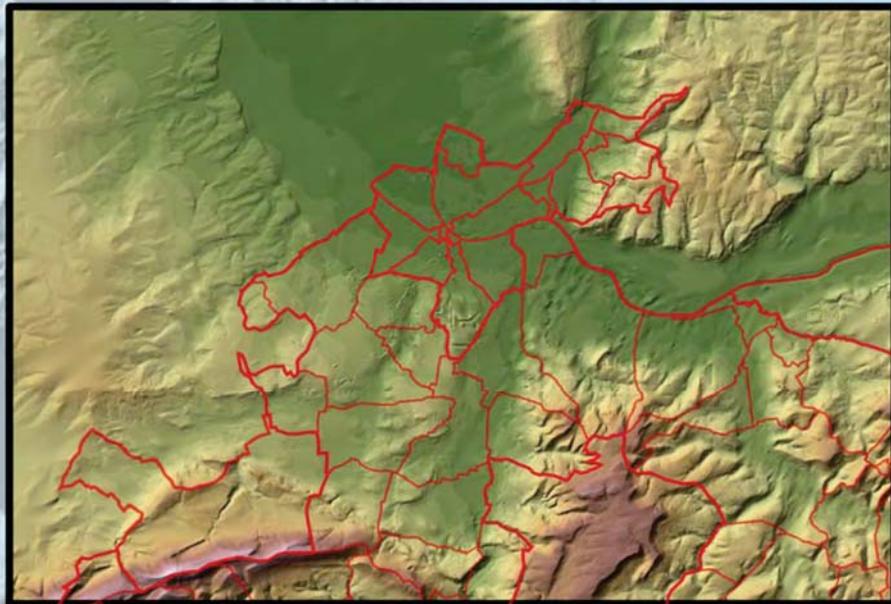




Anwendungsbeispiele von GeORG

Urbane Gebiete

Werkzeugkonzept
3D-Modell Region Basel





GeORG - Projekt



Ziele und Motivation



Werkzeug



Überblick geologisches 3D Modell



Überblick Basel-Stadt



Überblick Basel-Landschaft



Felsoberfläche



Erdwärmekarte



Tunnelplanung



Bruchsysteme



Grundwasser und Karst



Ziel des Projektes GeORG ist die Bereitstellung eines Werkzeugs, mit dem der dreidimensionale Aufbau des tieferen Untergrundes dargestellt und Fragen zur Nutzung der Geopotenziale beantwortet werden können.

Durch die Klimaschutzdiskussion und Bestrebungen nach einer nachhaltigen Nutzung von natürlichen Ressourcen sind auch die geologischen Nutzungsmöglichkeiten des Oberrheingrabens noch weiter in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Zu den Geopotenzialen des tieferen Oberrheingrabens gehören vor allem die tiefe Geothermie, die Untergrundspeicherung von CO² und Druckluft sowie tiefe Grundwasservorkommen zur Nutzung als Mineral- und Thermalwasser.

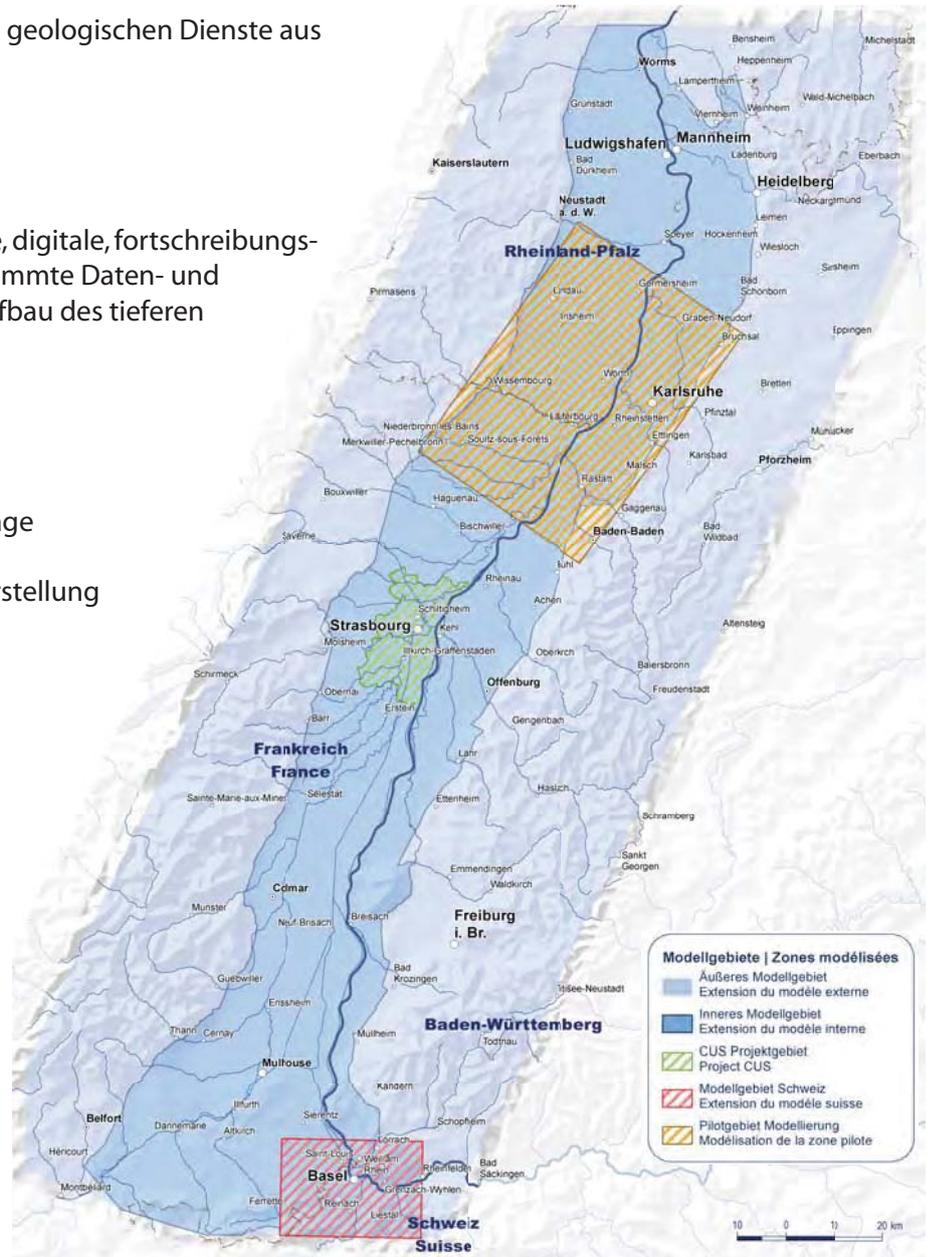
GeORG ohne Grenzen

GeORG ist ein Gemeinschaftsprojekt der geologischen Dienste aus Rheinland-Pfalz (LGB), Baden-Württemberg (RPF-LGRB), Frankreich (BRGM), sowie der Universität Basel.

Ziel des GeORG-Projekts ist eine aktuelle, digitale, fortschreibungsfähige und grenzüberschreitend abgestimmte Daten- und Wissensbasis über den geologischen Aufbau des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben und dessen Temperaturverteilung.

Dieses Werkzeug beruht auf der Grundlage

- eines geologischen 3D-Modells zur Darstellung des dreidimensionalen Aufbaus des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben, inkl. Bruchstrukturen, wichtigen geologischen Horizonten bis in sieben Kilometer Tiefe, sowie
- zwei 3D-Temperaturmodellen mit unterschiedlichen methodischen Ansätzen zur Darstellung der Temperaturverteilung im Untergrund und
- einer Datenbank mit hydrogeologischen und petrophysikalischen Parametern des Untergrundes.



Der Schweizer Beitrag zu GeORG ist das geologische 3D-Modell der Region Basel. Das 600 km² grosse Modell reicht bis in eine Tiefe von 6 km. Der Schwerpunkt des Schweizer Teilmodells liegt in der Bereitstellung von 3D Information des Untergrundes für Planungsprozesse von Grossprojekten im urbanen Raum. In dieser Funktion kam es während der Projektlaufzeit schon wiederholt zum Einsatz.



GeORG Ergebnisse und Zugang:

www.geopotenziale.eu

Die Internetseite bietet allgemeinen Projektinformationen und ermöglicht den Zugang zu den GeORG-Ergebnissen. Der vierteilige Fachlich-Technische Abschlussbericht kann hier heruntergeladen werden. Zusätzlich gibt es vielfältige Möglichkeiten zur Recherche der Ergebnisse.

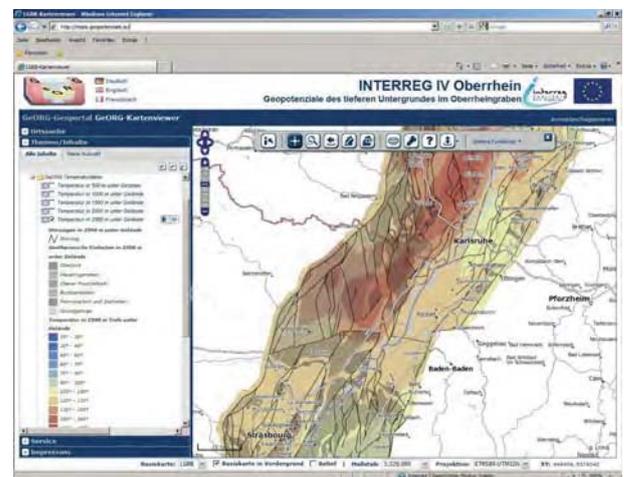
Projektseite

Sie bietet den Zugang zum Service und Download Bereich in Deutsch, Englisch und Französisch.



Kartenviewer-GeORG

Die interaktive Kartenanwendung dient zur Visualisierung der GeORG Ergebnisse in Form von Karten und Profilschnitten.



Printprodukte

Der erste Teil des Fachlich-Technische Abschlussberichts kann in gedruckter Form in französischer und deutscher Sprache bestellt werden. Er beinhaltet eine Zusammenfassung und Beschreibung der GeORG-Ergebnisse.



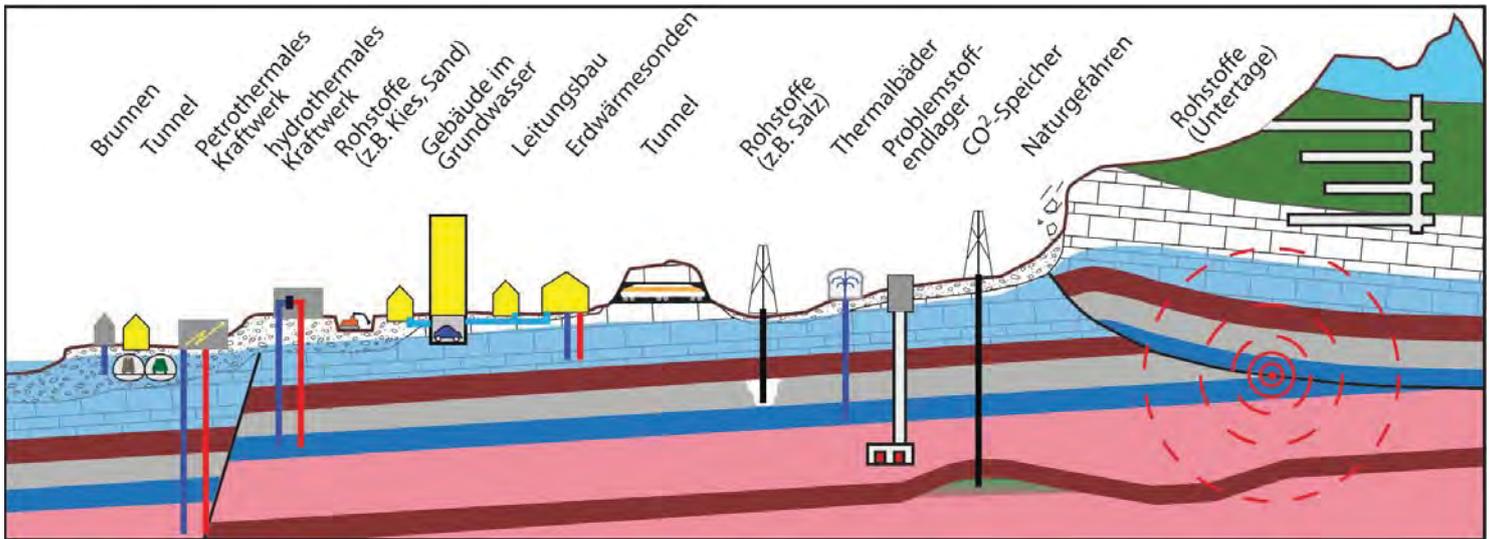
Projektpartner



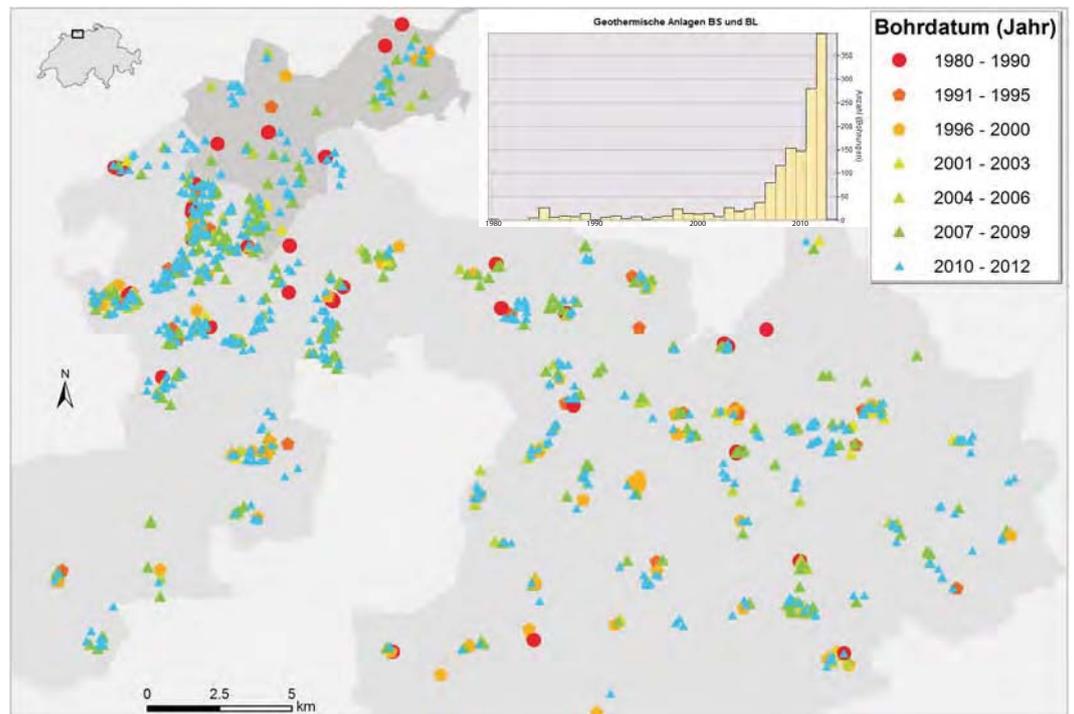
Bei vielen Bauvorhaben endet der Planungshorizont an der Erdoberfläche. Mangelnde Kenntnisse des geologischen Aufbaus, umweltrelevanter Prozesse oder Wechselwirkung von Wasser mit dem Untergrund führen gerade in urbanen Räumen zunehmend zu Gefährdungen und Interessenskonflikten. Räumliche geologische Modelle können als Werkzeug der Raumplanung helfen den 3D Bezug zwischen verschiedenen Nutzungen und Gefahren zu erkennen.

