, geologischen Karten, Profilschnitten, Streichlinienkarten und 3D-Modell erreicht wird.

WÄCHTER (2016) wertete in seiner Arbeit Bohrungen aus der bayerischen und der hessischen Datenbank aus und erstellte Duplikatslisten. Diese Informationen konnten für das vorliegende Modell genutzt werden.

Da die Anzahl der Bohrungen mit zunehmender Tiefe stark abnimmt, wurden einige Bohrungen verlängert und mit Schichtinformationen versehen (Anhang 3). Die Mächtigkeitswerte der einzelnen geologischen Einheiten entstammen den Erläuterungen zu den geologischen Karten.

4.2 Geologische Karte

4.2.1 Geologische Ausbisse

In das 3D-Modell wurden die Ausbisse und Erosionspolygone der Gesteinseinheiten der geologischen Karten 1:25 000 Blatt 5920 Alzenau i. Ufr. und 6020 Aschaffenburg eingebunden. Diese liegen im Qualitätsstand 2 der Landesaufnahme vor und beinhalten die Überführung in ein einheitliches, qualitätsgeprüftes Datenmodell mit der Blattrandanpassung zu den Nachbarblättern.

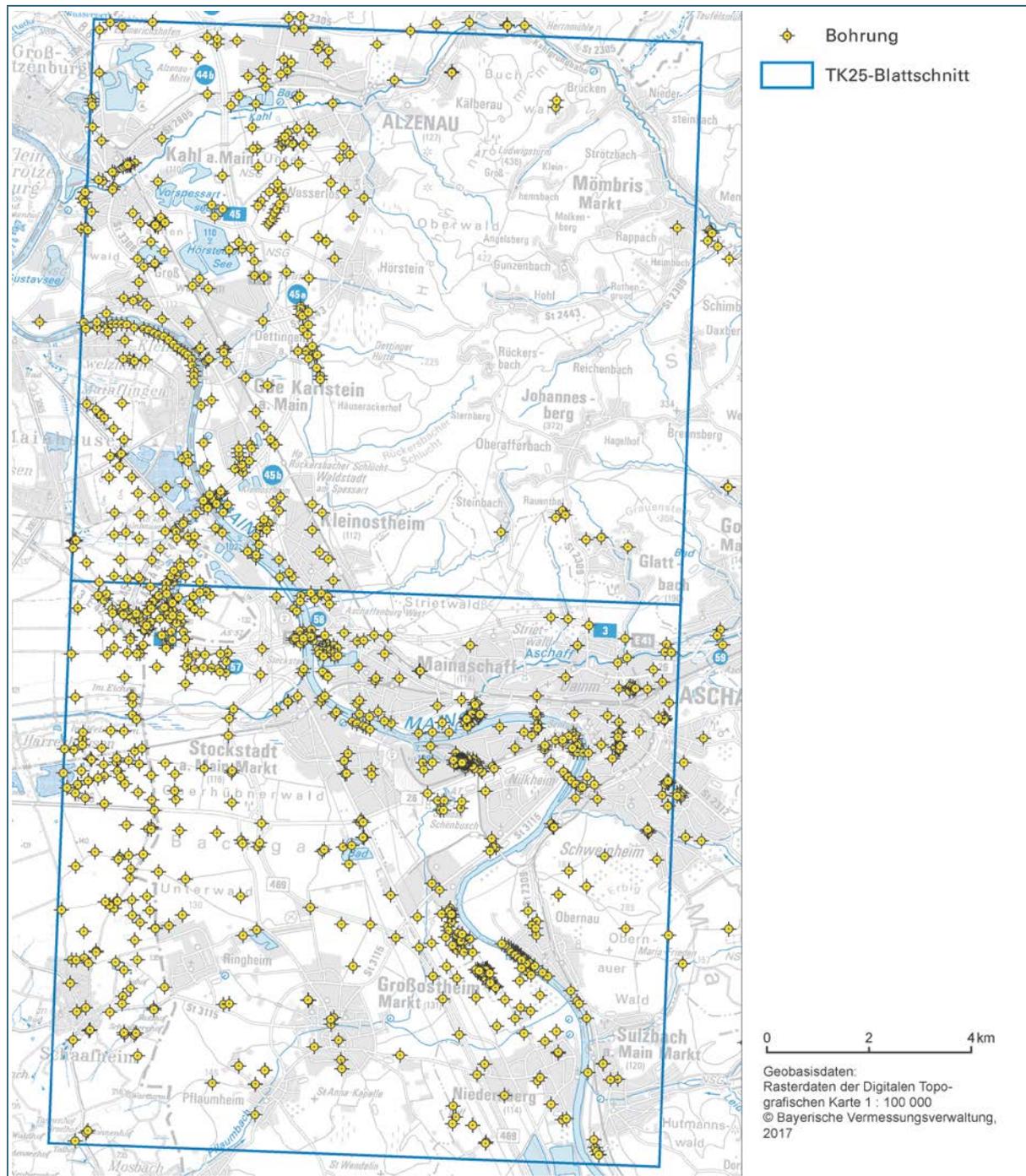


Abb. 2: Lage der verwendeten Bohrungen im Modellgebiet.

Nicht berücksichtigt sind dabei der Abgleich mit dem DGM für oberflächennahe Schichten – wie etwa Bachablagerungen – und die fachliche, geologische Überarbeitung im Gelände.

4.2.2 Strukturlinien

Die Geometrien der modellierten Störungen wurden aus den tektonischen Linien der digitalen GK25 (teil)automatisiert generiert (Abb. 3 und Abb. 4). Der vertikale Verlauf setzt sich hierbei linear zum Oberflächenausbiss mit konstantem Einfallen fort.

