

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 137 (2011)
Heft: 27-28: Unter der Oberfläche

Artikel: Ordnung im Untergrund
Autor: Huggenberger, Peter / Dresmann, Horst
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-154179>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

ORDNUNG IM UNTERGRUND

Bei vielen Bauvorhaben endet der Planungshorizont an der Erdoberfläche. Für den Untergrund fehlen hingegen, mangels ausreichender Daten und Erfahrungen, meistens verbindliche Regeln. Seine Bedeutung als Träger von Infrastrukturen nimmt aber rasch zu. Deshalb ist die nachhaltige Planung der Nutzung des Untergrundes unabdingbar. Die Werkzeuge dazu sind geologische 3D-Modelle, die die erforderlichen Daten zur Verfügung stellen.

Titelbild

Portal Ost des ertüchtigten Tunnels Eggflue der H18-Umfahrung Greifensee
(Foto: Tiefbauamt Kanton Basel-Landschaft)

Der frei verfügbare Raum in urbanen Gebieten ist knapp. Deshalb werden Verkehrslinien und Infrastrukturen vermehrt in den Untergrund verlegt. Auch Gebäude wachsen nicht nur in die Höhe, sondern in zunehmendem Ausmass auch in die Tiefe. Die unterirdischen Nutzungen haben vielfache Auswirkungen auf den natürlichen Untergrund.

WÄRME UND UNSICHTBARE HINDERNISSE IM BODEN

Bauen im Untergrund hat oft eine Wärmeabstrahlung zur Folge, die zu einer Erhöhung der Temperaturen im geologischen Untergrund bzw. zu einer Temperaturerhöhung im dort zirkulierenden Grundwasser führt. Dadurch kann ihr chemisches und biologisches Gleichgewicht gestört werden. In kiesigem Untergrund können je Kubikmeter bis über 200 Liter Wasser gespeichert werden.

Einbauten verringern das Speichervolumen und teilweise auch die Durchgängigkeit des Untergrunds für das Grundwasser. Für den Trinkwasserschutz sind diese Einwirkungen im Allgemeinen von untergeordneter Bedeutung. Hingegen führen sie zu unerwünschten Nebeneffekten, beispielsweise einer Umlenkung von Grundwasserströmen. Durch grössere Grundwasserspiegelabsenkungen bei Baustellen können zusätzlich Schadstoffe von Industriealtlasten oder Betriebsstandorten mobilisiert und unkontrolliert verfrachtet werden. Zudem wird dem Risiko von Geländeabsenkungen oder Tagbrüchen während der Bauphase mit Zementinjektionen begegnet. Dadurch entstehen, je nach Bauwerkgrösse, lokal bis regional irreversible Verringerungen der Porosität und der Durchlässigkeit des Untergrundes.

REGIONALES GEOLOGISCHES 3D-MODELL

Das 3D-Modell der Region Basel (600 km²) ist Teil eines Interreg-IV/A-Projektes («GeORG», www.geopotenzielle.org) mit dem Ziel, grenzübergreifend ein geologisches 3D-Schichtenmodell des Oberrheingrabens zwischen Basel und Mannheim zu erarbeiten. In dem Gemeinschaftsprojekt der geologischen Dienste aus Rheinland-Pfalz (LGB), Baden-Württemberg (RPF-LGRB), Frankreich (BRGM) sowie der Universität Basel arbeiten mehr als 25 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zusammen. Ihre Aufgabe ist es, die in der Region verstreut vorhandenen Daten zusammenzutragen, zu interpretieren und schliesslich daraus ein konsistentes 3D-Modell zu erstellen.

Finanziert durch das BFE wird im Schweizer Teilgebiet exemplarisch das Modell zu 3D-Raumkörpern erweitert. Den diskreten Raumkörpern der geologischen Einheiten können individuelle Gesteinseigenschaften zugewiesen werden. Daraus können dann Grundwasserzirkulationssysteme, Wärmetransport oder die Ausbreitung seismischer Wellen in 3D berechnet werden. Solche Modellrechnungen liefern Grundlagen für die Beantwortung vieler Fragestellungen im Zusammenhang mit der Ressourcenbewirtschaftung des Untergrundes.