Bei der Raumplanung in die Tiefe gehen

In urbanen Gebieten wird der Raum an der Oberfläche immer knapper, weshalb Verkehrslinien und Gebäude vermehrt in den Untergrund verlegt werden. Neben der Nutzung des Grundwassers für industrielle Zwecke oder zur Trinkwassergewinnung gibt es seit einigen Jahren einen sprunghaften Anstieg bei der Installation von Erdwärmesonden.



Der verfügbare freie Raum im Untergrund ist beschränkt. Vermehrt konkurrieren sich verschiedene Nutzungen gegenseitig oder schliessen sich gar aus. Fehlende geologische oder hydrogeologische Kenntnisse des Untergrunds führen in manchen Fällen zu einer Unterschätzung von Gefährdungen. Beispiele aus der NW-Schweiz zeigen welches Ausmass solche Schadensfälle annehmen können:



Entwicklung der Erdwärmennutzung
Basel-Stadt und Basel-Landschaft



Chienbergtunnel (BL): Durch den Tunnelbau neu geschaffene Wasserwege führten zu einem Gesteinsquellen. Bei der Umwandlung von Anhydrit zu Gips vergrösserte sich in einzelnen Tunnelabschnitten das Felsvolumen um bis zu 60%, was zu den grossen Gebirgsdrücken führte (vgl. auch Staufen) und zu massiven Schäden an der Tunnelinfrastruktur führte.



Chienbergtunnel: Hebung der Tunnelsohle in Folge von Gipsquellen
(Foto: F. Chiaverio, Aegerter & Bosshardt AG)

Adlertunnel (BL): Das Lösen von Salzgesteinen in der nördlichen Tagbaustrecke des Adlertunnels durch eine Änderung der Wasserwegsamkeiten in 140m Tiefe führte zur Absenkung der Oberfläche.



Tagbaustrecke Adlertunnel: anhaltende Subsidenz in Folge von Salzlösung

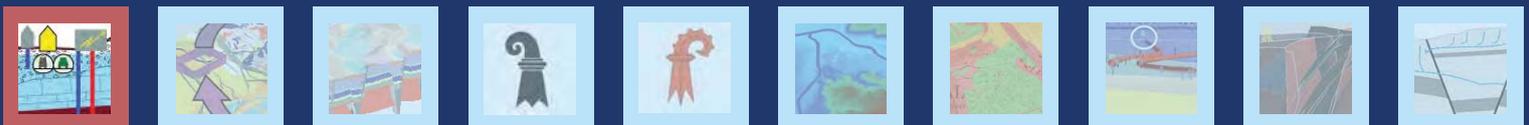
Sofern Schadensfälle wichtige Teile der Infrastruktur, wie z.B. Bahnlinien, Strassen oder Grundwasserversorgung betreffen, können die notwendigen Instandsetzungsarbeiten umfangreich, langwierig und sehr teuer sein.

Wenn wir die geologischen Besonderheiten im Untergrund kennen, indem wir sukzessive den 3D geologischen Aufbau als Werkzeug für die Planung und das Schaffen von Regeln zur Nutzung des Untergrundes begreifen, sind differenzierte und problemorientierte Lösungen möglich.



Wehr Rütihard: einseitige Senkung (im Bild links) in Folge von Gipskarst

Im Rahmen des „GeORG“ Projektes wurden Grundlagen geschaffen den 3D Untergrund räumlich zu betrachten. Das 3D Schichtenmodell bildet eine wichtige Basis bei der Charakterisierung der physikalischen Eigenschaften des Untergrundes. Der Schwerpunkt des Schweizer Teilmodells liegt neben der Entwicklung des 3D Geologie Werkzeuges, auch in der Bereitstellung von 3D Information des Untergrundes für Planungsprozesse von Grossprojekten im urbanen Raum.

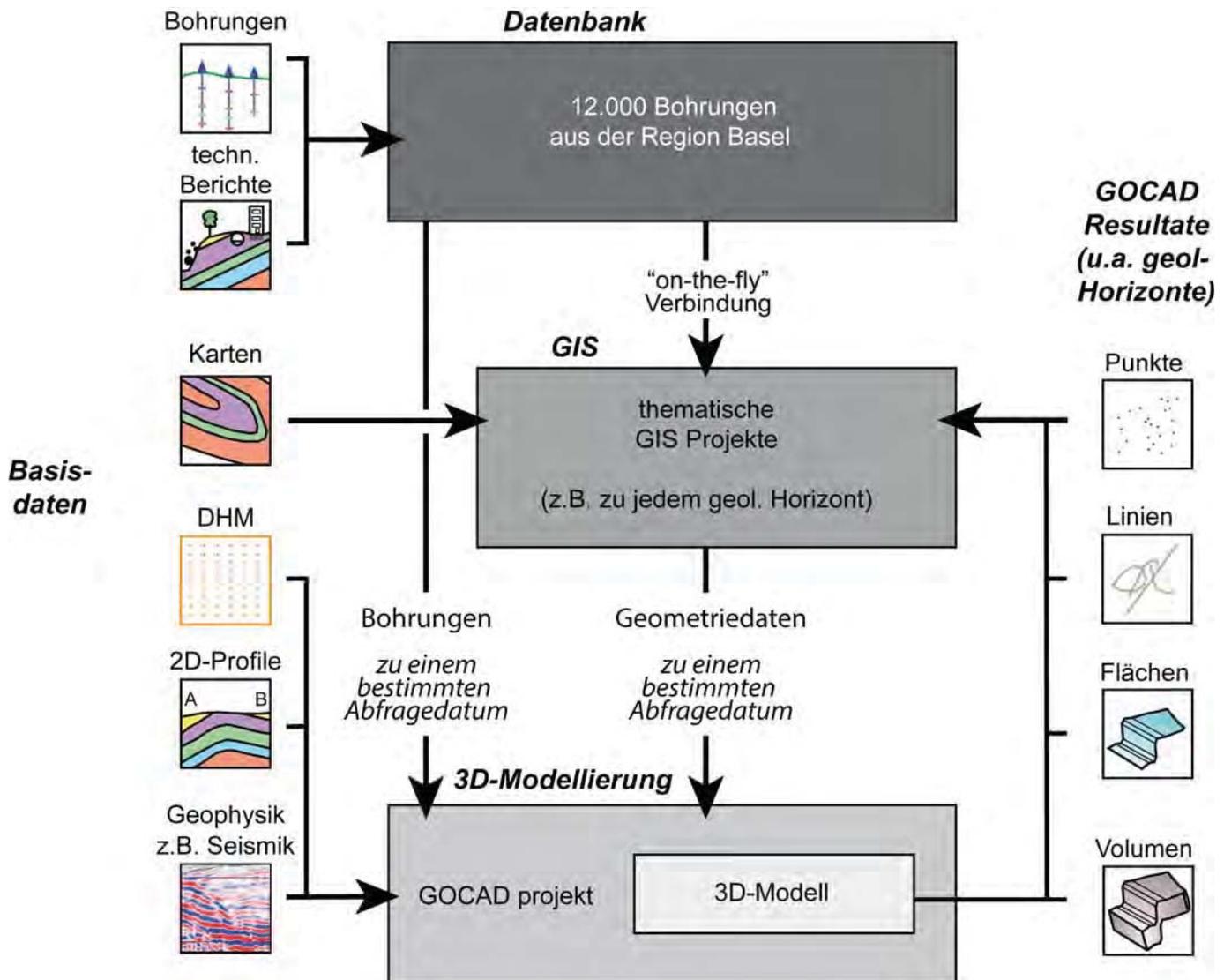


Das 3D Geologische Modell ist ein entwicklungsfähiges Werkzeug. Seine Nutzung als Planungswerkzeug beruht auf einem modularen Konzept von Datenbank, Geoinformationssystem (GIS) und 3D Modell.

Dynamisches 3D Modell als Planungswerkzeug

Das 3D Geologische Modell ist ein entwicklungsfähiges Werkzeug. Seine räumliche Auflösung und der Detaillierungsgrad wächst mit der Integration von Informationen aus Teilprojekten. Die Möglichkeit zur Weiterentwicklung wird durch eine Flexibilität beim Datenmanagement und der 3D Modellierung gewährleistet. Veränderungen der Datenlage, des Modellinhalts oder -grösse sollen jeweils ins Gesamtmodell integriert werden können.

Die Nutzung des 3D Modells als Planungswerkzeug beruht auf einem modularen Konzept von Datenbank- Geoinformationssystem (GIS) und 3D Modell. Das Modul Datenbank beinhaltet den wichtigsten Basisdatensatz, die Bohrungen der Region (zurzeit ca. 12.000). Bohrungen aus den Kantonen Basel-Stadt und -Landschaft werden routinemässig eingegeben. Im Modul Geoinformationssystem werden alle Eingangsdatensätze und Ergebnishorizonte gespeichert. Das dritte Modul, das eigentliche 3D Modell, beinhaltet den geologischen Aufbau der Region. Es kann je nach Fragestellung verfeinert werden.



Datenmanagement: Durch die Kombination von Datenbank, GIS und 3D Modellierung wurde ein Werkzeug zur spezifischen Ansprache von Fragestellungen im 3-dimensionalen Untergrund geschaffen.

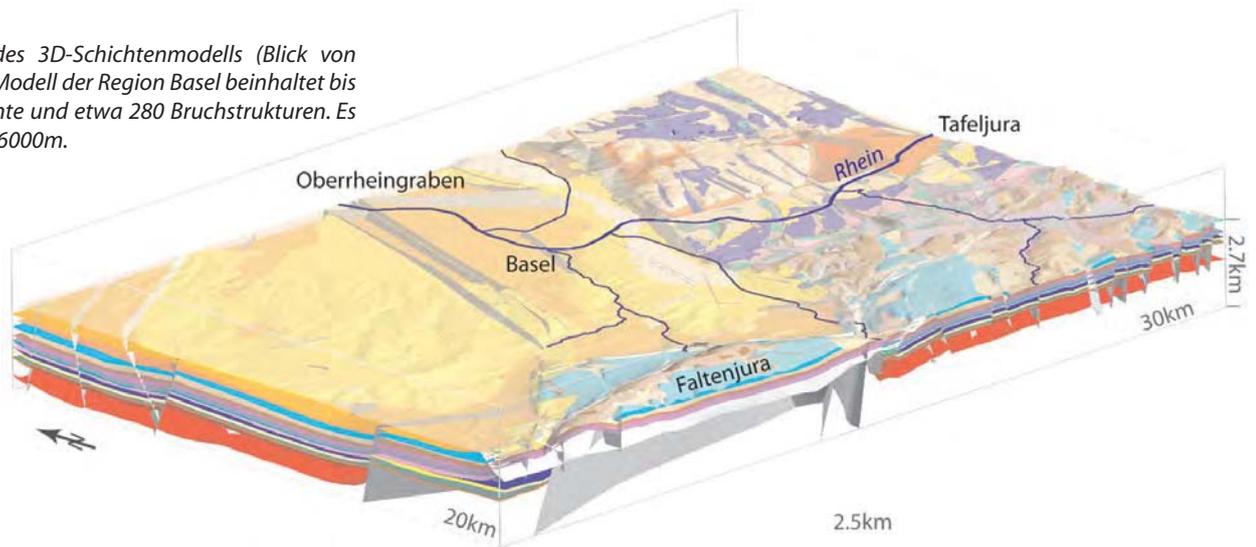


Das Modell erstreckt sich über die Region Basel und beinhaltet neben dem Kanton Basel-Stadt Gebiete von Basel-Landschaft, Solothurn, Aargau, sowie die Grenzregionen zu Frankreich und Deutschland. Es reicht bis in 6km Tiefe und ist aus 21 Modellhorizonten aufgebaut.



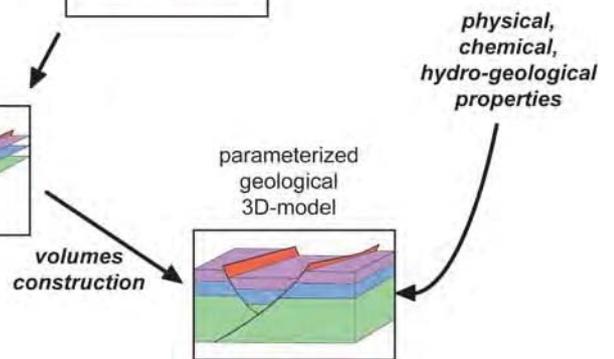
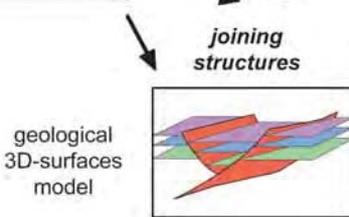
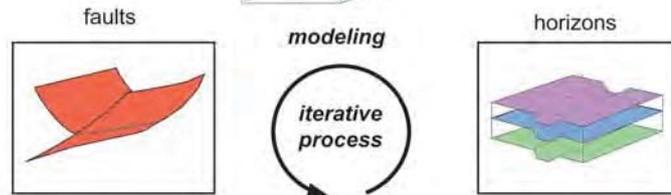
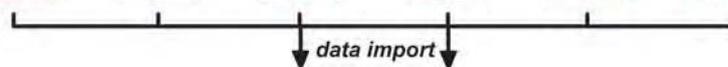
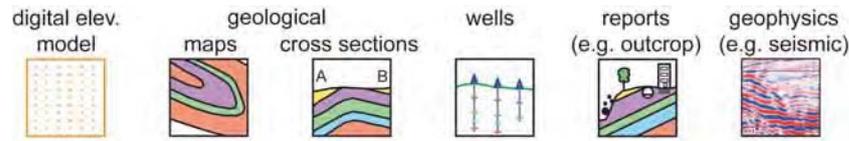
Das 600km² (20 x 30km) grosse Modellgebiet (rot) hat das Rheinknie im Zentrum. Es reicht im Osten bis Sissach und im Süden bis Bubendorf. Es beinhaltet das untere Birstal zwischen Rhein und Aesch, den Blauen und im Westen Mariastein. Sowohl der Flughafen Basel-Mulhouse als auch der Tüllingerberg und Lörrach sind innerhalb des Modellperimeters.