Viele Elemente wurden abweichend von der geologischen Karte in ihrem Lauf verändert oder anhand von Bohrungen neu konstruiert. Es handelt sich bei Letzteren um Strukturen, die von quartären Bildungen überlagert werden. Als Störungsindikator wurden Versatzbeträge von Schichtmarkern >20 m angenommen. Außerdem sind Störungen des tiefen Untergrundes aus der Arbeit von LANG (2007) entnommen. Wo keine besseren Erkenntnisse vorlagen, wurde ein Standard-Einfallen von 90° angesetzt (Anhang 3).

4.3 Geländemodell

Sämtliche Daten wurden mit dem Geländemodell DGM 5 (5-m-Gitter) der Bayerischen Landesvermessungsverwaltung abgeglichen, welches auch bei der Abbildung der Geländeoberfläche Verwendung fand.

4.4 Streichlinienpläne

Für die Quartärbasis wurden Isolinien von WÄCHTER (2016) und ein Entwurf des LfU (Referat 94 – Stand 2011) (Abb. 5) verwendet. Für die Unterkante der tertiären Gesteine kamen die Tiefenlinienpläne von LANG (2007) zum Einsatz (Abb. 6). Im südlich angrenzenden Blattgebiet liegen Streichlinienpläne des Buntsandsteins von SCHWARZMEIER (o. J.) vor. Diese wurden für die sich aus diesem Blatt fortsetzenden Störungsblöcke bis ins Arbeitsgebiet verlängert.

4.5 Profilschnitte

Zur Stabilisierung des Modells war es nötig, in ausgewählten Gebieten anhand vorhandener Bohrungen selbst erstellte Profilschnitte einzufügen. Abb. 7 zeigt die Profillinien.

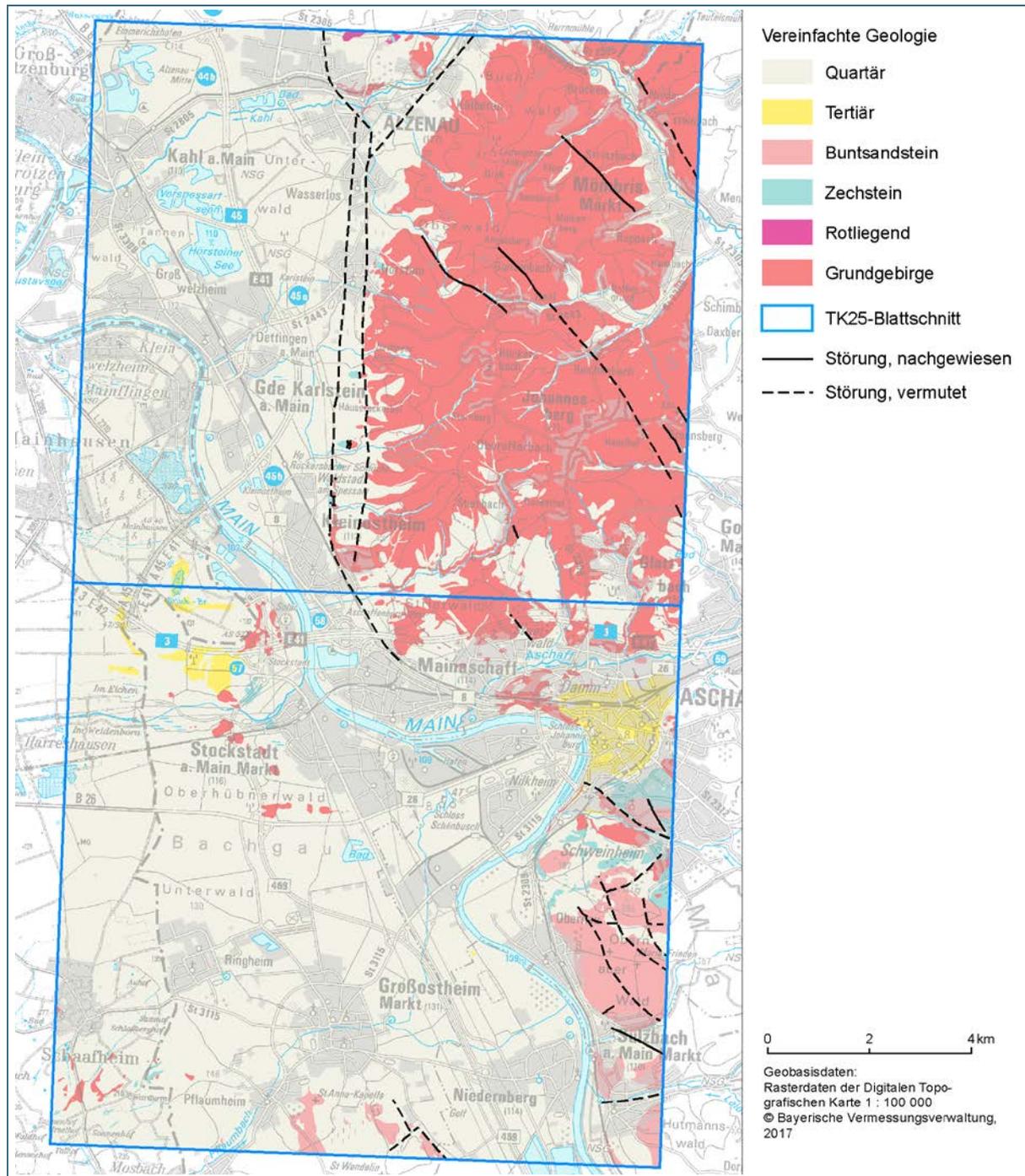


Abb. 3: Lage aller Störungen aus der dGK25 mit vereinfachter dGK25 im Hintergrund.