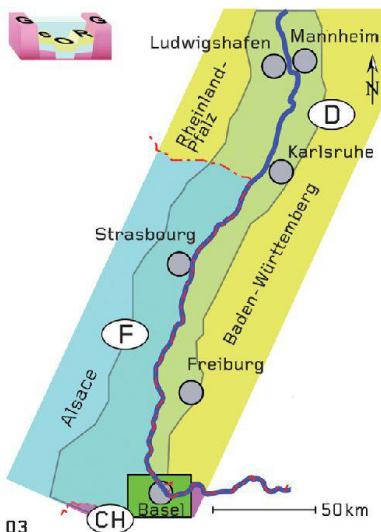
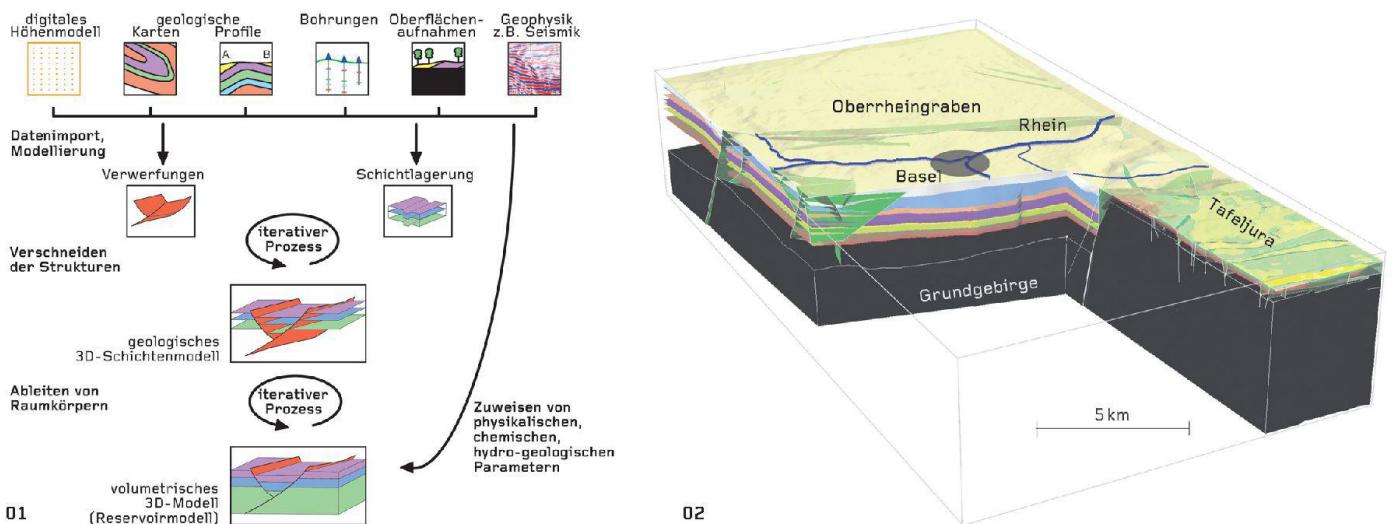
Das Projekt «GeORG» wird von der Europäischen Union durch den Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert.

INTERESSENKONFLIKTE UND UNSICHERHEIT IM UNTERGRUND

Während für die Planung an der Oberfläche raumplanerische Vorgaben existieren, herrscht im Untergrund «Anarchie».¹ Es gibt nur wenige Regeln für dessen Nutzung, die auch die gegenseitige Beeinflussung konkurrenzierender Nutzungen beinhalten. Dadurch sind Nutzungskonflikte vorprogrammiert. Ausserdem ist es immer noch weit verbreitete Praxis, dass bei Infrastrukturvorhaben im Untergrund nicht der Schutz der natürlichen Ressourcen, sondern das jeweilige Projekt im Vordergrund steht.

Das Fehlen von geeigneten Regeln kann zu nicht zu unterschätzenden Gefährdungen führen, so zum Beispiel beim Bau von untiefen Geothermieanlagen (Staufen D), beim Auftreten unterirdischer Salzlösung (Adlertunnel BL) oder durch Quellen von Gesteinen bei der Umwandlung von Anhydrit zu Gips wie beim Chienberg- und beim Belchentunnel (BL und SO).