Perspektivische Ansicht des 3D-Schichtenmodells (Blick von SW); Das geologische 3D Modell der Region Basel beinhaltet bis zu 21 geologische Horizonte und etwa 280 Bruchstrukturen. Es reicht bis in eine Tiefe von 6000m.

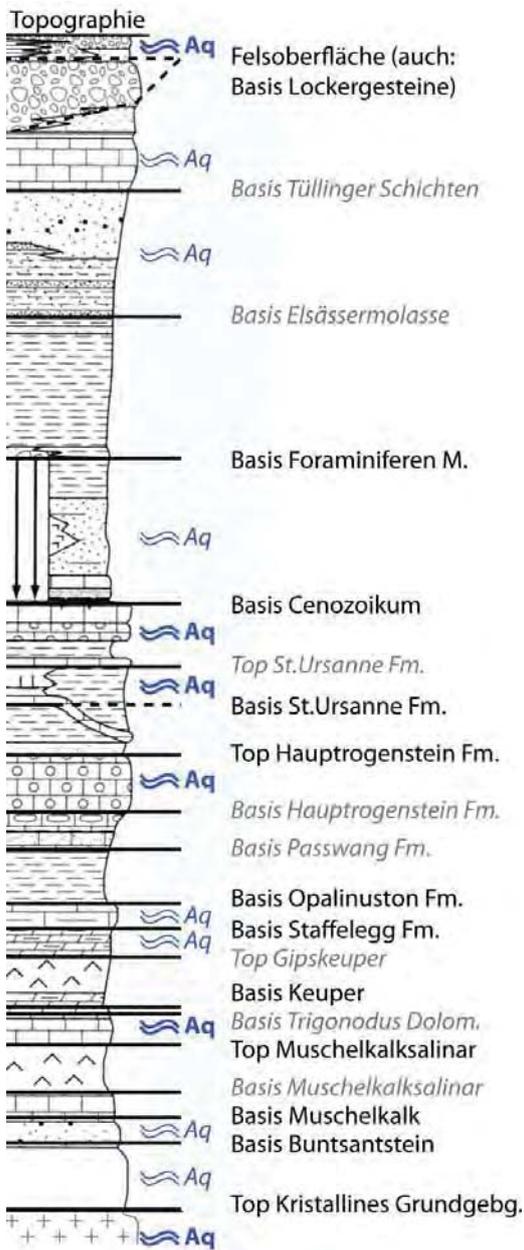


Das geologische 3D Modell befindet sich an der geologischen Schnittstelle von Oberrheingraben (westliches Modellgebiet), Tafeljura (östliches Modellgebiet) und Faltenjura (südwestliches Modellgebiet). Das Gebiet ist durch eine Vielzahl von geologischen Verwerfungen gegliedert. Die markanteste Struktur ist die Rheintalflexur, an ihr senkte sich der Oberrheingraben gegenüber dem Tafeljura um bis zu 1500m ab. Sie zieht sich im Modellgebiet von Aesch bis Lörrach. Während im Tafeljura viele Bruchstrukturen bekannt sind und im Modell modelliert wurden, sind sie im Bereich des Oberrheingrabens meist durch „junge“ Sedimente überdeckt und somit oft noch unbekannt.



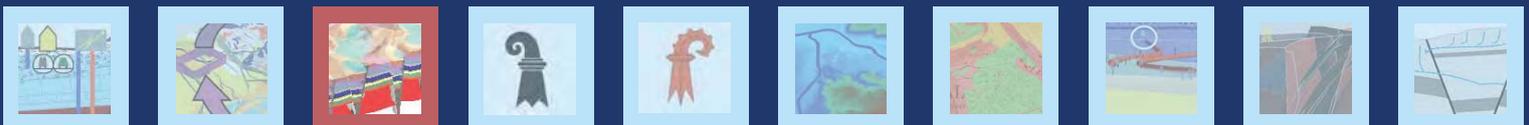


Schema: iterativer Prozess zur Modellerstellung



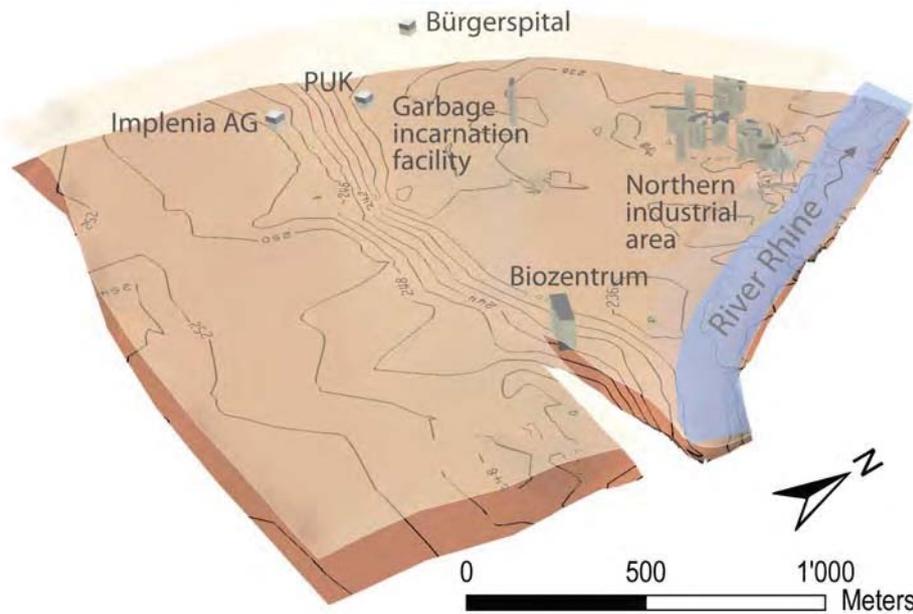
Das geologische 3D Modell wurde mit der 3D-Modellierungssoftware GOCAD® (Geological Objects Computer Aided Design) erstellt. GOCAD bietet vielfältige Möglichkeiten zur Verarbeitung und Darstellung von geometrischen Daten (Punkte, Linien, Flächen, Volumen). Neben geologischen Formen können auch jegliche abstrakte Flächen und Körper wie Gebäude, Tunnel, Grundwasserhorizonte, etc. modelliert werden. Bohrungen, reflexionsseismische Profile, geologische Karten, 2D-Profilen und lokale Informationen aus Fachberichten sowie digitale Höhenmodelle bilden die Datenbasis für das 3D Geologische Modell.

21 Modellhorizonte (incl. 13 GeORG-Horizonte, fett) und Grundwasserleiter; Die geologischen Modellhorizonte wurde so gewählt, dass die wichtigsten grundwasserführenden Formationen dargestellt werden können. (Stratigraphie leicht geändert aus TB Nagra 08-03 nach Jordan 2007)



Im Kanton Basel-Stadt ist die nachhaltige Nutzung des freien Raums wichtiger denn je. Bestehende und neue Nutzungen im Untergrund stehen in unmittelbarer Konkurrenz. Dies erfordert eine Raumplanung, welche die vorhandenen Belange und zukünftigen Interessen im Auge behält. Mit dem geologischen 3D Modell der Region Basel steht eine kantonsweite Grundlage zur Verfügung.

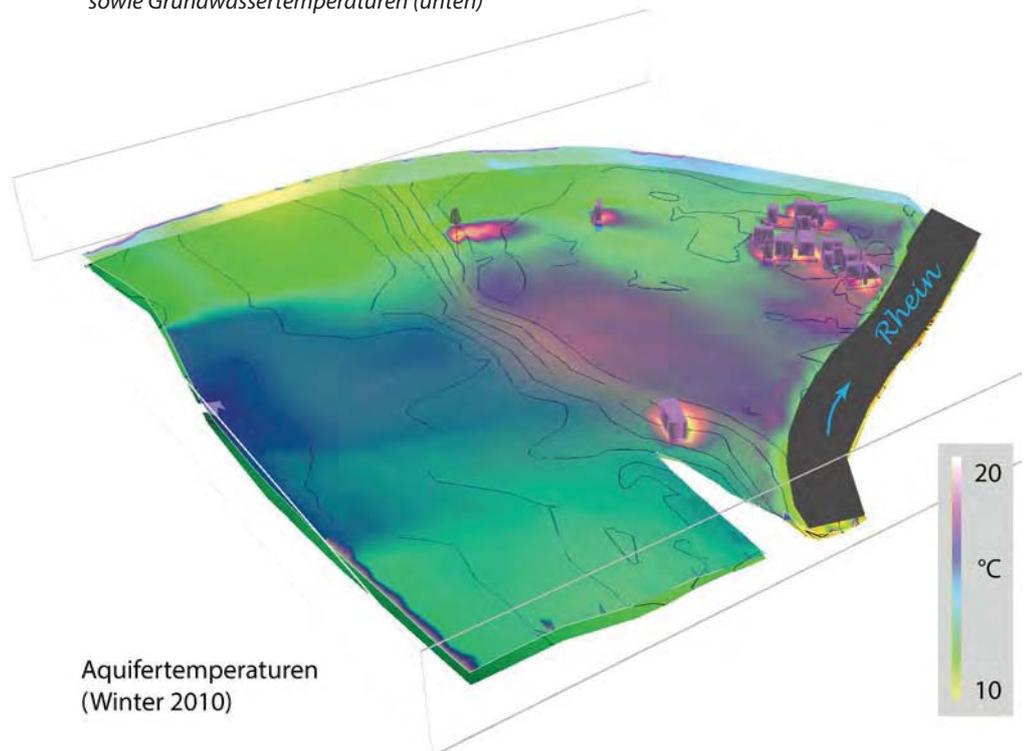
Einsatzmöglichkeiten des geologischen 3D Modells im Kanton Basel-Stadt



*Modellgebiet Basel NW:
 Darstellung der Felsoberfläche und Gebäude (oben)
 sowie Grundwassertemperaturen (unten)*

Die ersten 3D Modelle entstanden im Zusammenhang mit der Erstellung der Erdbebenmikrozonierungskarte und Grundwassermanagement in der Region Basel. Diese meist lokalen Modelle waren für spezifische Fragestellungen erarbeitet worden. Das für die Erdbebenmikrozonierung erarbeitete geologische Modell „Basel“ (12x18 km) deckte schon 2006 den gesamten Kanton ab, jedoch wurden damals viele Strukturen aufgrund der Fragestellung vereinfacht. Dieses Modell bildete die Grundlage für das im Rahmen von GeORG erarbeitete geologische 3D Modell der Region Basel (20x30 km).

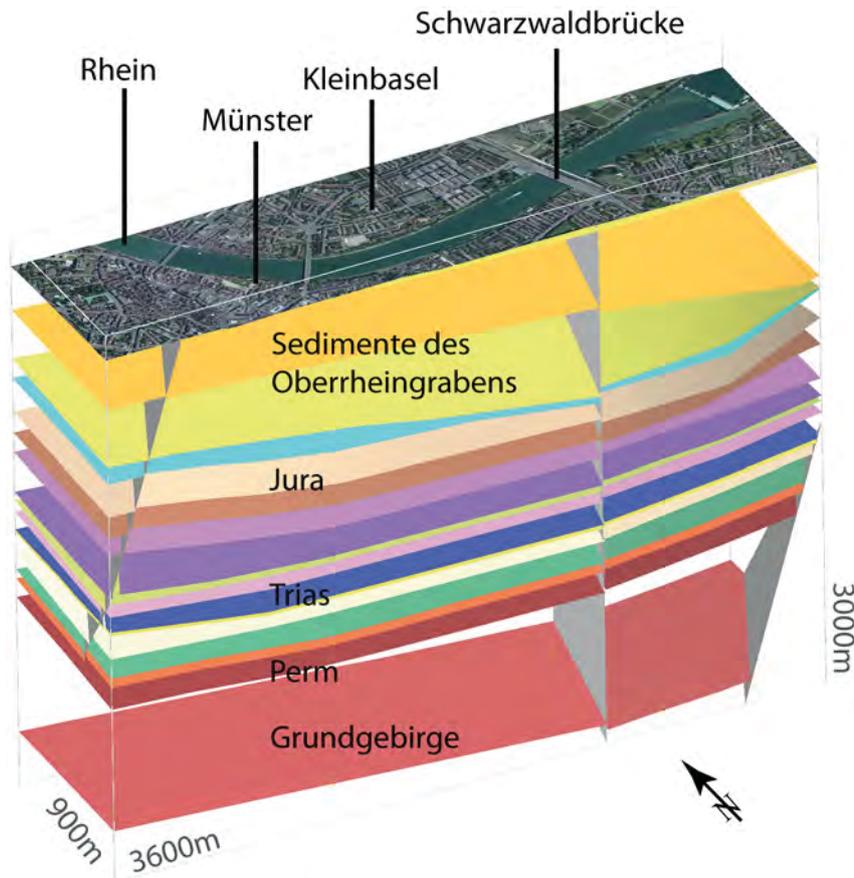
Das aktuelle Modell verfügt über elf zusätzliche geologische Horizonte, eine hochauflösende Felsoberfläche mit einer vertikalen Genauigkeit von ca. 1-2m im Stadtgebiet. Möglich war dies dank einer breiten Datenbasis, bestehend aus ca. 4000 Bohrungen (nur Kanton Basel), reflexionsseismischen Daten und vielen Detailinformationen aus dem Baugrundarchiv (BGA).



**Aquifertemperaturen
 (Winter 2010)**

Schon während des GeORG Projektes wurde das 3D Modell der Region Basel bei verschiedenen Fragestellungen als Werkzeug eingesetzt.

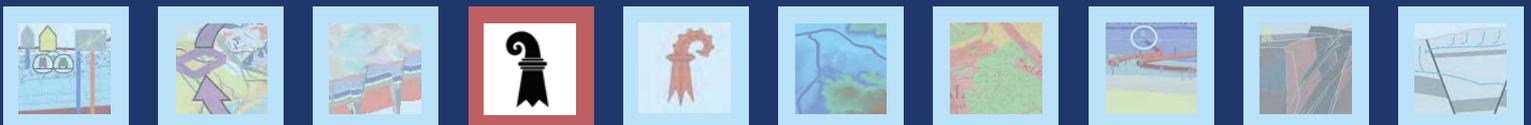
- Vorstudien zur Trassenwahl bei der Tunnelplanung (Gundelitunnel, Osttangente, City-Ring West)
- Thermisches Grundwassermanagement Basel Nord
- Risikostudie im Zusammenhang mit dem Basler Geothermie Projekt (Störungsmuster in der Tiefe)
- Optimierung der geothermischen Anlage in Riehen
- Spezifische Anfragen zur Felsoberfläche (z.B. Rheinhafen)
- Erdwärmekonzept Riehen



Das 3D Modell der Region Basel bietet die Möglichkeit schnell und flexible geologische Grundlagen abzufragen. Für spezifische Projekte kann für den Bearbeitungsperimeter ein lokales Arbeitsmodell extrahiert werden. Darin können Daten aktualisiert, neue Datensätze zugeführt oder die geologischen Grundlagen für eine hydrologische Weiterverarbeitung zur Verfügung gestellt werden.