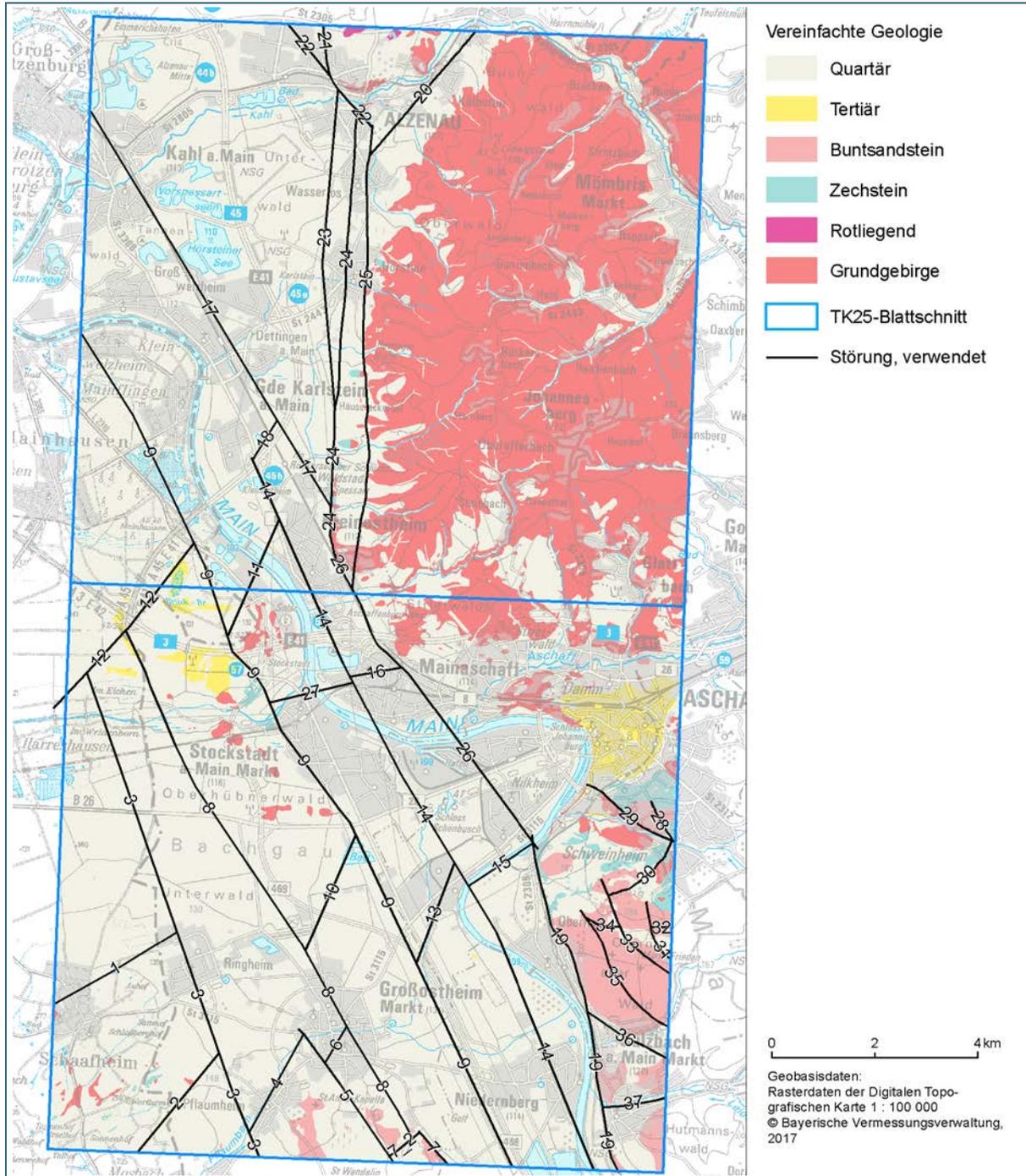


Abb. 4: Lage aller modellierten Störungen (Anhang 3) mit vereinfachter dGK25 im Hintergrund.