Um den Untergrund in nachhaltiger Weise zu nutzen, bedarf es einerseits der raumplanerischen Priorisierung von Verkehrs- und Versorgungslinien von nationaler bzw. internationaler Bedeutung gegenüber individuellen Eingriffen in den Untergrund durch Private. Andererseits ist dem Aufbau und den Besonderheiten des geologischen Untergrundes Rechnung zu tragen. Die Kenntnis davon ermöglicht, unter Einbezug eines geologischen 3D-Modells als Werkzeug für die Planung, differenzierte Lösungen bei der Nutzung des Untergrundes. Ausgehend von solchen Überlegungen hat die Abteilung Angewandte und Umweltgeologie (AUG) der Universität Basel im Rahmen ihres Leistungsauftrags «Zusammenführen der geologischen Daten mit den beiden Kantonen BS und BL» bereits 1993 begonnen, lokale



projektbezogene geologische 3D-Modelle aufzubauen. Seit 2008 läuft zudem ein im Rahmen des INTERREG-Programms unterstütztes Projekt («GeORG») zur Charakterisierung geologischer Potenziale auf der Basis eines 3D-Modells entlang des Oberrheins (Abb. 3, vgl. auch Kasten S. 20).

DYNAMISCHES 3D-MODELL ALS WERKZEUG

Die Entwicklung eines dynamisch anpassbaren geologischen 3D-Modells als Werkzeug für eine problemorientierte 3D-Raumplanung bedingt eine grosse Flexibilität sowohl im Datenmanagement als auch in der 3D-Modellierung. Veränderungen der Datenlage, des Modellinhalts oder der Modellgrösse müssen verarbeitet werden können. Die Erstellung des 3D-Modells beruht auf einem neuen Konzept, das Datenbank, Geoinformationssystem (GIS) und 3D-Modellierung kombiniert.

Zu jedem Modellhorizont, in der Regel eine geologische Formation, existiert ein eigenes thematisches GIS-Projekt. In ihm werden alle Eingangsdatensätze und, nach Abschluss eines Modellierungsschrittes, auch die resultierende Horizontgeometrie verwaltet. Eng verknüpft sind diese GIS-Projekte mit einer Datenbank, die über 9000 Bohrungen aus der Region beinhaltet. Schon Ende der 1980er-Jahre hatte man in Basel die Notwendigkeit einer Bohrdatenerfassung erkannt und für das Baugrundarchiv des Kantons Basel-Stadt sowie für Bohrungen aus Basel-Landschaft eine Datenbank entwickelt. Seitdem wird deren Inhalt, aber auch deren technische Ausführung kontinuierlich gepflegt und weiterentwickelt. Die Datenbank verfügt über speziell programmierte Exportmöglichkeiten, um die geologische Abfolge einer Bohrung als File für die 3D-Modellierung bereitzustellen. Dies erspart umständliche Formattanpassungen und verhindert Fehler und Datenverlust. Das eigentliche geologische 3D-Modell wird mittels der Softwareapplikation GOCAD (Geological Objects Computer Aided Design) erstellt (siehe Kasten S. 22).

Die Datenverwaltung in thematischen GIS-Projekten ermöglicht einen schnellen Vergleich von neuen Daten (beispielsweise Bohrungen) mit schon erstellten Modellhorizonten, um Abweichungen ersichtlich zu machen. Solche Abweichungen begründen sich nicht nur in der Qualität der modellierten Fläche, ihre Ursache kann auch mit der Qualität eines Eingangsdatensatzes (beispielsweise geologische Bohraufnahmen) zusammenhängen.