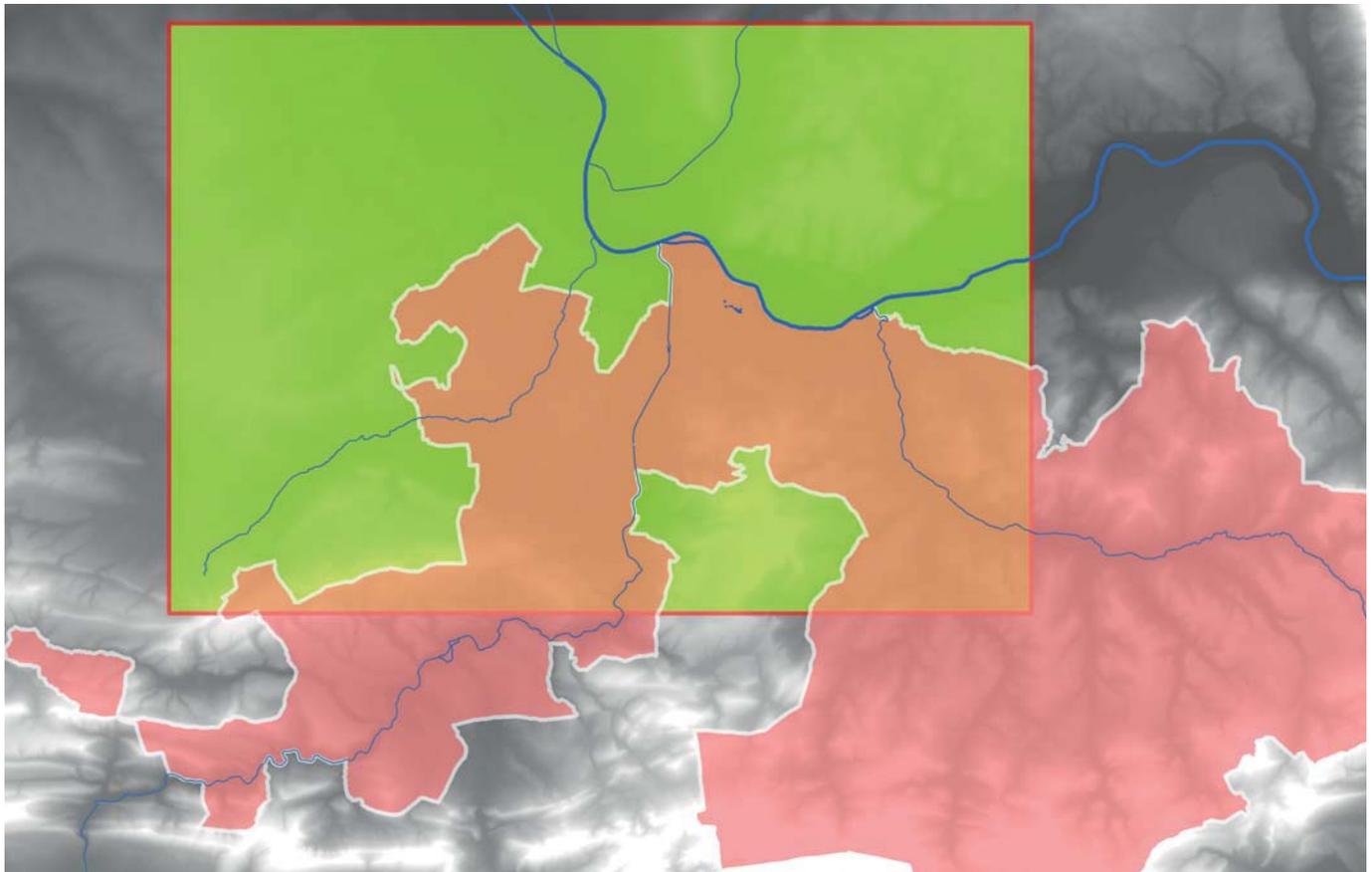
Eine Reihe von Anwendungen in Zusammenhang mit der Nutzung des urbanen Raums sind denkbar:

- Weiterführung der quantitativen Erdbebenmikrozonierung
- Projektspezifische und regionale Grundwassermodelle
- Nachhaltiges Wärmemanagement der Grundwasservorkommen in Basel



Im Kanton Basel-Landschaft werden die Ressourcen im Untergrund heute schon intensiv genutzt. Die Beziehungen zwischen bestehenden und neuen Nutzungen stehen im Fokus aktueller Fragestellungen, Nutzungskonflikte nicht ausgeschlossen. In Zukunft werden Regeln für eine nachhaltige Raumplanung des Untergrundes immer wichtiger. Das geologische 3D Modell der Region Basel bietet für weite Gebiete des Kantons BL eine Grundlage für eine nachhaltige Nutzung des Untergrundes.

Die ersten 3D geologischen Modelle entstanden im Zusammenhang mit der Erstellung der Erdbebenmikrozonierungskarte und Grundwassermanagement in der Region Basel. Diese meist sehr lokalen 3D geologischen Modelle für das Gebiet Birsfelden - Muttenz - Pratteln wurden in den letzten Jahren immer wieder aktualisiert, erweitert und teilweise zusammen geführt. Das dadurch gewonnene Know-how floss direkt in die Konzeption und Erstellung des geologischen 3D Modell der Region Basel (20x30 km) ein.



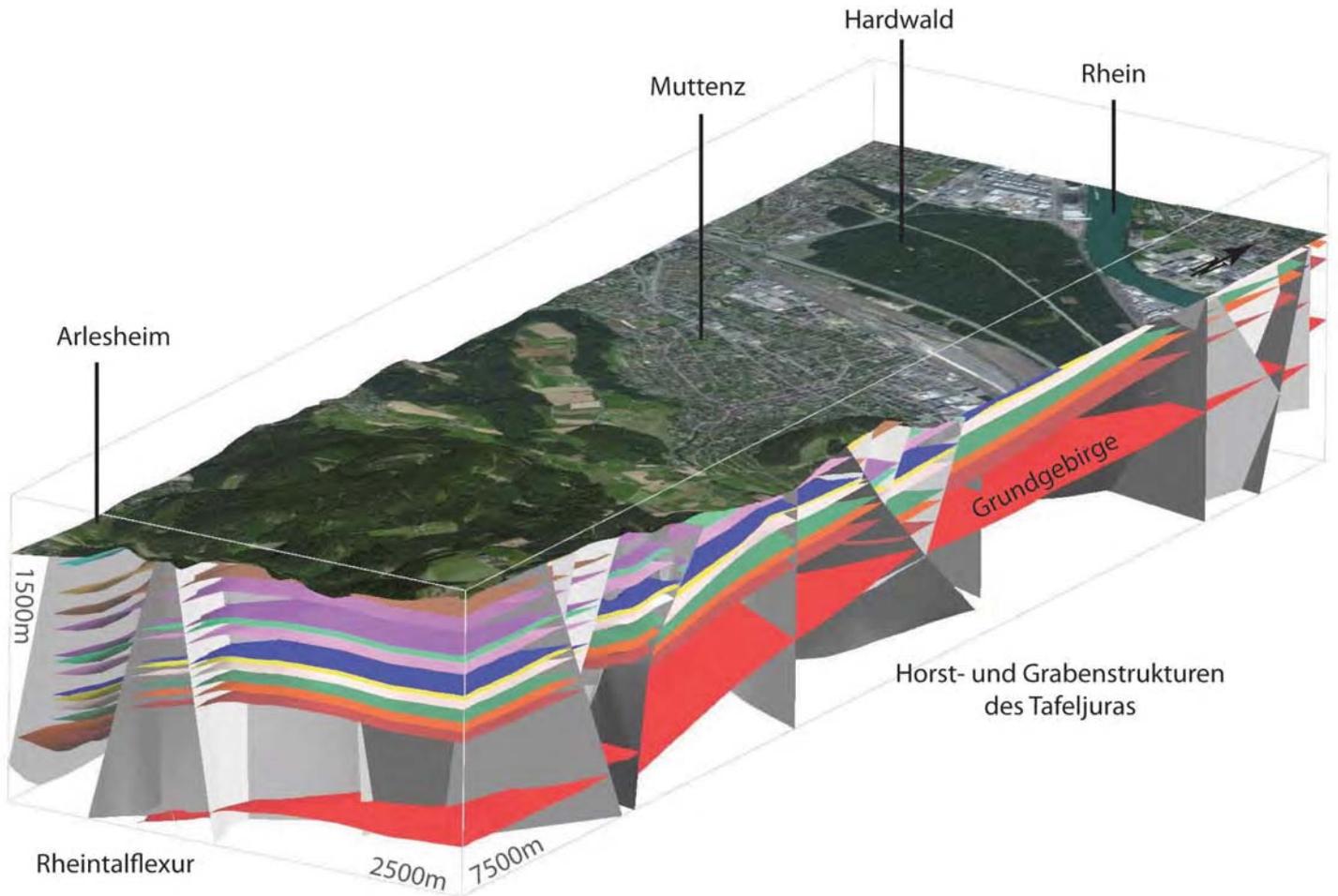
Abdeckung des Kantons BL durch das geologische 3D Modell der Region Basel (grün)

Die Erfahrungen verdeutlichen die Bedeutung von 3D Modellen als flexible Werkzeuge bei der Lösung von geotechnisch Problemen. Das 3D Modell im Gebiet BL verfügt über bis zu 21 geologische Horizonte, inklusive einer hochauflösenden Felsoberfläche mit einer Genauigkeit von ca. 2-4m in Gebieten mit einer guten Datenlage wie z.B. in Muttenz. Neben den geologischen Karten bilden vor allem die Bohrbeschreibungen der Rheinsalinen und reflexionsseismischen Daten wichtige Grundlagen Informationen.



Anwendungsbeispiele des 3D Geologischen Modells der Region BL:

- Erdwärmekonzept Basel-Landschaft
- Erdbebenmikrozonierung
- Grundwassermodelle im Birstal und in der Region Muttentz-Pratteln
- Spezifische Anfragen zur Felsoberfläche
- Grundwasserschutz in Karstsystemen des Gempenplateaus



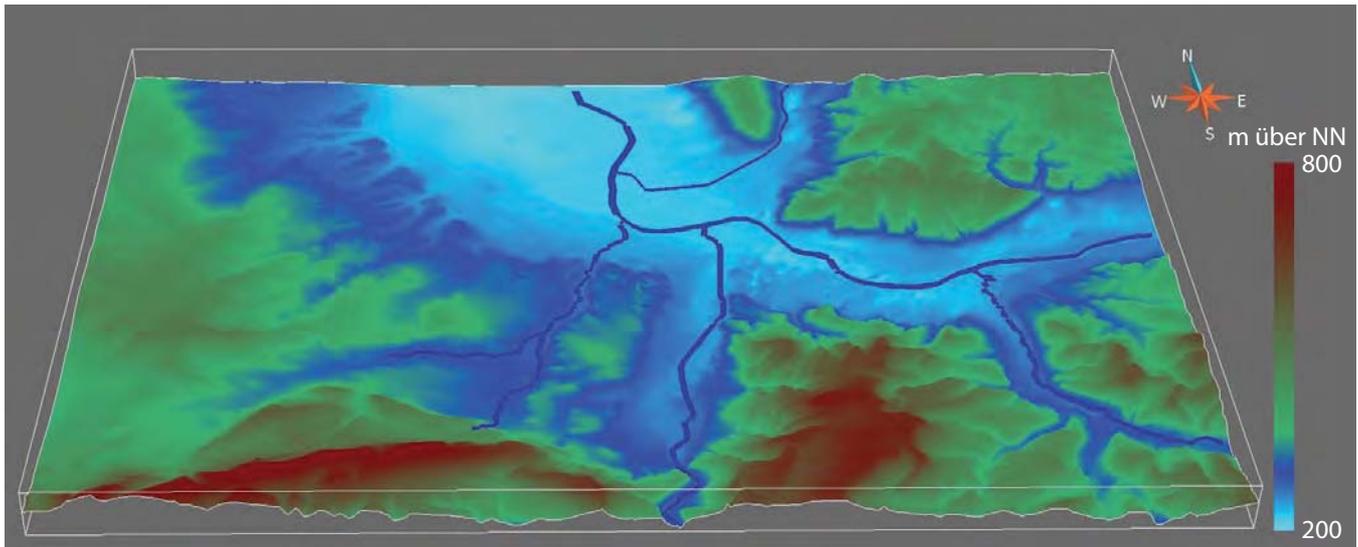
Ausschnitt 3D Modell zwischen Arlesheim und Rhein (Gebiet Muttentz) . Links: Flexur bei Arlesheim, Rechts: Adlerhof Struktur und Wartenberg (Karte: bing-map 2012, Blick von SO)

Das 3D Modell der Region Basel bietet die Möglichkeit schnell und flexible geologische Grundlagen abzufragen. Für spezifische Projekte kann für den Bearbeitungsperimeter ein lokales Arbeitsmodell extrahiert werden. Darin können Daten aktualisiert, neue Datensätze zugeführt oder die geologischen Grundlagen für beispielsweise hydrologische Fragestellungen bereitgestellt werden.