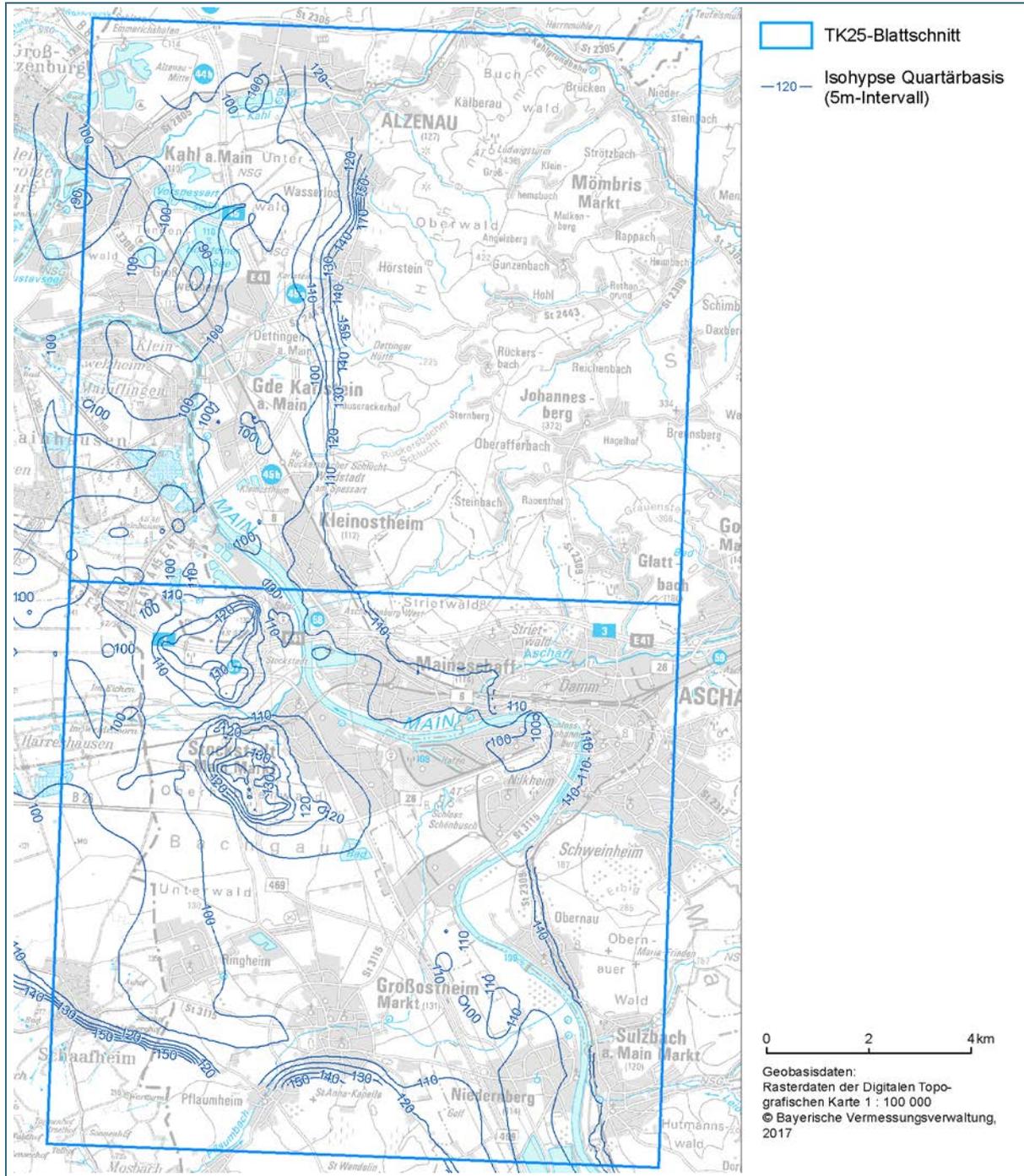


Abb. 5: Datengrundlage Isolinienplan Quartärbasis – LfU (unpubl).

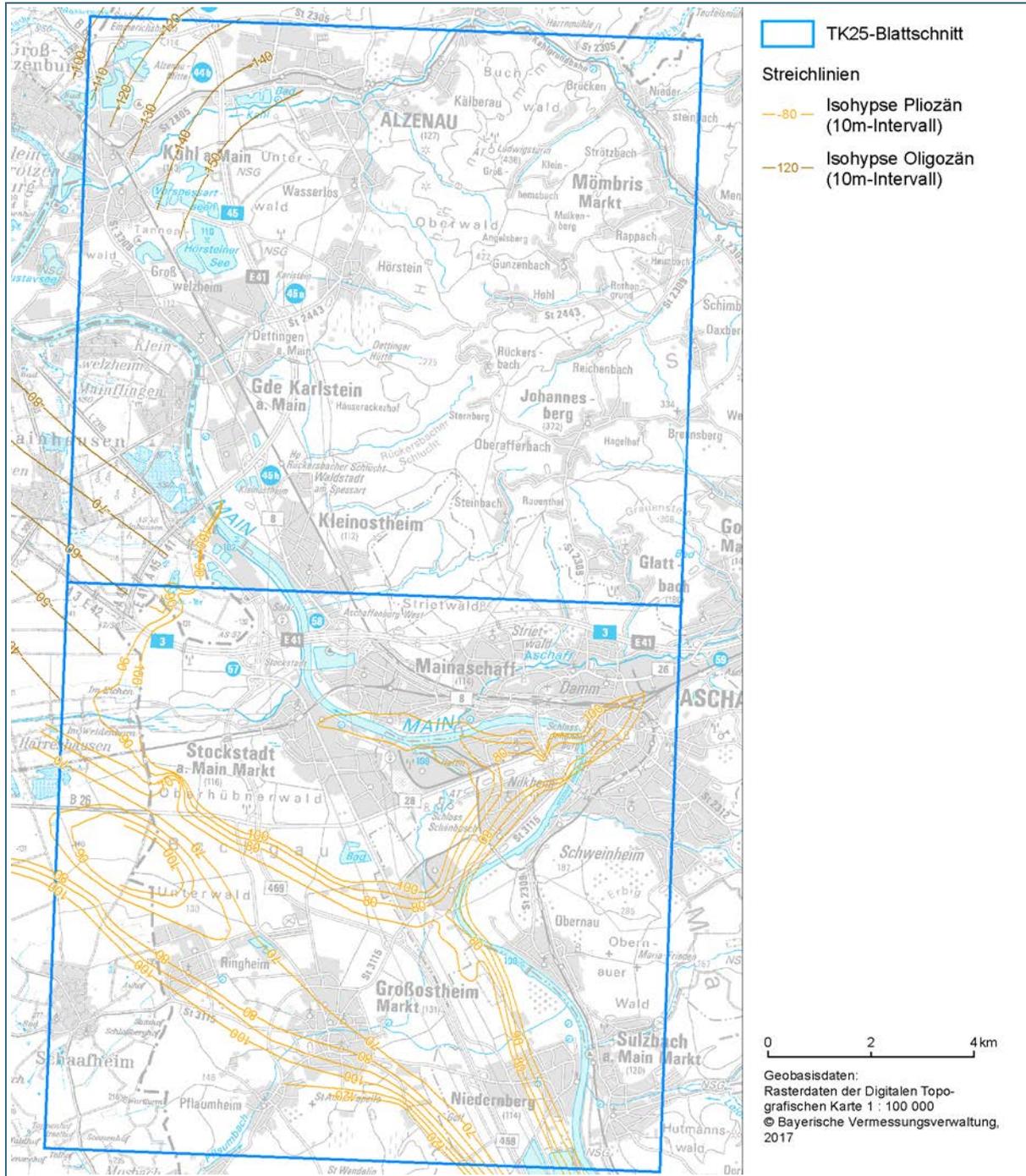


Abb. 6: Datengrundlage Isolinienplan Tertiärbasis LANG (2007), gelb = Pliozän, braun = Oligozän.