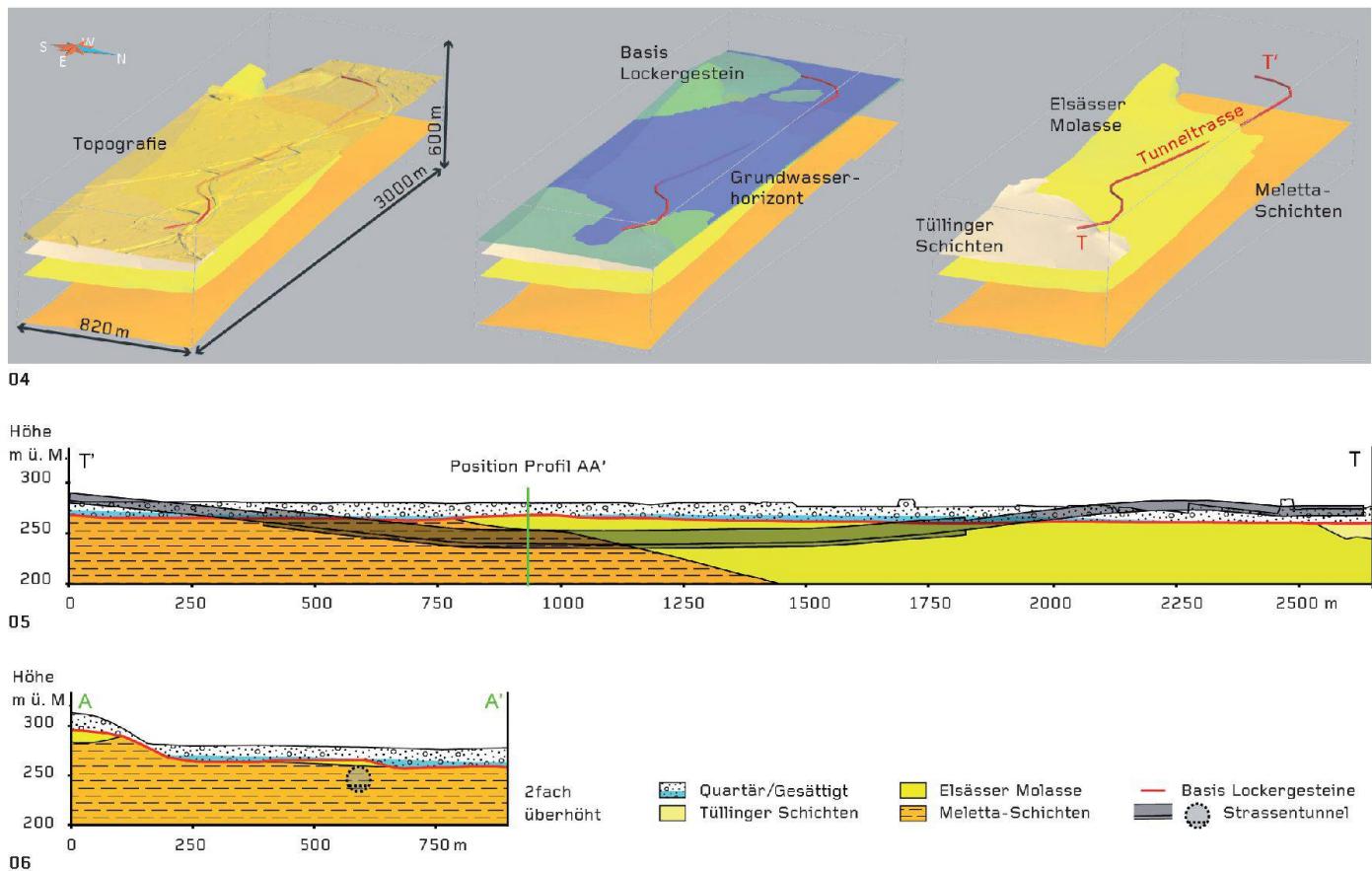
ANWENDUNGEN DES GEOLOGISCHEN 3D-MODELLS IN DER REGION BASEL

Der aktuelle Bearbeitungsstand des Modells der Region Basel (Abb. 2) beinhaltet 180 Verwerfungen und 17 geologische Horizonte bis in eine Tiefe von 6000m. Aus diesem regionalen Modell wird je nach Fragestellung ein lokales Teilmmodell extrahiert. In diesem einfach zu handhabenden Teilmmodell können spezifische Probleme angesprochen werden. Ergebnisse werden anschliessend wieder in das regionale Modell integriert, wodurch das regionale 3D-Modell sukzessive weiterentwickelt wird.