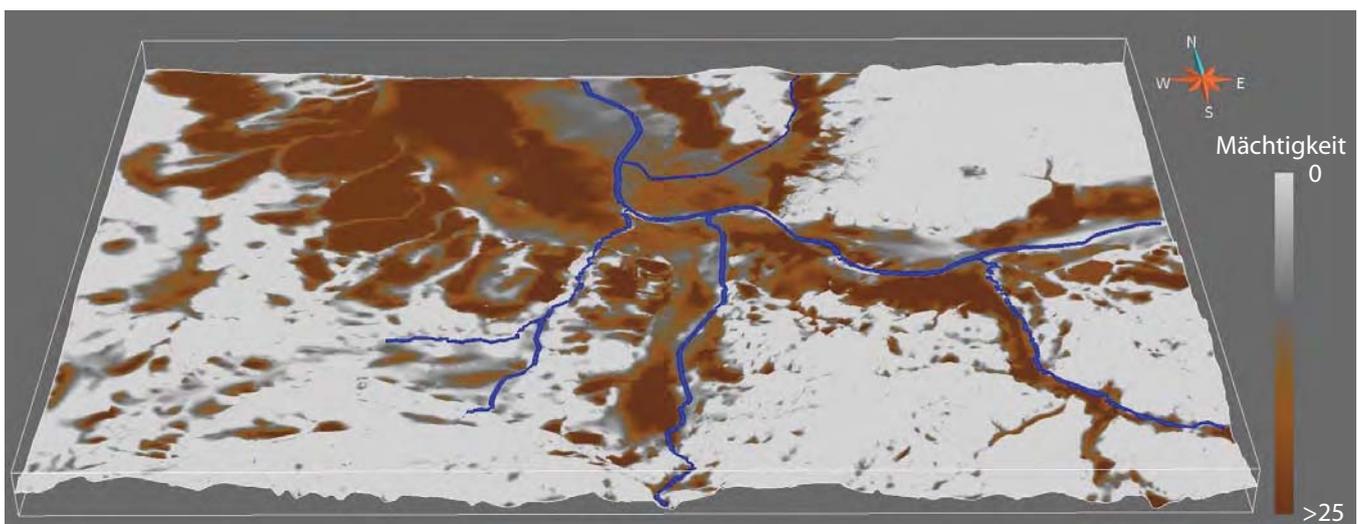
Bei der Erstellung des geologischen 3D Modells der Region Basel wurde ein besonderes Augenmerk auf die Lage der Felsoberfläche gelegt. Diese ist eine der relevantesten Auskünfte bei der Erkundung des Baugrundes und der Grundwasserverhältnisse. In den Siedlungsgebieten kennt man die Felsoberfläche mit einer Genauigkeit von 1-2 Metern.

Die Lage der Felsoberfläche hat im urbanen Umfeld eine Schlüsselrolle in Bezug auf den Umgang mit Grundwasser, die Entwicklung von Infrastrukturbauten, die Abschätzung von Naturgefahren (u.a. Erdbeben, Erdbeben) und die Nutzung der Erdwärme in Tiefen bis 400m.



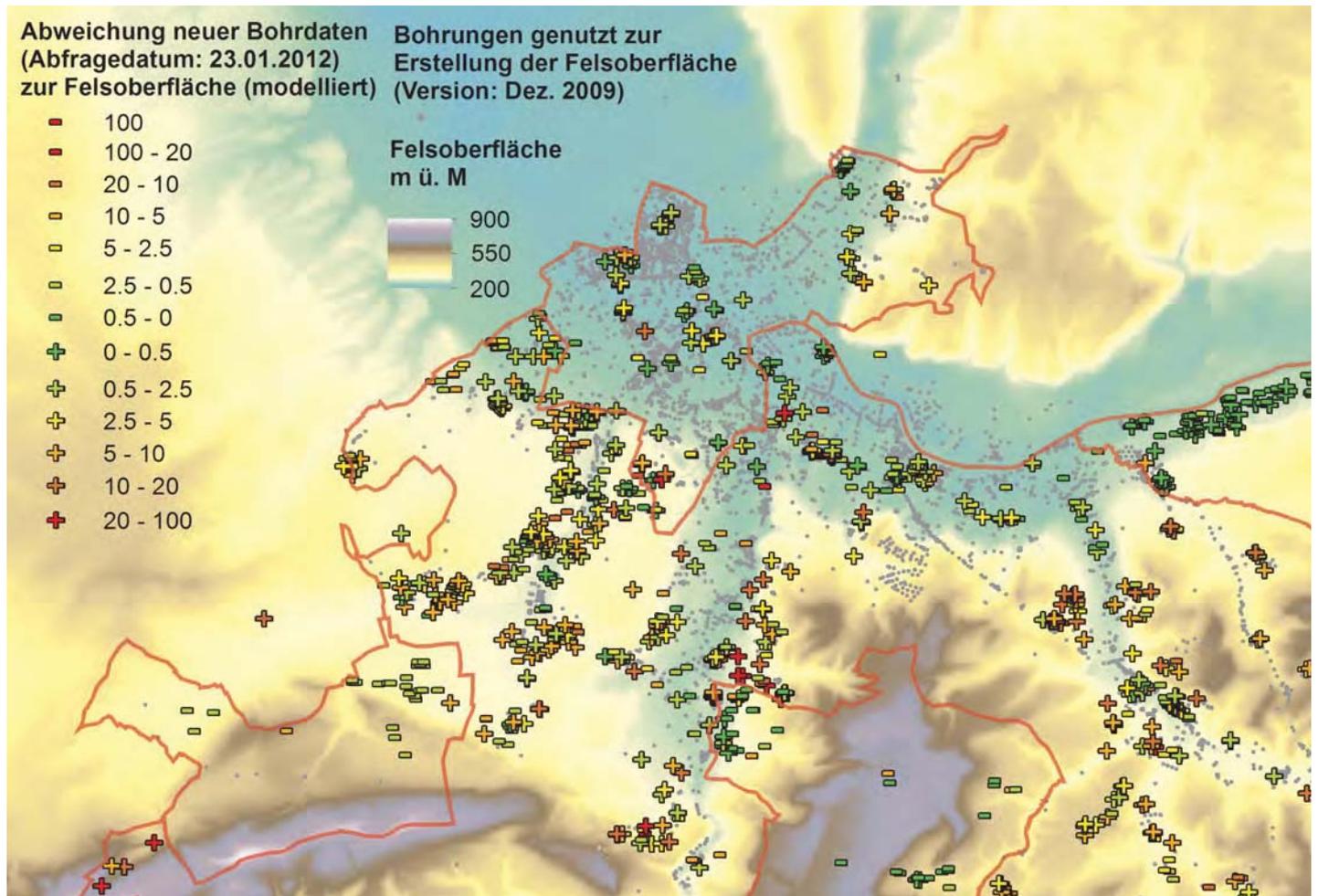
Die Felsoberfläche bildet in Siedlungsgebieten um Basel die Tiefenbegrenzung der oberflächennahen Grundwasservorkommen. Die Kenntniss der Lage der Felsoberfläche ist aber auch für die Gründung von Grossbauten und deren Einfluss auf die Grundwasserzirkulation erforderlich. Sie hat einen Einfluss bei der Beurteilung wo und wie Grundwasser genutzt werden kann.

Für die Beurteilung der Standfestigkeit des Baugrundes und der Erschütterungsfähigkeit bei Erdbeben, ist die Beschaffenheit der Lockergesteine und ihre Mächtigkeit ebenso von Bedeutung.



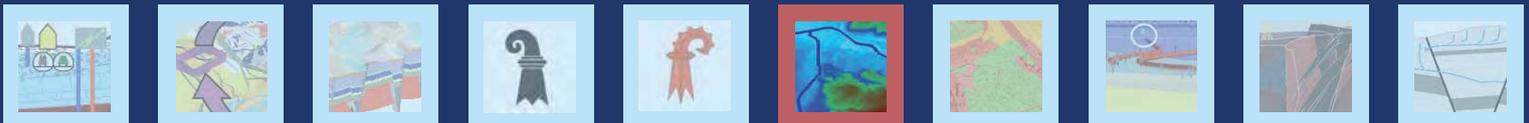
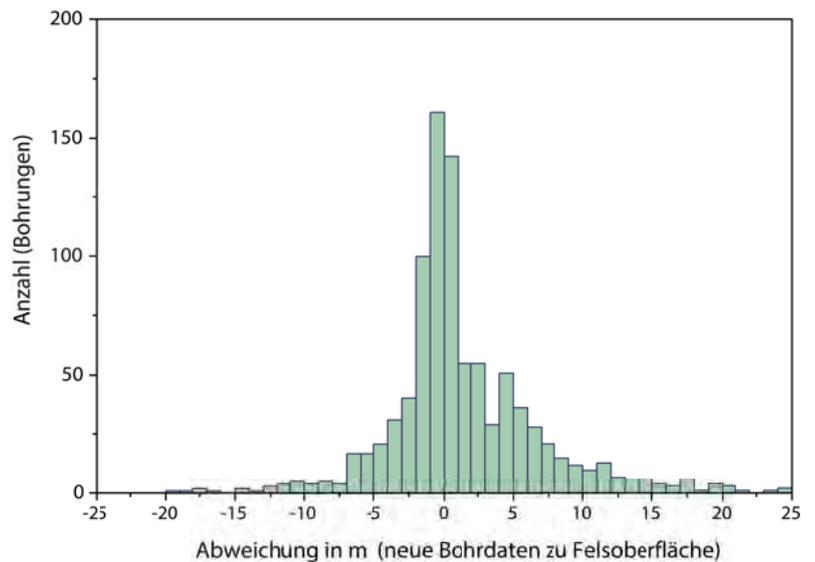
Die Felsoberfläche illustriert die ursprüngliche Breite der Flussebenen des Rheins am Übergang vom Tafeljura zum Rheingraben sowie der seitlichen Zuflüsse Birs, Ergolz und Wiese.

Bei der weitgefächerten Relevanz der Felsoberfläche ist eine Einschätzung der Qualität des Modellhorizontes für den Nutzer wichtig. Durch den modularen Aufbau des 3D Modells fließen alle Basisdaten (z.B. Bohrungen) und Ergebnisdaten (z.B. Modellhorizonte) in spezifischen GIS-Darstellungen zusammen.



Vergleich des Modellhorizontes „Basis Lockergesteine“ mit neuen Bohrdaten, welche noch nicht in die Modellierung einfließen konnten.

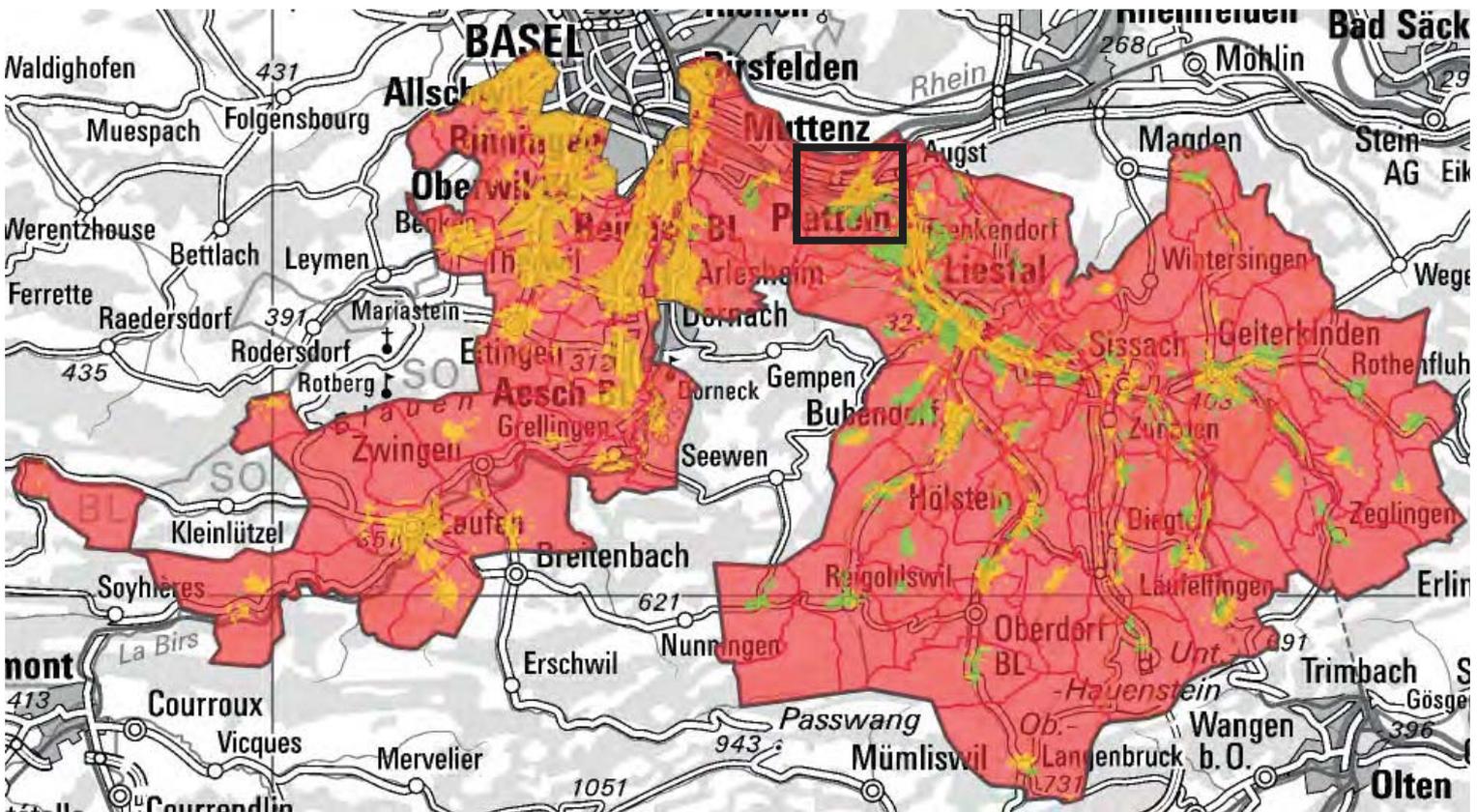
Anhand der aktuellen Lage der Felsoberfläche kann der Werkzeugcharakter des 3D Geologischen Modells illustriert werden. Die Felsoberfläche basiert auf den Kenntnissen von ca. 9000 Bohrungen. Mit jeder neuen Bohrung gibt es die Möglichkeit, die Genauigkeit dieses Horizontes für verschiedene Bereiche von Basel und Umgebung zu überprüfen. Dazu wurde im Geoinformationssystem (GIS) eine Routine programmiert, die nach Eingabe der Bohrbeschreibung in der Datenbank sofort ermittelt, wie stark in der jeweiligen Bohrung die Lage der Felsoberfläche von der Prognose abweicht.



Das 3D Geologische Modell als Grundlage für die Beurteilung der Risiken der untiefen Geothermie und Folgerungen für die Bewilligungspraxis

Die Zahl der Anlagen zur Wärmeabgewinnung durch Erdwärmesonden (EWS) steigt stetig. Auch wenn der umweltpolitische Nutzen solcher Anlagen bezüglich einer Reduktion der CO²-Emission unbestritten ist, birgt die Wärmenutzung aus dem Untergrund Risiken. EWS werden überwiegend in dicht besiedelten Gebieten und oft im Umfeld bereits bestehender Nutzungen gebaut. Gefährdungen bestehen während des Baus und Betriebs einer EWS durch die mögliche Verbindung von Grundwasserstockwerken. In Gebieten mit salz- oder sulfathaltigem Untergrund besteht die Gefahr der Gesteinslösung (Subrosion) und des Gesteinsquellens. Dadurch können grosse Schäden an Gebäuden und Verkehrswegen durch Terrainabsenkungen oder Hebungen an der Oberfläche entstehen. Der Bau und Betrieb einer Erdwärmesonde findet zwar an einem eng umgrenzten Ort statt, Auswirkungen auf die Umwelt oder das Grundwasser sind jedoch weiträumig möglich.