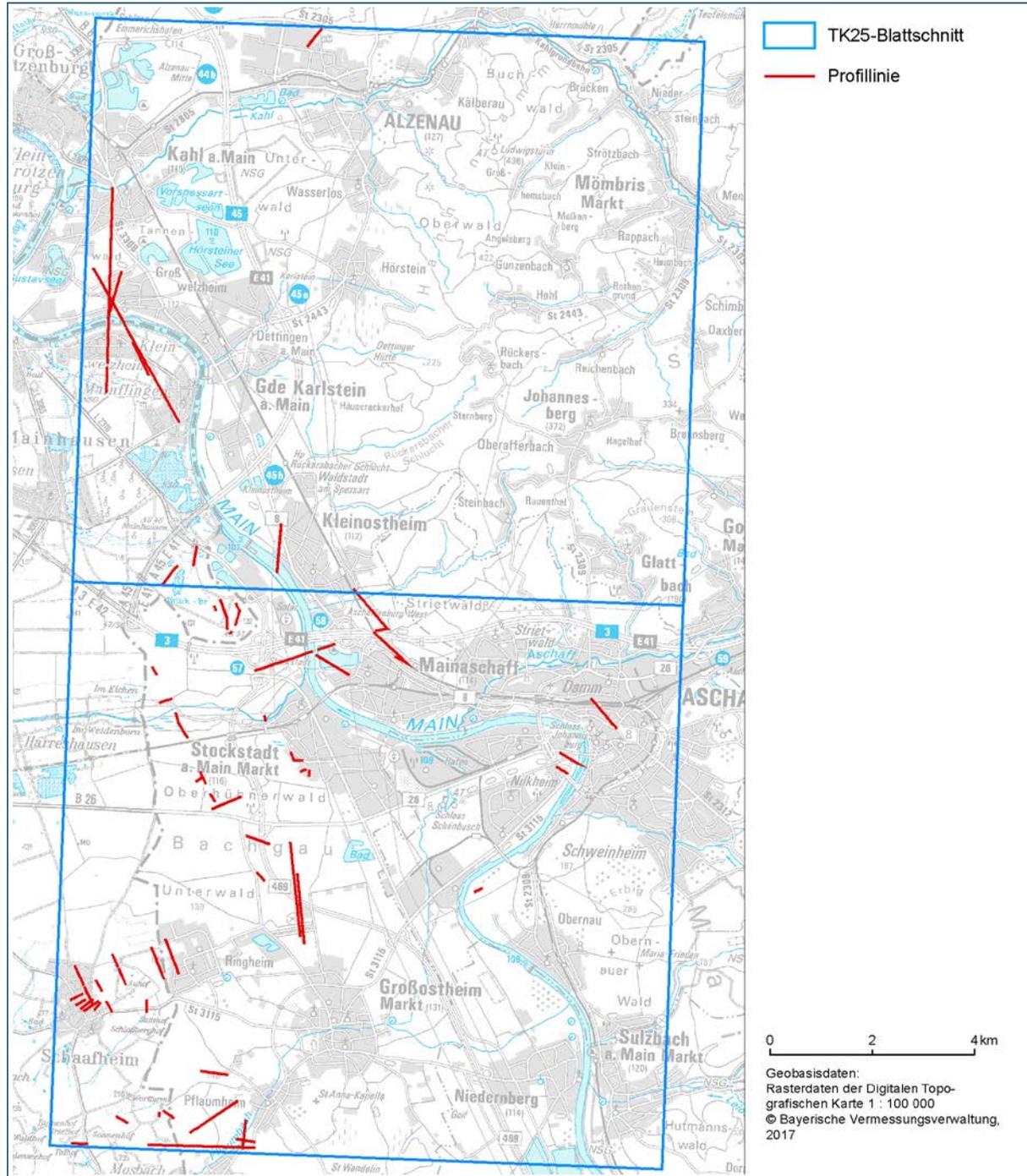


Abb. 7: Profilverläufe mit Blattgrenze.

5 Modellergebnisse

Im Folgenden werden die Modellergebnisse dargestellt. Es wird jeweils auf Lagerung, Mächtigkeiten der Einheiten und weitere tektonische und geologische Besonderheiten eingegangen. Die Mächtigkeits- und Streichlinienkarten der modellierten Volumenkörper, auf denen die Aussagen basieren, können in Anhang 3 nachgeschlagen werden.

Bislang gibt es zur Ermittlung der Güte eines Modells noch kein etabliertes und fachlich akzeptiertes Verfahren. Daher wird die Qualität und Menge der Eingangsdaten beschrieben. Im Anhang 3 finden sich Karten zur Datendichte je Einheit. Des Weiteren wird eine Bewertung der Genauigkeit der Modellierung anhand der Abweichung von den Ausgangsdaten abgeben.

5.1 Holozän (qh)

Tab. 5: Auswertung des Modellergebnisses für die Einheit qh.

Parameter	Auswertung
Verbreitung	Die Einheit ist hauptsächlich in den Talgebieten des Mains und der Aschaff verbreitet.
Tektonik	Die holozänen Einheiten sind von tektonischen Prozessen nicht nachweisbar beeinflusst.
Lagerung	Sie lagern söhlig. Der Main bedingt ein geringes Gefälle der Quartärbasisfläche nach NW.
Mächtigkeit	Die Mächtigkeit erreicht im Maximum 25 m und liegt meist zwischen 0,1 und 10 m.
Wertung	Die Datenlage für die quartären Einheiten ist als „sehr gut“ einzustufen. Es stehen u.a. qualitativ hochwertige Quartärbasispläne zur Verfügung. Diese bilden die Unterkante der Schichten flächendeckend ab. Lediglich im N des Arbeitsgebietes N' Alzenau i. Ufr. und im Bereich der Seitentäler des Mains ist die Datendichte niedrig. Zusammenfassend erweisen sich die quartären Gesteine (qh, qp) somit aber als „sehr gut“ modellierbar. Die Ergebnisse erscheinen plausibel und bilden die sehr gute Datenbasis sinnvoll ab.