01 Fließschema einer 3D-Modellierung (Bilden: Autoren)

02 Ausschnitt aus dem geologischen 3D-Modell für die Region Basel

(Grösse 20 km x 30 km x 6 km)
03 Schematische Übersicht des Projektgebiets «GeORG»-Interreg-IV/A (schattiert). Das Teilmodell Schweiz ist dunkelgrün hervorgehoben



04 Lokales Teilmodell im Bereich der geplanten Tunneltrasse im Basler Süden. 3D-Ansicht mit Topografie (links), Basis der Lockergesteine und Grundwasserspiegel (Mitte) und Geologie der vom Tunnel durchfahrenen Schichten (rechts)

05 Geologisches Längsprofil (TT') der geplanten Tunneltrasse im Basler Süden

06 Geologisches Querprofil (AA') der geplanten Tunneltrasse im Basler Süden

Die Planungen zu einem Autobahntunnel im Basler Süden sind ein Beispiel für die Anwendung eines 3D-Modells. Im Zusammenhang mit den Vorabklärungen bei der Planung der Verbindung «Anschluss Margarethenstrasse – Anschluss St. Jakobsstrasse West» (A2-Abschnitt 7) wird die Linienführung eines neuen Tunnelbauwerks evaluiert, welches das Bahnareal und einen Teil des Gundeldinger Quartiers im Südwesten von Basel unterquert. Die Angewandte und Umweltgeologie an der Universität Basel hat mithilfe einer GOCAD-Konstruktion zuhanden des Hochbau- und Planungsamts Basel-Stadt die aktuellen geologischen, hydrologischen und geotechnischen Daten entlang der geplanten Trasse zusammengestellt.

Anmerkung

1 Tages-Anzeiger, 29.4.2011, S. 3

«Der Bund arbeitet an Regeln gegen die Anarchie unter der Erdoberfläche»

3D-MODELLIERUNG

Die 3D-Modellierungssoftware GOCAD wurde speziell zur Erstellung von geologischen Strukturen entwickelt. Sie bietet vielfältige Tools zur Verarbeitung von geometrischen Informationen (Abb. 1). Im frei handhabbaren Modellierungsvorgang gliedern sich die gewählten Arbeitsschritte in

- Erstellung von Verwerfungen
- Erstellung geologischer Horizonte
- Zusammenführen und Verschneiden von Verwerfungen und Horizonten.

Nach der Erarbeitung eines konsistenten 3D-Modells kann dieses in ein Volumenmodell (auch Reservoirmodell) übergeführt werden, dem Gesteinsparameter zugewiesen werden können.

LOKALES TEILMODELL FÜR BASELS SÜDEN

Dazu wurde das 3D-Modell im Basler Süden aktualisiert und ein lokales Teilmodell (Abb. 4) extrahiert. Zusätzlich wurden der Grundwasserstand im Lockergestein als zusätzlicher Horizont integriert und ein geologisches Längsprofil (Abb. 5) sowie mehrere Querprofile (Abb. 6) wurden erstellt. Auf Basis dieses 3D-Modells konnte dargestellt werden, in welchem Abschnitt die Tunneltrasse im Grenzbereich der Locker- und Festgesteine bzw. im Grundwasser verläuft. Eine Recherche in der Datenbank und im Baugrundarchiv ermöglichte eine Kompilation der geotechnischen Eigenschaften der Gesteine entlang der Tunneltrasse. Das 3D-Modell lieferte zudem auch eine rasche Visualisierung der Lage von bestehenden Nutzungen (Grundwassernutzung und Erdwärmesonden). Damit ließen sich insbesondere auch potenzielle Nutzungskonflikte zwischen Verkehrswegen und Anlagen zur Energiegewinnung frühzeitig erkennen.

Peter Huggenberger, Prof. Dr., Abteilung Angewandte und Umweltgeologie (AUG), Departement Umweltwissenschaften, Universität Basel, peter.huggenberger@unibas.ch

Horst Dresmann, Dr., Abteilung Angewandte und Umweltgeologie (AUG), Departement Umweltwissenschaften, Universität Basel, horst.dresmann@unibas.ch