Um mögliche Risiken und negative Auswirkungen auf die Umwelt und das Grundwasser durch eine Erdwärmennutzung mittels EWS zu vermeiden oder zumindest zu minimieren, bedarf es rechtlicher Vorgaben für den Bau und Betrieb einer solchen Anlage. Je mehr Kenntnisse über die geologischen Verhältnisse am Standort vorhanden sind, desto früher können differenziertere Abklärungen über mögliche Gefahren schon in der Planungsphase getroffen werden.



Erdwärmennutzungskarte Basel-Landschaft: Überblick (und Lage des Ausschnitts 3D Modell, siehe Rückseite)

Der Kanton Basel-Landschaft hat vor kurzem ein Erdwärmennutzungskonzept und eine GIS Applikation auf dem Web präsentiert, welche die Bewilligungspraxis für untiefe geothermische Anlagen im Kanton regelt. Dort fällt insbesondere der Unterschied in der Prognosesicherheit in Gebieten mit 3D geologischem Modell bzw. Gebieten mit lückenhaften geologischen Kenntnissen auf.



Datengrundlage

Die für eine Erdwärmekarte (EWNK) erforderlichen Daten können generell in zwei Kategorien eingeteilt werden:

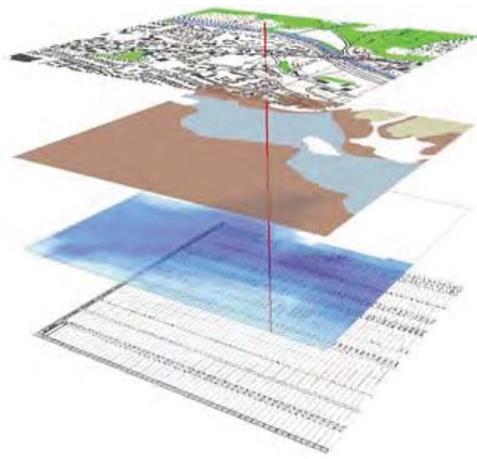
- raumplanerische Daten,
- hydrologisch-hydrogeologische Daten.

Die hydrologisch-hydrogeologischen Daten mussten für die Erdwärmekarte zunächst erhoben und interpretiert, und anschließend in ein geeignetes Datenformat gebracht werden, welches als GIS-Datenebene nutzbar ist.

Die hydrologisch-hydrogeologischen Daten umfassen eine räumliche Darstellung der zulässigen Bohrtiefe. Dies ist nur in Bereichen möglich, wo ein stratigraphisch hoch aufgelöstes geologisches 3D Modell existiert. Für Bereiche ohne 3D Modell wurden andere Vorgehensweisen gewählt. Die Unsicherheiten in der zu erwartenden Schichtabfolge sind dort entsprechend höher

Methode: Multilayer-GIS

Die verschiedenen Kriterien für die Bewilligung von Erdwärmesonden können als unterschiedliche Datenebenen in einem Geoinformationssystem (GIS) bearbeitet und dargestellt werden. Dies ermöglicht ortsspezifische Abfragen der Kriterien (Multilayer-Abfrage) und eine Ausgabe in einem geeigneten Format (z. B. in Tabellenform).



Kartenlayer (z. B. Landeskarte 1:25'000)

Datenlayer Raumplanung (Polygon)(z. B. Schutzzonen)

Datenlayer Hydrogeologie (Raster)(z. B. maximal zulässige Bohrtiefe)

Datenlayer Hydrogeologie (Tabelle)(z. B. repräsentatives Bohrprofil)

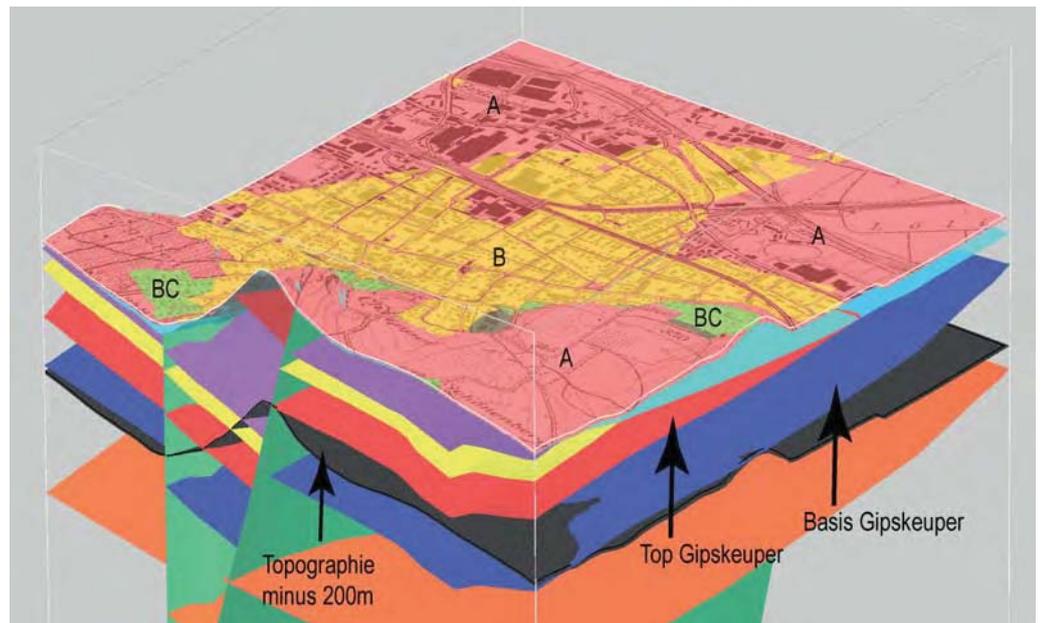
Für die Kartendarstellung wurde eine Unterteilung in vier Standortkategorien entwickelt:

Kategorie A: Eine Installation ist nicht erlaubt

Kategorie B: Eine Installation ist nur unter Berücksichtigung spezieller Auflagen erlaubt.

Kategorie BC: Eine Installation ist unter Berücksichtigung von Standardauflagen bis in eine definierte Tiefe erlaubt, darunter nur mit zusätzlichen Auflagen.

Kategorie C: Eine Installation ist unter Berücksichtigung von Standardauflagen erlaubt.



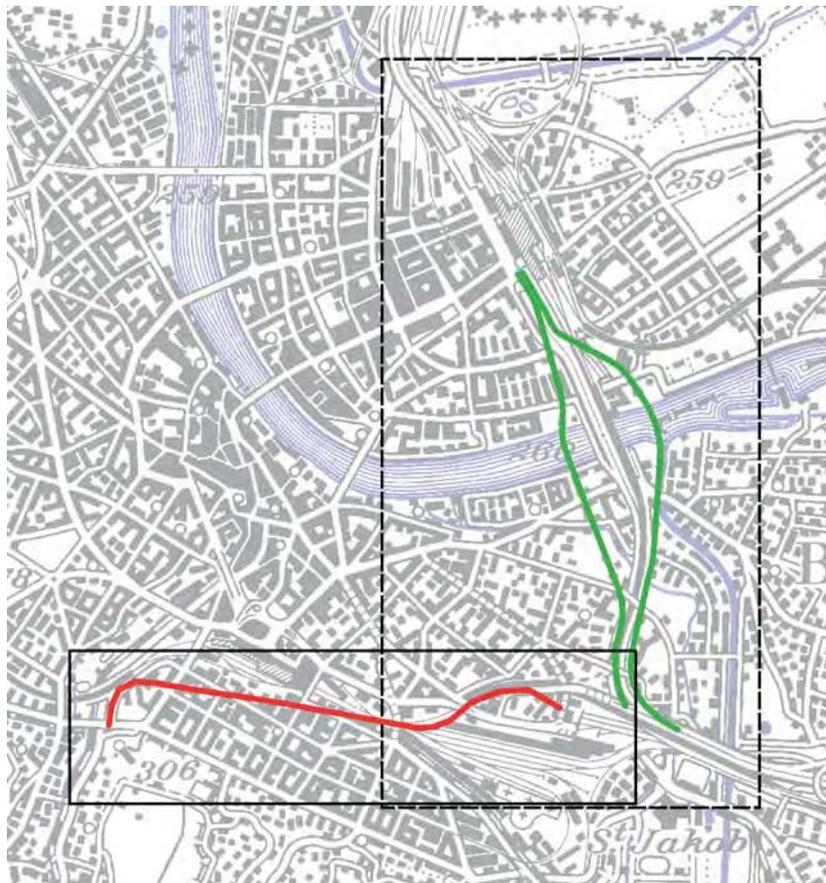
Exemplarische Darstellung wie das geologische 3D Modell als Grundlage die EWNK unterlagert. (Nicht dargestellt sind Datenlayer der Raumplanung wie z.B. Schutzzonen)



Das 3D Geologische Modellwerkzeug wurde bereits mehrmals in frühen Planungsphasen für Tunnelbauprojekte in Basel-Stadt genutzt. Das Modell erlaubt eine rasche räumliche Darstellung durch Schnitte der Baulinien mit der Geologie und dem Grundwasser. Datenlücken und potenzielle Konflikte mit bestehenden Nutzungen werden frühzeitig erkannt.

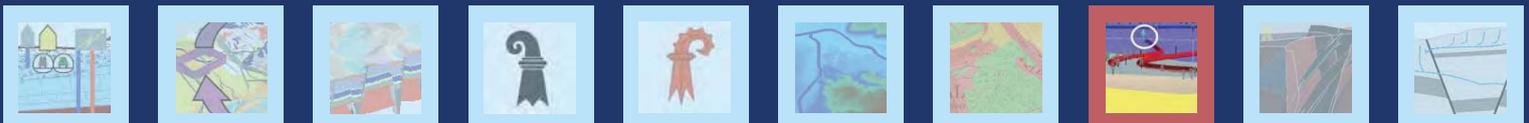
Einsatz des 3D Modells bei der Planung von „Gundeli-“ und „Osttangententunnel“

Noch vor Abschluss des GeORG-Projektes kommt das 3D Modellwerkzeug bei der Abklärung der geologischen und geotechnischen Verhältnisse im Bereich vorgeschlagener Tunnelbaulinien in Basel-Stadt zum Einsatz. Die geplanten Erweiterungen sollen den Quartierverkehr entlasten. Zudem handelt es sich um eine wichtige Verbindung im europäischen N-S Verkehr. Die Abklärungen umfassen (1) die Zusammenstellung des Kenntnisstandes zur geologischen, hydrologischen und geotechnischen Situation entlang der Trasse, (2) die Identifikation von Datenlücken und Darstellungen von Unsicherheiten, (3) die Formulierung und Beurteilung von möglichen Gefährdungsbildern, (4) die Darstellung von Gefährdungs- bzw. Nutzungskonfliktpotential (z.B. mit bestehenden Erdwärmesonden) und (5) die Verfeinerungen des 3D-Arbeitsmodells als Basis für Variantenstudien.

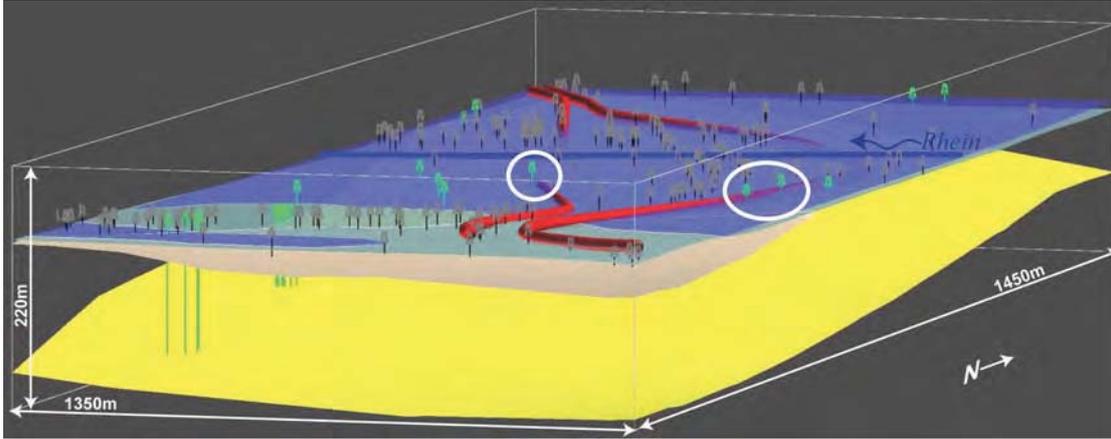


3D Lokalm Modelle: „Gundeli“ (~0,8km x 3km) und „Osttangente“ (2km x 4km)

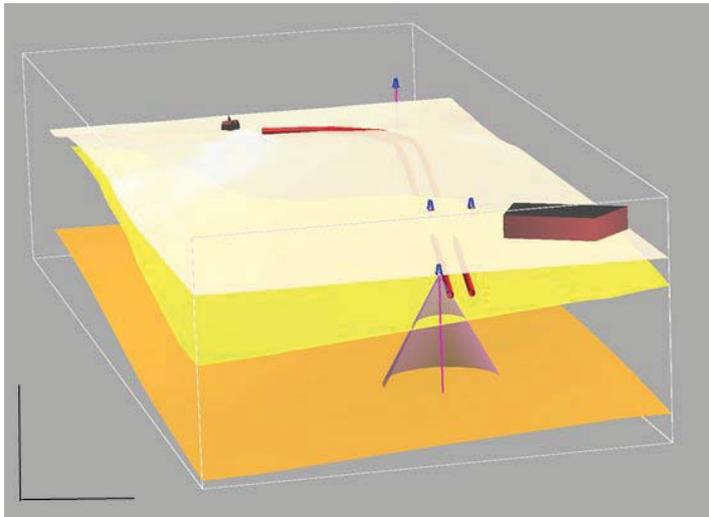
Aus dem regionalen Teilmodell Schweiz wurde für jedes Projekt ein lokales Arbeitsmodell extrahiert, der Verlauf der Tunneltrassenvariante, der Grundwasserspiegel, Gebäude und weitere Daten werden integriert. Anschließend beginnt entlang der geplanten Tunneltrasse die Aufbereitung der geologischen Daten und die Erstellung von Übersichten wie der perspektivischen Ansichten sowie, Tunnel-Längs- und Querprofile.