5.2 Pleistozän (qp)

Tab. 6: Auswertung des Modellergebnisses für die Einheit qp.

Parameter	Auswertung
Verbreitung	Die pleistozänen fluviatilen Sedimente erstrecken sich auf 54 % des Arbeitsgebietes, vorwiegend von SE nach NW.
Tektonik	An den Strukturlinien ist kein Versatz erkennbar.
Lagerung	Die Gesteine liegen söhlig.
Mächtigkeit	Die Mächtigkeit erreicht flächig Werte von 0 bis 20 m. Ein Sonderfall ist der SW des Arbeitsgebiets. Hier werden bis zu 61 m beobachtet.
Wertung	Die Datenlage für die quartären Einheiten ist als „sehr gut“ einzustufen. Es stehen u.a. qualitativ hochwertige Quartärbasispläne zur Verfügung. Diese bilden die Unterkante der Schichten flächendeckend ab. Lediglich im N des Arbeitsgebietes N' Alzenau i. Ufr. und im Bereich der Seitentäler des Mains ist die Datendichte niedrig. Zusammenfassend erweisen sich qh und qp somit aber als „sehr gut“ modellierbar. Im Durchschnitt entsprechen die modellierten Mächtigkeiten damit den Angaben in den Erläuterungen zur geologischen Karte von bis zu 20 m.

5.3 Tertiär (t)

Tab. 7: Auswertung des Modellergebnisses für die Einheit t.

Parameter	Auswertung
Verbreitung	Die Gesteine des Tertiär findet man auf 56 % des Gebiets, vor allem im SE und NW.
Tektonik	Die tertiäre Abfolge wurde tektonisch in mehrere Schollen zerlegt.
Lagerung	Der Abfall hin zum Großwallstadt-Obernburger Graben im S ist zu erkennen. Die Gesteine sind im NW hin zum Oberrheingraben klar von den weiter S` gelegenen Bildungen abgesetzt und fallen nach NW ein.
Mächtigkeit	Es ergeben sich auch deutliche Unterschiede in den Mächtigkeiten. Sie reichen von wenigen 10er Metern bis über 300 m.
Wertung	Für die tertiären Bildungen ist die Datenlage als „gut“ zu bewerten, allerdings zeigt das Bild der Datendichte (Anhang 3) eine heterogene Verteilung und auch größere Flächen ohne Informationen. Die Unterkante des Tertär kann mit den vorliegenden Eingangsdaten „gut“ abgebildet werden. In den Erläuterungstexten zur geologischen Karte wird das Tertiär mit maximal 70 m Mächtigkeit beschrieben. Die Arbeit von LANG (2007) legt allerdings gerade im Bereich der Hanau-Seligenstädter-Senke größere Mächtigkeiten von über 300 m nahe. Für große Teile der Tertiärbasis sind Daten zur Modellerstellung vorhanden, in den Gebieten mit geringer Datendichte ist von einer verminderten Genauigkeit auszugehen.
Bemerkung	Für einen Störungsblock am S` Ende des Spessartrandbruch wurde ein konzeptioneller Streichlinienplan mit der Höhe 100 m NN verwendet.

5.4 Buntsandstein (s)

Tab. 8: Auswertung des Modellergebnisses für die Einheit s.

Parameter	Auswertung
Verbreitung	Der Buntsandstein ist auf 57 % des Gebiets, vor allem im SE und NW, verbreitet.
Tektonik	Ebenso wie die tertiären Bildungen wurde der Buntsandstein in die tektonischen Prozesse miteinbezogen.
Lagerung	Neben einem Abfall der Einheiten nach NW wird der Einfluss des Großwallstadt-Obernburger Grabens deutlich.
Mächtigkeit	Die Mächtigkeiten sind sehr unterschiedlich. Während in einigen Störungsblöcken große Teile der Gesteine durch tektonische Hebung in der Vergangenheit erodiert wurden, liegen in anderen Gebieten mächtige Buntsandsteinlager von mehr als 190 m vor.
Wertung	Die Informationen über die Tiefenlage der Grenze zwischen Buntsandstein und Perm sind deutlich geringer als die der überlagernden Schichten. Am S` Rand konnten einige Streichlinienpläne aus den Nachbarblättern für einzelne Störungsblöcke übernommen werden. Durch die Verlängerung von Bohrungen und die Konstruktion von Isolinenplänen ergibt sich eine gleichmäßige Datenverteilung, die in einigen Bereichen Lücken aufweist. So wird die Modellierbarkeit der Schicht mit „befriedigend“ bewertet.
Bemerkung	Es liegen wenige Bohrungen vor, die diese Einheit durchteufen. Daher musste auf die Verlängerung von Bohrungen zurückgegriffen werden. Aus diesen wurden konzeptionelle Streichlinienpläne für einzelne Störungsblöcke abgeleitet.

5.5 Rotliegend und Zechstein (r_z)

Tab. 9: Auswertung des Modellergebnisses für die Einheit r_z.