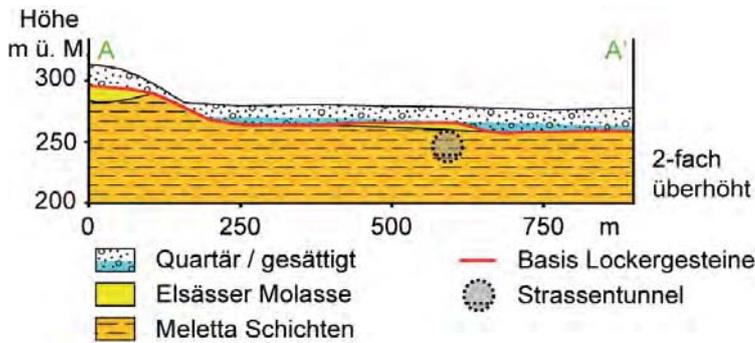
2D geologische Profilschnitte entlang oder quer zur projektierten Trassenführungen zeigen die Raumlage des Bauwerkes zur Felsoberfläche, den Bereichen, wo das Bauwerk Grundwasservorkommen quert und die Lage von Störungen. Die Verknüpfung des Modells mit der Bohrdatenbank erlaubt zudem eine Darstellung der Grundwassernutzer oder der Lage von Erdwärmesonden im Umfeld einer geplanten Tunneltrasse.



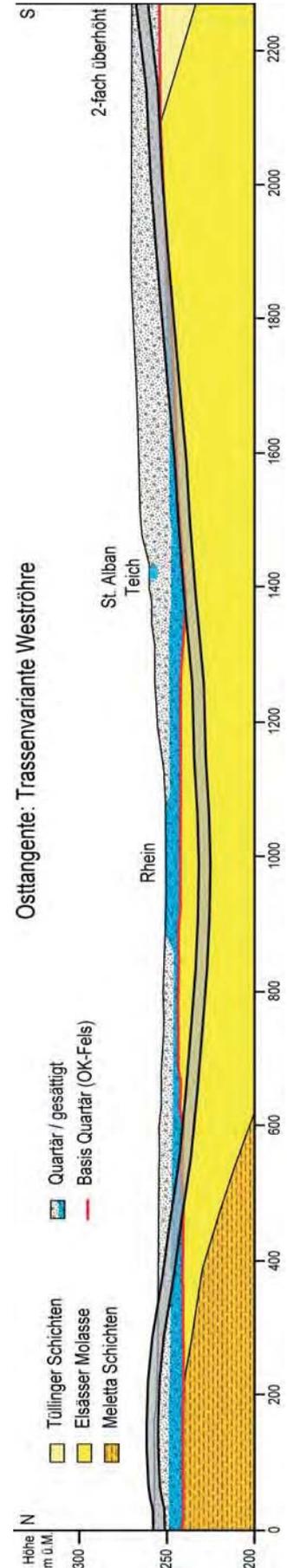
Visualisierung potenzieller Nutzungskonflikte (Kreise), Tunnelröhren, (rot), Erdwärmesonden (grün), Grundwasser (blau), geologische Horizonte (grün, beige & orange)



Nach Zusammenstellung des aktuellen Kenntnisstandes zu den verschiedenen Fragestellungen und aufgrund der Visualisierung können die Vor- und Nachteile der verschiedenen Baulinien in einer frühen Planungsphase miteinander verglichen werden.

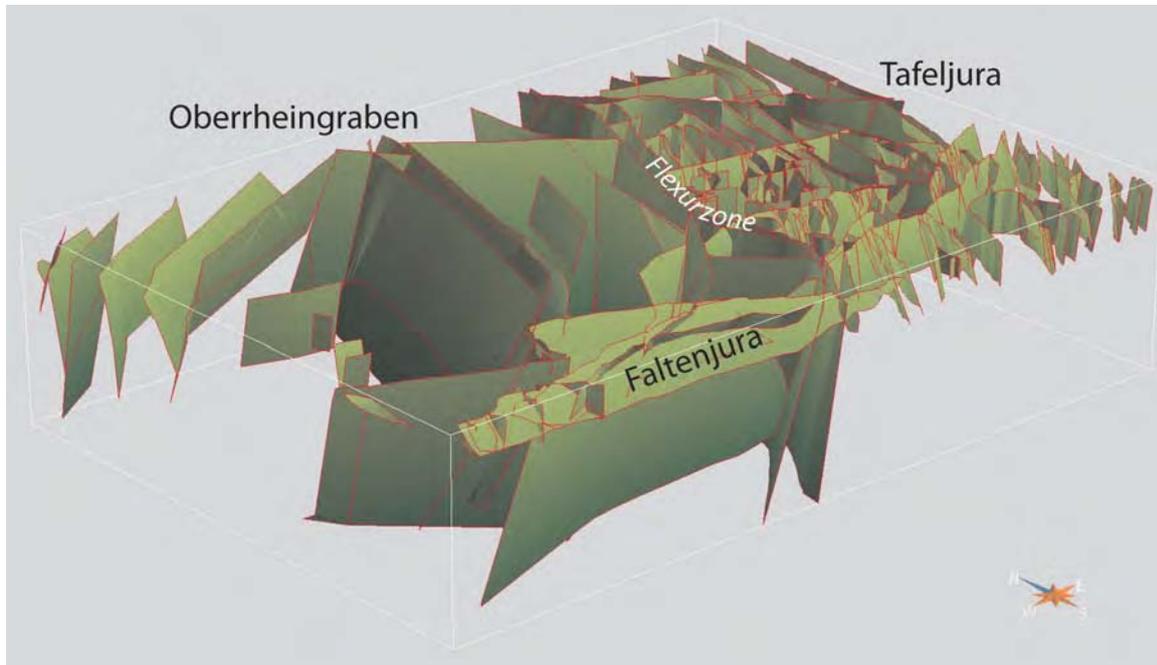


Querprofil zu einer Planungsvariante des "Gundelitunnels"



Die Ereignisse beim Basler Tiefengeothermie-Projekt haben es offensichtlich gemacht: Die Kenntnisse der 3D Geometrie der Bruchsysteme spielen eine zentrale Rolle bei der Beurteilung der Seismizität des Untergrundes. Ebenso wichtig ist sie für das Verständnis der Tiefengrundwasserzirkulation, welche sich dominant an Bruchsystemen orientiert.

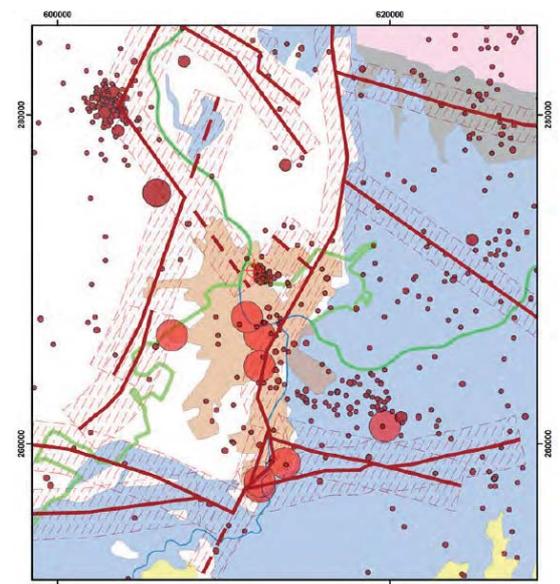
Bruchsysteme im 3D Geologischen Modell



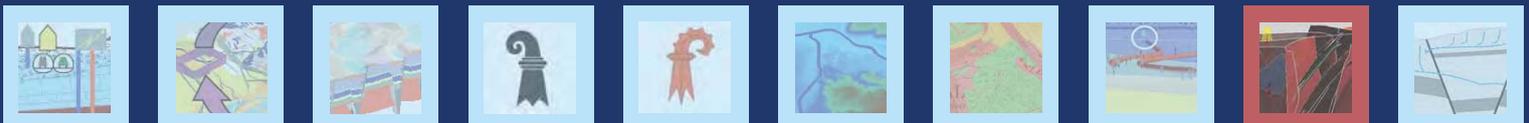
Perspektivische Ansicht des Störungsmusters der Region Basel (Blick von SW); Modelldimensionen: 20km x 30km x 6km

Das Basler Tiefengeothermie-Projekt hat gezeigt, dass mit der Stimulation vor allem existente Bruchsysteme reaktiviert wurden. Kenntnisse der Lage, Orientierung und Ausdehnung von Bruchstrukturen haben deshalb für die Risikobeurteilung eine grosse Bedeutung. GeORG trägt dazu bei, dass die Kenntnisse der räumlichen Struktur des Untergrundes verbessert werden konnten. Das 3D Modell der geologischen Struktur der Region Basel beruht auf einer grossen Anzahl von untiefen, sowie acht Bohrungen mit Bohrtiefen zwischen 1 km und 5 km, und auf der Auswertung von seismischen Profilen. Das 3D Geologische Modell bildet das Gerüst für das Verständnis der gekoppelten felsmechanisch-hydraulischen Prozesse. Diese zu studieren, ist ein zentrales Thema von zukünftigen Forschungsaktivitäten.

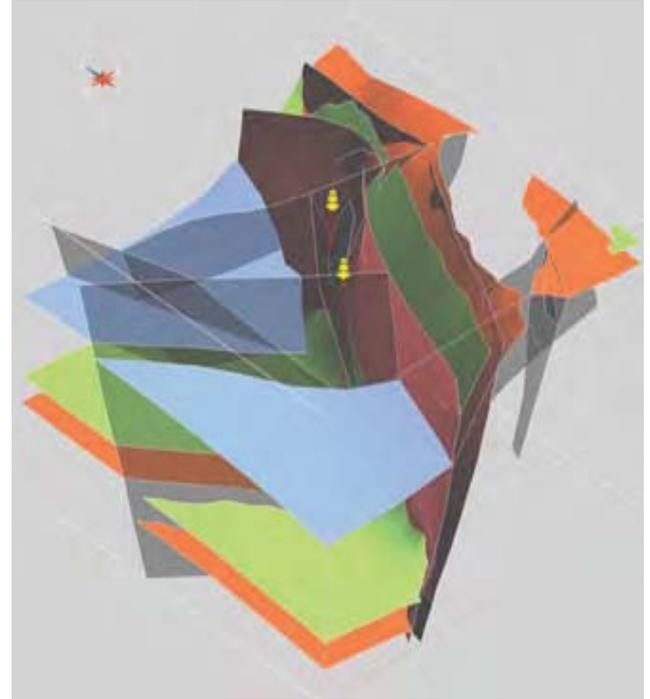
Die Mechanismen der Bruchentwicklung bzw. Reaktivierung sind bis zu einem gewissen Grad bekannt: Für die Beurteilung der Seismizität eines Gebietes ist jedoch insbesondere die räumliche Vernetzung von Bruchsystemen von Bedeutung. Mit dem 3D Modell ist es möglich, die Geometrie unterschiedlicher Interpretationen des geologischen Aufbaus zu visualisieren und auf Plausibilität zu testen.



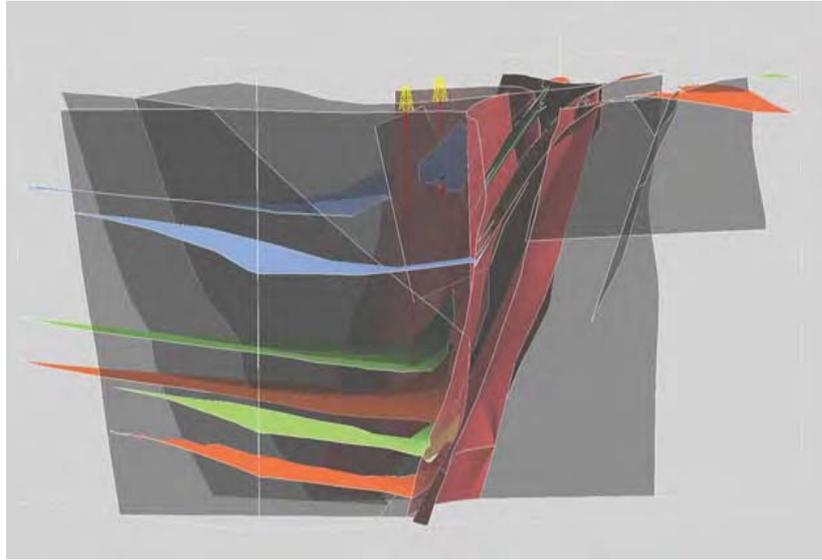
Störungen in 5000m Tiefe (teilweise 3D Modell)
Inkl. Darstellung von historischen Epizentren (rote Kreise)
Abb. Aus Bericht Serianex 2009



Das 3D Modell von GeORG bildet eine Grundlage für das Verständnis der Tiefengrundwassersysteme und es liefert die verfügbaren Rahmenbedingungen für weiterführende Analysen oder Berechnungen. In dieser Funktion kam es auch bei der Optimierung der Geothermischen Anlage in Riehen zum Einsatz. Für eine begleitende Forschungsarbeit an der Universität Neuenburg wurde das Teilmodell „Riehen“ (4x4 km) zur Verfügung gestellt.



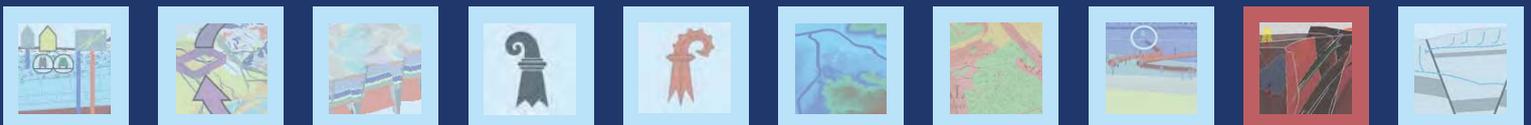
Geologisches Modell im Gebiet der geothermischen Anlage von Riehen (Blick von SSW) Grösse 4 x 4 km und bis 2km Tiefe



Inzwischen wurde im Rahmen von GeORG das geologische Modell „Riehen“ bereits weiterentwickelt. Gerade hier zeigt die Entwicklungsfähigkeit dieses Werkzeugs seine Stärke. Es kompiliert bestehende geologische Daten und ist offen für Aktualisierungen und Modellerweiterungen.



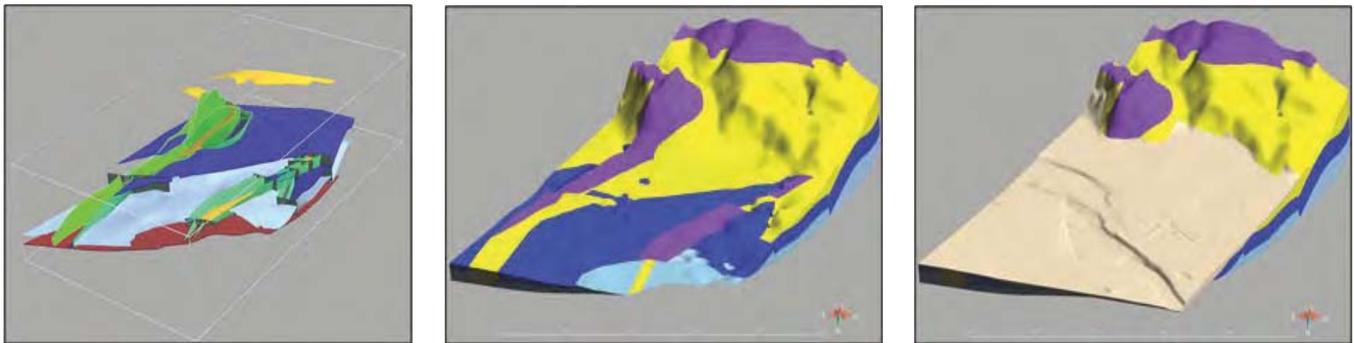
Blick in die Rheintalflexur bei Riehen: Entlang dem Übergang zwischen Oberrheingraben und Tafeljura (Flexurzone) sind die geologischen Schichten kleinräumig zerbrochen und gefaltet. Durch die weitgehende Masstabsunabhängigkeit des geologischen 3D Modells können auch solche Strukturen abgebildet werden. Allerdings stellt eine hochauflösende flächendeckende Modellierung eine grosse Herausforderung für die Zukunft dar (Löss und Hangschutt: gelb, zerbrochenes Deckgebirge: hellblau, Deckgebirge: hellblau, Muschelkalk).



Rolle des 3D Geologischen Modells bei der Evaluation der Auswirkungen unkontrollierter Steinsalzlösungen im Untergrund und als Grundlage für den regionalen Grundwasserschutz in Karstgebieten

Grundwasserzirkulation im Gebiet Muttenz – Pratteln

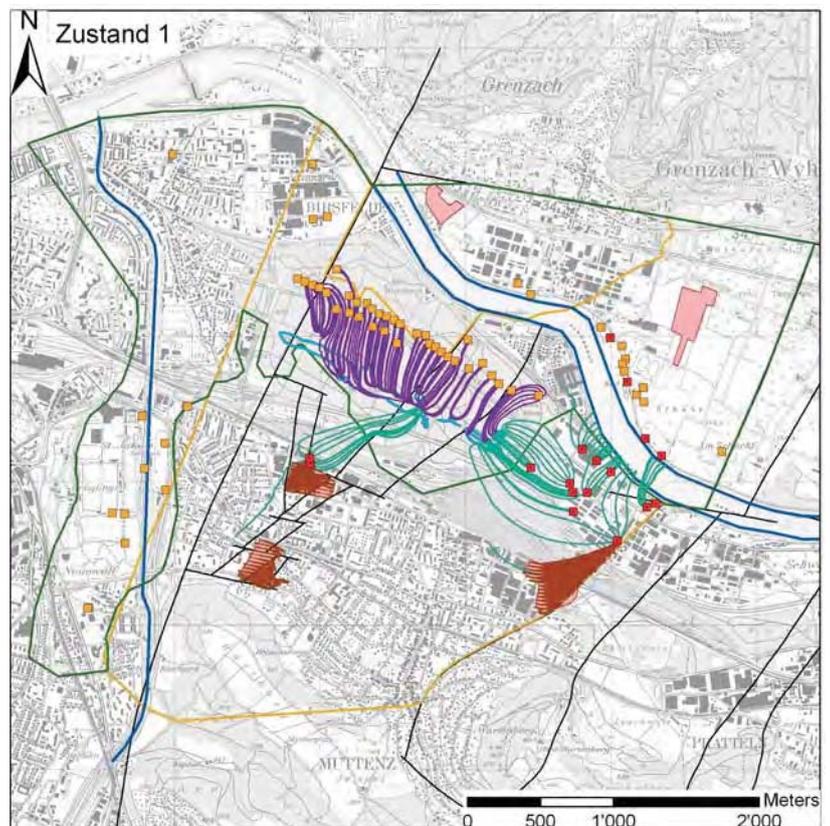
Beim Bau des Adlertunnels, Bestandteil des europäischen N-S Bahnnetzes, konnten Gebietsabsenkungen zwischen Muttenz und Pratteln von bis zu 10cm/Jahr beobachtet werden. Der Ursprung der Senkungen liegt in der unterirdischen Laugung (Subrosion) von Steinsalz aus den Gesteinsformationen des Mittleren Muschelkalks (Trias). Steinsalz wird gelaugt, wenn NaCl-untersättigtes Grundwasser mit dem Steinsalzlager in Kontakt kommt. Neben einer natürlich ablaufenden Laugung durch regionale Grundwasserzirkulation kann unkontrollierte Lösung von Steinsalz durch konkurrierende Grundwassernutzungen oder Salzblaugung beschleunigt werden.



Ausschnitt des Grundwassermodells Muttenz – Pratteln, Grösse: 3km x 5.5km x 0.5km, Jura (violett), Keuper (gelb), Später Muschelkalk (dunkelblau, Grundwasserleiter), Mittlerer Muschelkalk (hellblau), Quartäre Lockergesteinsauflage (beige, Grundwasserleiter), Blick von NW

Die geklüfteten, und teilweise verkarsteten Gesteine des Oberen Muschelkalks stellen im gesamten Untersuchungsgebiet einen bedeutenden regionalen Grundwasserträger dar. Für das Verständnis der regionalen Grundwasserzirkulation bildet die räumliche Geologie eine Grundlage. Dies vor allem deshalb, weil im Tafeljura die geologischen Schichten von keilförmigen Gräben oder Horst- und Grabenstrukturen gegeneinander versetzt und verstellt sind. Entsprechend komplex ist das Muster von grundwasserführenden und stauenden Schichten im Untergrund. Zudem können quellfähige oder leichtlösliche Gesteine in Kontakt zu Grundwasser kommen.

Das 3D Geologische Modell erlaubte die Abbildung von Bruchflächen und hydrostratigraphischen Horizonten, welche Grenzen zwischen grundwasserleitenden und stauenden Schichten darstellen. Im Modellgebiet Muttenz-Pratteln sind dies Topographie, Felsoberfläche, Top und Basis des Keupers, Top Trigonodusdolomit, Top Obere Sulfatzone, sowie Top Unterer Muschelkalk.



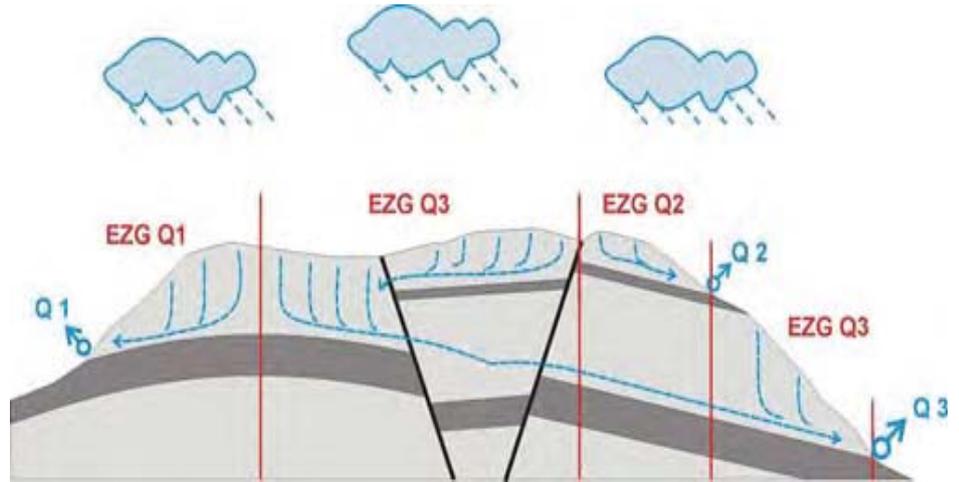
Kartendarstellung von Grundwasserfliesspfaden eines berechneten Modellszenarios (Abb. aus BGA BL 155)



Grundwasser in Karstgebieten

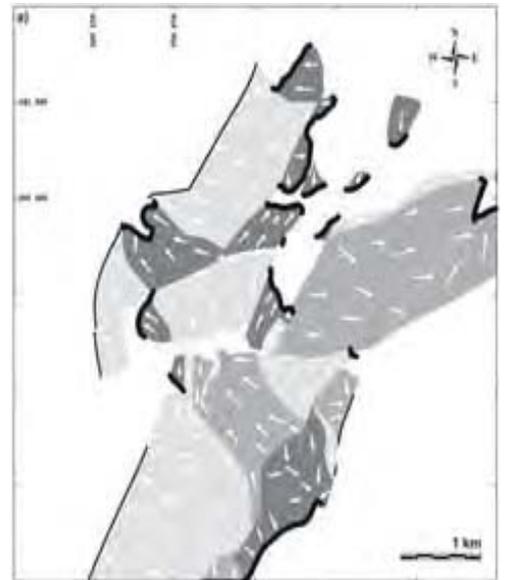
Die Verletzlichkeit des Grundwassers in Karstgebieten und der daraus gespeisten Quellen ist abhängig von der Reinigungsleistung des geologischen Untergrundes. Die Quellwasserqualität in Karstgebieten ist oft starken Schwankungen unterworfen. Besonders nach starken Niederschlagsereignissen und bei Schneeschmelze kann es zu Qualitätsbeeinträchtigung des Quellwassers kommen.

Die menschlichen Aktivitäten im Einzugsgebiet einer Quelle, die Verletzlichkeit der Bodenschicht und die Wasserwegsamkeit des Untergrundes beeinflussen die Wasserqualität.

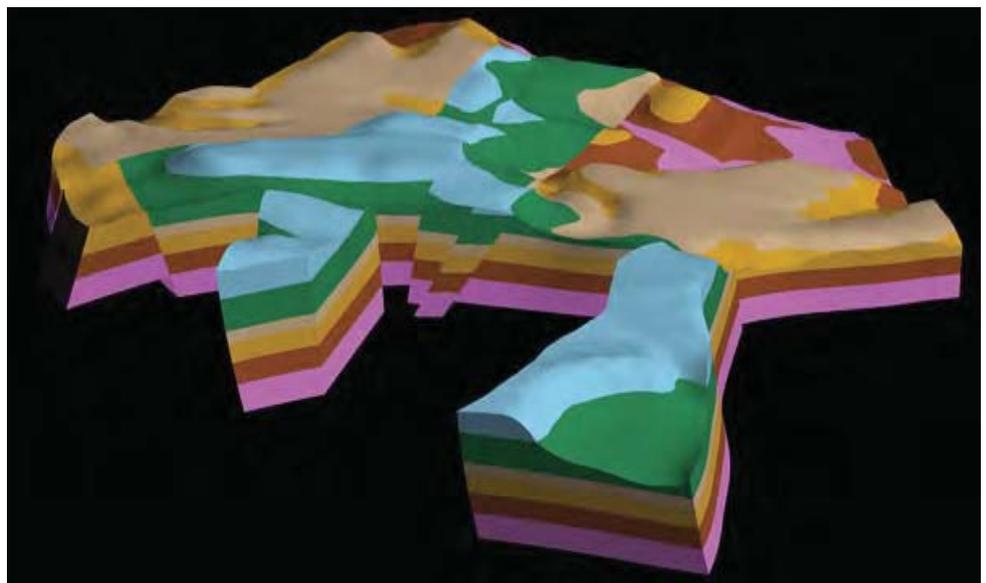


Woher kommt das Quellwasser?

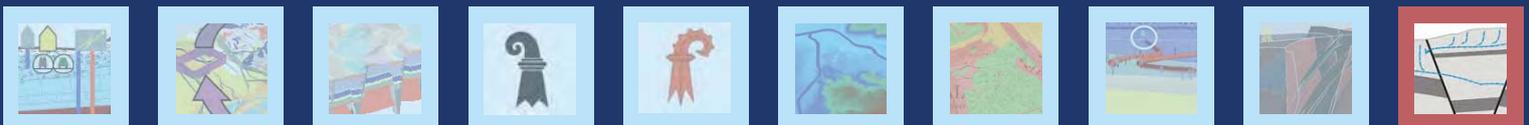
Die Ermittlung der Einzugsgebiete von Quellen ist ein wichtiges Ziel hydrogeologischer Untersuchungen. Die Einzugsgebiete von Quellen setzen sich aus „ober-“ und „unterirdischen“ Einzugsgebieten zusammen. Ein oberirdisches Einzugsgebiet umfasst die Bereiche, aus denen Niederschlagswasser, das nicht versickert, den betrachteten Quellen zufließt. Ein unterirdisches Einzugsgebiet beinhaltet die Bereiche, von denen versickernde Niederschläge zu den Quellen gelangen.



Zur Ermittlung der unterirdischen Einzugsgebiete im Tafeljura wurde in im Gebiet des Gempensplateaus ein 3D Geologisches Modell des Untergrundes verwendet. In ihm werden die hydrogeologisch wichtigen Schichtgrenzen sowie Störungszonen dargestellt. Für tieferreichende Karstsysteme können aus dem Gefälle der grundwasserstauenden Schichten, das die Fließrichtung vorgibt, die Einzugsgebiete abgeleitet werden. Störungszonen können Grundwasser-Verbindungen begünstigen oder als Stauer wirken, je nachdem welche geologischen Formationen in Verbindung gebracht werden.



Ausschnitt 3D Modell Gempen Plateau



weiterführende Informationen:

Angewandte und Umweltgeologie, Universität Basel

aug.duw.unibas.ch

EU-Projekt GeORG

www.geopotenziale.eu

Geoviewer BS

www.geo-bs.ch

Geoviewer BL

geoview.bl.ch

Risikostudie Geothermie Projekt Basel1

www.wsu.bs.ch/politikdossiers/geothermie.htm

Geothermie Riehen

Klingler, P., 2010. Charakterisierung des Geothermischen Reservoirs Riehen: 3D Struktur und Tracer-Test. Masterarbeit, Universität Neuenburg

Impressum

Angewandte & Umweltgeologie
Kantonsgeologie Basel-Stadt

Departement Umweltwissenschaften
Universität Basel

Bernoullistrasse 32
CH-4056 Basel
Schweiz
Tel: ++41 61 267 34 45
Fax: ++41 61 267 29 98

Bearbeitung:
Prof. Dr. Peter Huggenberger
Dr. Horst Dresmann
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Wiesmeier

Projektpartner



Schweizer Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



Amt für Umwelt und Energie
Kanton Basel-Stadt



Amt für Militär und Bevölkerungsschutz,
Amt für Umweltschutz und Energie
Kanton Basel-Landschaft



Universität Basel:
Abteilung Angewandte
und Umweltgeologie, Schweiz



Bureau de Recherches
Géologiques et Minières (BRGM)
France



Landesamt für Geologie und Bergbau
(LGB) Rheinland-Pfalz



Regierungspräsidium Freiburg
Landesamt für Geologie,
Rohstoffe und Bergbau (LGRB)
Baden-Württemberg



Kommission Klimaschutz
der Oberheinkonferenz
Frankreich, Schweiz, Deutschland



Conseil Général du Bas-Rhin (CG67)



Conseil Général du Haut-Rhin (CG68)



Région Alsace



ADEME



Communauté du Strasbourg