Parameter	Auswertung
Verbreitung	Die permische Abfolge gliedert sich zum einen in die Bildungen des Rotliegend, die nur kleinräumig und vorwiegend im N des Arbeitsgebietes auftreten und in die Gesteine des Zechstein. Sie ist auf 63 % des Arbeitsgebietes verbreitet.
Tektonik	Beide Einheiten sind entlang der Störungen gegen weitere geologische Schichtglieder versetzt.
Lagerung	Deutlich ist der Abfall der Schichten nach NW zu erkennen sowie der Absatz des Großwallstadt-Obernburger Grabens.
Mächtigkeit	Die Mächtigkeiten variieren stark. Es wurden Schichtlager von über 120 m errechnet.
Wertung	Durch das sehr heterogene und spärliche Vorhandensein von Eingangsdaten für permische Bildungen mit Ausnahme weniger Bohrungen, die die Einheiten aber meist nicht durchteuften, wird die primäre Modellierbarkeit der Schichtfolge als „schlecht“ eingestuft. Um eine Idee der Lagerungsverhältnisse zu erhalten wurden ähnlich wie beim Buntsandstein Isolinienpläne erstellt. Damit war die Datendichte für eine Modellierung ausreichend.
Bemerkung	Für diese Modelleinheit liegen kaum Bohrungen vor. Daher wurde auf die Verlängerung von Bohrungen zurückgegriffen. Aus diesen wurden wiederum schematische Isolinienpläne für einzelne Störungsblöcke abgeleitet.

5.6 Grundgebirge

Tab. 10: Auswertung des Modellergebnisses für die Einheit GG.

Parameter	Auswertung
Verbreitung	Die kristallinen Gesteine sind im SW sowie NE an der Erdoberfläche aufgeschlossen. Erosive und tektonische Prozesse formten deren Oberfläche. Die Einheit ist im gesamten Arbeitsgebiet vorhanden.
Tektonik	Das Grundgebirge wird entlang von Strukturlinien gegen weitere geologische Einheiten versetzt.
Lagerung	Die Gesteine sinken entlang von Verwerfungen in den Untergrund ab.
Mächtigkeit	-
Wertung	Die Fläche hat eine wechselnde Genauigkeit, da sie sich aus den Informationen des DGMs, aber auch aus den Unterkanten der jüngeren Einheiten (mit bereits dargestellter Datengrundlage) zusammensetzt.

Über die Güte der Modellerstellung selbst geben die sogenannten „mismatch“-Werte Auskunft, welche für die verschiedenen Eingangsdaten in Tabelle 11 dargestellt sind. Dabei werden die Abweichungen zwischen tatsächlichem (Eingangsdaten) und errechnetem Wert (modellierter Fläche) bestimmt. Grundsätzlich orientiert sich SKUA an den Eingangsdaten. Die durchschnittliche Abweichung gemittelt über die einzelnen Schichten (Tab. 12) ergeben Werte von unter 1 m bis zu 4 m.

Größere Schwankungen treten meist entlang von Störungen auf. Dabei ragen einige Eingangsdatenpunkte des einen Störungsblocks in den Bereich des anderen und erzeugen eine Abweichung. Bei der Modellierung der Schichtgrenzen werden diese Punkte nicht miteinbezogen, da sie durch einen Puffer rund um Strukturlinien gefiltert werden. Dieser Puffer wird jedoch bei der Berechnung der Abweichungen nicht berücksichtigt. Darüber hinaus sind größere Schwankungen an den Modellrändern zu verzeichnen.

Tab. 11: Abweichung der Höhe der Knotenpunkte der Eingangsdaten von der modellierten Schichthöhe

Eingangsdatum	Anzahl Datenpunkte	25 % Perzentil [m]	75 % Perzentil [m]	Mittelwert Abweichung [m]	Bemerkung
Ausbisslinie qh (co_1_qh_uk)	2323	-0,4	0,5	-0,1	-
Streichlinienkarte qh (sk_1_qh_uk)	9172	-4,1	0,1	-2,2	Abweichung vor allem an den Rändern zum Ausbiss hin
Ausbisslinie qp (co_2_qp_uk)	18955	-1,9	0,3	-0,8	Abweichung vor allem am Spessartrandbruch
Streichlinienkarte qp Grenze zwischen Bayern und Hessen (sk_2_qp_BY_HE)	6347	0,0	0,0	0,1	Extremwerte Ausreißer am S-Rand der Einheit
Streichlinienkarte qp (sk_2_qp__uk)	69394	0,0	0,1	-0,4	Abweichung vor allem an den Rändern
Profilschnitte t (cs_3_t_uk)	706	-0,4	0,2	-7,0	Abweichung im S an Störungen groß, wird bei Rechnung nicht berücksichtigt, da innerhalb 150 m Radius um Störung
Streichlinienkarte konstruiert t (sk_3_t_konstruiert)	287	0,0	0,0	0,0	sehr exakt
Streichlinienkarte Oligozän (sk_3_t_uk_oli)	1138	-0,1	0,0	-0,1	viele Objekte außerhalb Modellgebiet, nur ein Punkt im S am Rand extremes Minimum
Streichlinienkarte Pliozän (sk_3_t_uk_pl)	9305	-0,5	0,1	-4,6	Abweichung am S' Rand
Profilschnitte s (cs_4_s_u)	383	-0,2	0,4	2,3	randliche Diskrepanzen
Streichlinienkarte s (sk_4_s_uk)	437	0,0	0,0	0,6	Richtung Störung größere Abweichungen, nicht in Berechnung einbezogen
Streichlinienkarte konstruiert s (sk_4_s_konstruiert_uk)	8395	-0,1	0,0	0,2	Richtung Störung größere Abweichungen, nicht in Berechnung einbezogen
Streichlinienkarte konstruiert r_z (sk_5_r_z_konstruiert_uk)	10195	0,0	0,2	0,2	Richtung Störung größere Abweichungen, nicht in Berechnung einbezogen
Profilschnitte r_z (cs_5_r_z_uk)	848	-1,0	1,3	0,7	Richtung Störung größere Abweichungen, nicht in Berechnung einbezogen

Tab. 12: Abweichung der Eingangs- von den Modelldaten gemittelt über die Modelliereinheiten

Modelliereinheit	Durchschnittliche Abweichung [m]
Unterkante Holozän (qh)	-1,74
Unterkante Pleistozän (qp)	-0,45
Unterkante Tertiär (t)	-4,16
Unterkante Buntsandstein (s)	0,28
Unterkante Perm (r_z)	0,22

6 Fazit

Die Erstellung eines 3D-Modells für diese Region stellt aufgrund der sehr heterogenen Ausgangsdaten und geringen Primärdatendichte in größeren Teufen eine Herausforderung dar. Die Gesamtdauer der Modellierung betrug acht Monate. Dabei nahm die Datenaufbereitung kumuliert drei Monate in Anspruch. Die Entwicklung des Störungsnetzes erwies sich als sehr zeitaufwändig. Große Teile des Arbeitsgebietes sind von quartären Einheiten bedeckt, weswegen Störungen anhand von Bohrungen ermittelt werden mussten.

Um die Verschleppung einzelner Schichten am Spessarttrandbruch und in einigen Abschnitten deren tektonische Kappung in SKUA abbilden zu können, wurde ein eigener Lösungsansatz entwickelt, da die Software diese geologische Situation primär im Algorithmus nicht vorsieht. Dazu wurde eine Kombination von Erosions- und Verbreitungslinien sowie eine Erweiterung des Ablagerungsbereichs auf die Hochscholle gewählt. Damit konnte die Darstellung der geologischen Verhältnisse im Volumen erzielt werden.

Aufgrund der geringen Datendichte im tiefen Untergrund verlängerten sich mit zunehmender Detaillierung der Auflösung auch die Rechenzeiten.

In Bereichen mit Horst-Strukturen neigt SKUA dazu, auch das Deckgebirge an den Rändern des jeweiligen Störungsblocks in größere Tiefen abzusenken. Um dem entgegenzuwirken wurden zusätzlich kurze Profile integriert.

Oberflächennah bildet das vorliegende Ergebnis die Situation der geologischen Karte und der Tiefendaten konsistent ab. Für die Gesteine des Tertiär und der älteren Einheiten sind die Aussagen über Schichtlagerung und Mächtigkeit mit Unsicherheiten behaftet.

7 Ausblick

Das vorliegende Modell beruht auf den gegebenen und konstruierten Ausgangsdaten. Dadurch kann es zu Fehlern und Artefakten kommen. Eine Qualitätssteigerung durch Neuberechnung des Modells wäre möglich, wenn neue Bohrungen, Profilschnitte und digitale geologische Karte konsistent zur Verfügung stehen.

8 Literatur

- [1] GEYER, G. (2002): Geologie von Unterfranken und angrenzenden Regionen. – 588 S., Gotha (Klett-Perthes).
- [2] LANG, S. (2007): Die geologische Entwicklung der Hanau-Seligenstädter Senke (Hessen, Bayern). – Dissertation, Fachbereich 11 Material- und Geowissenschaften, Technischen Universität Darmstadt, 97 S., Darmstadt.
- [3] OKRUSCH, M., STREIT, R. & WEINELT, W. (Hrsg.) (1967): Erläuterung zur Geologischen Karte 1:25.000 Blatt Nr. 5920 Alzenau i. Ufr. – 336 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- [4] SCHWARZMEIER, J. (unpubl.): Erläuterung zur Geologischen Karte 1:25.000 Blatt Nr. 6120 Obernburg a. Main (bayer. Teil). – unveröff. Manuskript, o. S., Augsburg (Bayer. L.-Amt f. Umwelt).
- [5] STREIT, R. & WEINELT, W. (1971): Erläuterung zur Geologischen Karte 1:25.000 Blatt Nr. 6020 Aschaffenburg. – 398 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt).
- [6] WÄCHTER, J. (2016): Synthetisierung von Bohrschichtinformationen zur bundesländerübergreifenden 3D-Modellierung der unkonsolidierten Sedimente im Oberrheingraben und in der Untermainebene. – unveröff. Masterarb., Institut für Angewandte Geowissenschaften, Technische Universität Darmstadt, 116 S., Darmstadt.
- [7] WÄCHTER, J., LEHNÉ, R., PREIN, A., HOSELMANN, C. & SCHÜTH, C. (2018): Zusammenführung von Bohrschichtinformationen zur bundesländerübergreifenden 3D-Modellierung im nördlichen Oberrheingraben. – Grundwasser, 23: 337-346, Berlin.

9 Datenbezug

Das 3D-Modell ist eine vereinfachte und vor allem zur Tiefe hin schematische Darstellung der realen geologischen Verhältnisse. Es basiert auf der Interpretation von verschiedenen Daten (Bohrungen, Schnitte, Karten etc.) unterschiedlichen Alters mit verschiedenen Qualitäts- und Detaillierungsgraden. Diese Eingangsdaten waren ursprünglich nicht aufeinander abgestimmt und unterlagen Generalisierungen. Wesentlich Einfluss auf die Modellentwicklung hat auch die fachliche Interpretation auf Basis der geologischen Regionalkompetenz der Autoren. Die Autoren haben mit erheblichen Aufwand versucht, die Informationen in dem 3D-Modell zu verifizieren und plausibilisieren. Trotzdem kann keine Gewährleistung gegeben werden, dass die Interpretation an einem bestimmten Punkt im Untergrund korrekt ist. Ebenso kann keine Haftung für jeglichen Verlust oder Schaden materieller oder immaterieller Art, welche aus dem Zugriff auf die Nutzung oder Nichtnutzung der veröffentlichten Informationen, durch Missbrauch oder technische Störungen entstehen, erfolgen.

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

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

Das 3D-Modell ist unter folgendem Link zugänglich:

<https://www.3dportal.lfu.bayern.de/webgui/gui2.php>

10 Anhang (siehe Extradokument)

Anhang 1: Eigenschaften der Modelleinheiten

Anhang 2: Ergebnisse der Modellierung

- Streichlinienkarten
- Mächtigkeitkarten

Anhang 3: Eingangsdaten



Eine Behörde im Geschäftsbereich
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz

