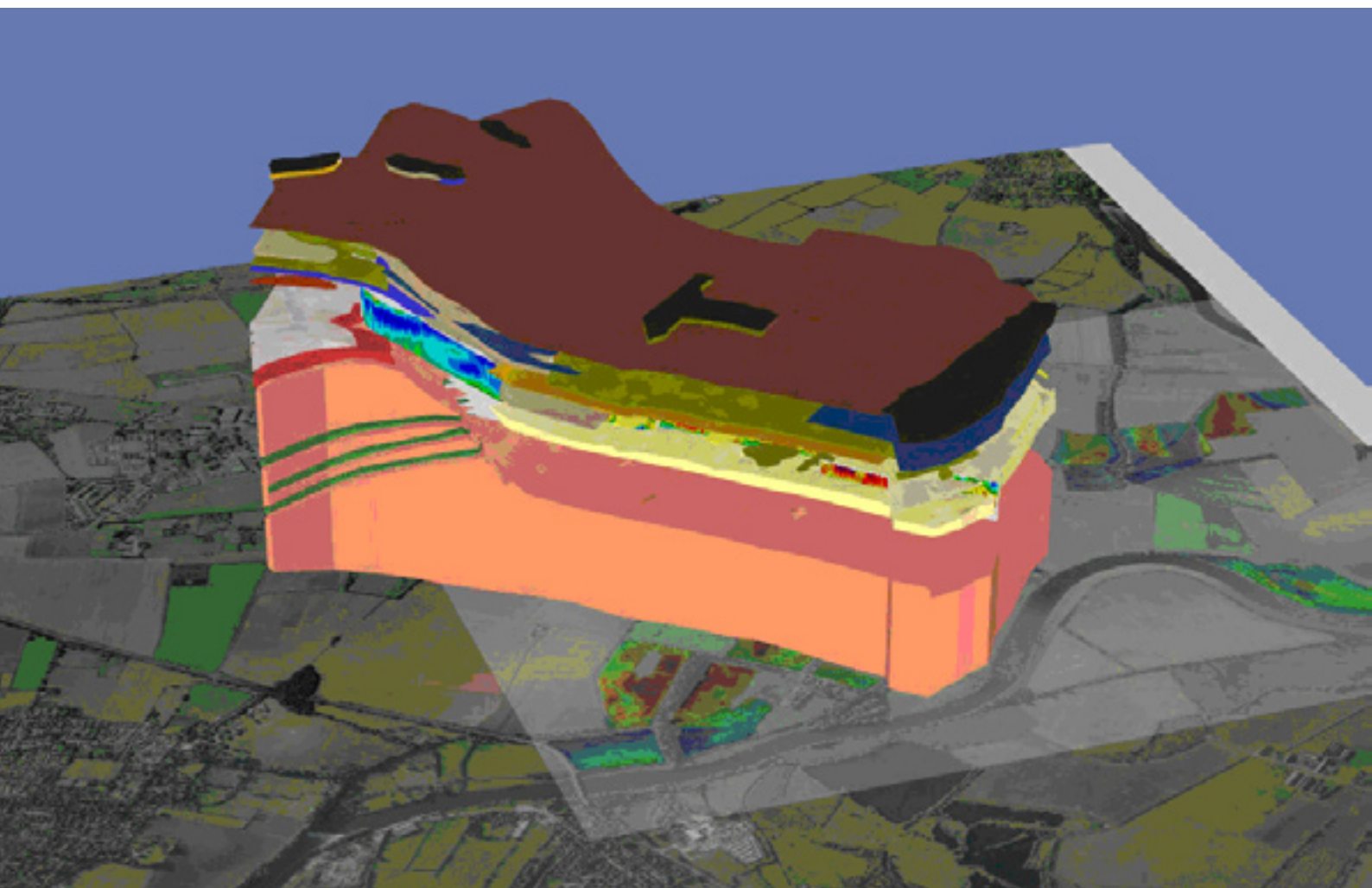




British
Geological Survey

NATURAL ENVIRONMENT RESEARCH COUNCIL



Tagungsband der zweiten Internationalen GSI3D Konferenz

British Geological Survey, Keyworth, United Kingdom 2-3 September 2008

S J Mathers (editor)

Aus dem Englischen übersetzt von Michael Howahr, Andreas Scheib und Holger Kessler

Tagungsband der zweiten Internationalen GSI3D Konferenz

Editor: S J Mathers

Aus dem Englischen übersetzt von Michael Howahr, Andreas Scheib und Holger Kessler

Contributors: Don Aldiss, Louise Ander, Sarah Arkley, Eddie Bailey, Hugh Barron, Michael Browne, Helen Burke, Freek S. Busschers, Diarmad Campbell, John Chambers, Anthony Cooper, Dick Crofts, Martin Culshaw, David Entwisle, Andrew Finlayson, Jon Ford, Fiona Fordyce, Ian Gale, Alex Gallagher, Malcolm Graham, Jan L. Gunnink, Neill Hadlow, Egon Harms, Michael Howahr, Andrew Hughes, John Isaacs, Chris Jackson, Dave Jones, Holger Kessler, Jon Lee, Sue Loughlin, Martha Lovatt, Denise Maljers, Majdi Mansour, Armin Menkovic, Joanne Merritt, Ian Molyneux, Alison Monaghan, Andrew Newell, Brigid O'Dochartaigh, Gaud Pouliquen, Denis Peach, Simon Price, Christian Robelin, Kate Royle, Andreas Scheib, Keith Seymour, Martin Shepley, Hans-Georg Sobisch, Jan Stafleu, Ricky Terrington, Steve Thorpe, Keith Turner, Thalia Vounaki, Alan Weller, Katie Whitbread, Paul Wilkinson, John Williams and Ben Wood.

Design and production: Adrian Minks and Amanda Hill

Copyright Statement

These products are copyright protected.

About BGS Copyright protected materials

- 1. The copyright of materials derived from the British Geological Survey's work is vested in the Natural Environment Research Council (NERC). Use of NERC materials is restricted under the Copyright, Designs and Patents Act 1988.*
- 2. Under the provision of the Copyright, Designs and Patents Act 1988, it is open to NERC (BGS), as the copyright owner, to take measures to prevent infringement and to bring actions against such infringement directly against unauthorised contractors or contractors making use of unauthorised copies.*
- 3. No part of these material may be commercially sold, used to provide a value added commercial product nor form part of a commercial data package without the prior written permission of the copyright holder.*

Those interested in the use of the BGS material for purposes not currently permitted should refer to the BGS for further advice. Contact Intellectual Property Rights Section, British Geological Survey, Kingsley Durham Centre, Keyworth, Nottingham, NG12 5GG. Tel +44 (0)115 936 3100. Email: ipr@bgs.ac.uk.

For personal, academic, educational, and non-commercial research use please read the terms of use on the BGS website via this hyperlink: <http://www.bgs.ac.uk/about/copyright/home.html>

Exclusion of Liability Statement

Your use of information provided by the British Geological Survey (BGS) is at your own risk. Please read any warnings given about the limitations of the information.

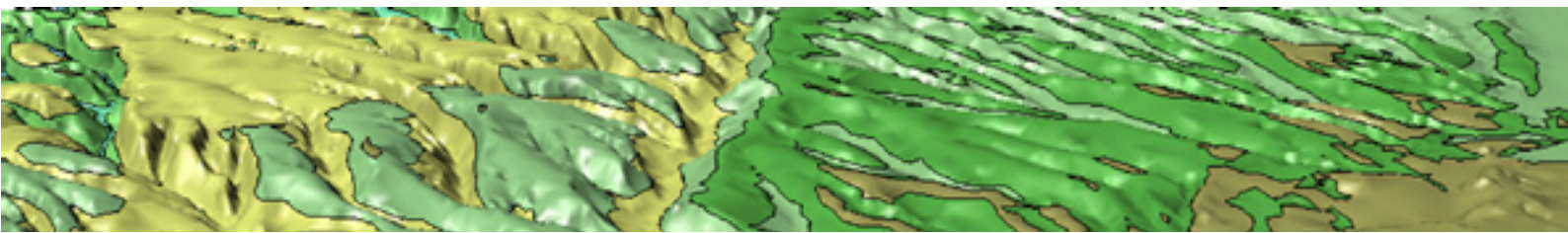
BGS gives no warranty as to the quality or accuracy of the information or its suitability for any use. All implied conditions relating to the quality or suitability of the information, and all liabilities arising from the supply of the information (including any liability arising in negligence) are excluded to the fullest extent permitted by law.

For information or publications supplied on disk or CD: If the disk or file on which the information is delivered to you is corrupt or is otherwise unusable then please call BGS on 0115 936 3197

Titelbild

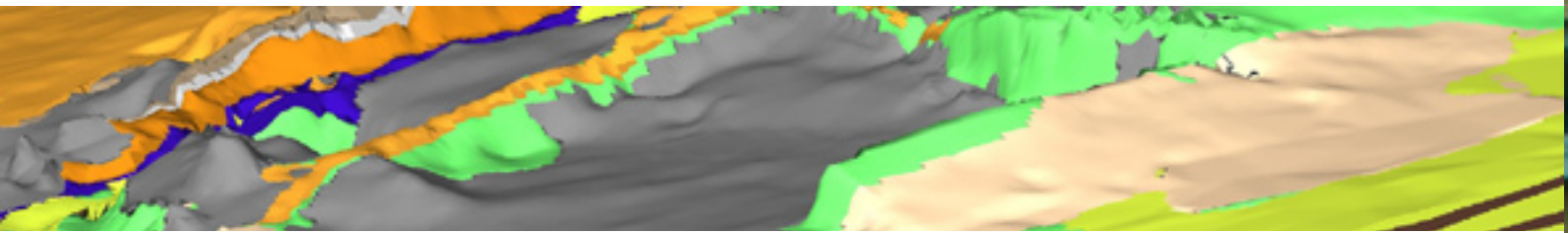
3D-Modell der Bodenhorizonte, der quartären Deckschichten sowie der Festgesteinsabfolge des Gebietes um Shelfort in der Trent-Niederung oestlich von Nottingham zusammen dargestellt mit georeferenzierten Luftbildaufnahmen und vertikalen bzw. horizontalen geophysikalischen Schnitten.

For more information on GSI3D see: <http://en.wikipedia.org/wiki/GSI3D>



Contents

Vorwort	4
Die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft von GSI3D	6
Die Erschließung des Potentials der digitalen geologischen 3D-Untergrundmodelle für geotechnische Ingenieure	8
Die Anwendung von 3D Modellierung im BGS in Studien der regionalen Grundwasservorkommen	9
Die 3D Modellierung und Visualisierung von digitalen geowissenschaftlichen Daten als Hilfsmittel für die Landnutzungsplanung in urbanen Gebieten: Beispiele vom Thames Gateway und ihre Grenzen	10
Die geologische und anthropogene Geschichte des Mersey-Korridors in 3D	12
Das flächendeckende geologische 3D-Untergrundmodell als Standardwerkzeug zur Beantwortung wasserwirtschaftlicher Fragestellungen	14
Das Erstellen eines 3D Modells des südlichen Sirte Basins, Lybien: die Integration von GSI3D, GOCAD und ArcGIS	16
Die 3D-Geologie Londons und des Thames Gateway: Eine moderne Herangehensweise an geologische Landesaufnahme und seine Bedeutung für die urbane Umgebung	18
GSI3D und Böden – das Erstellen von detaillierten 3D-Modellen des oberflächennahen Untergrundes	20
GSI3D Modellieren im Vale of York: Die Anwendung der Ergebnisse und die 4D Interpretation der Glazialgeologie	22
Neue Erkenntnisse über die Deckschichten-Geologie des Clyde Basin durch die Anwendung von NEXTmap und GSI3D-Modelle	23
Die Entwicklung von Modellen von Kreide-Einzugsgebieten im südlichen England und in Nordfrankreich	24
Die Integration von geophysikalischen und geologischen 3D-Modellierungsmethoden zur Untersuchung von begrabenen Sand- und Geröll-Ablagerungen: Ein Beispiel von der quartären Bytham River Terasse in England	26
ZOOM in GSI3D: Die Anwendung von geologischen 3D-Modellen zur Verbesserung der Parametrisierung von Grundwassermodellen	27
Die Vision geht weiter	29



Vorwort

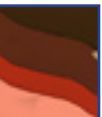
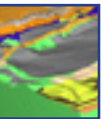
Denis Peach, Chief Scientist, British Geological Survey

Die Herausforderungen an die Umweltforschung durch die rapiden und extremen Umweltveränderungen sowie die gesetzgebenden und industriellen Gemeinschaften sind beträchtlich. Die Klimaveränderungen, die Sicherung von natürlichen Vorkommen wie Energie, Wasser und Nahrung, sowie die Bedrohung durch Umweltgefahren werden aller Wahrscheinlichkeit nach einen bedeutenden Einfluss auf unsere Art zu leben, unsere Umwelt und vielleicht sogar auf unsere Gesundheit ausüben. Nie hat es ein größeres Bedürfnis gegeben, die Erde und ihre innewohnenden Prozesse, die mit der Menschheit interagieren, zu verstehen.

Die Konstruktion von geologischen 3D-Modellen verbessert unsere Wissensbasis enorm. Interdisziplinäre Forschung und bessere Entscheidungsfindung können darauf aufgebaut werden, um die

Veränderungen der Umwelt abzuschwächen bzw. anzupassen und unsere Bodenschätze zu sichern. In den letzten zehn Jahre hat die Entwicklung geologischer Modellierungstechnologien eine kulturelle Veränderung im Denken und Verstehen eingeleitet, welche zu einer Revolution der numerischen Systeme zur Prozessmodellierung der oberen Erdschicht geführt hat. Dieses gilt für die Vorhersagen der Bodenstabilität bei Klimaveränderungen, die Reaktion des Grundwassers auf extreme Niederschläge oder Dürre oder die Fähigkeit von tiefen salzhaltigen Aquifern zur Lagerung von Kohlendioxid.

Dieser Tagungsband und diese Konferenz stellen nicht nur ein Ende eines Entwicklungsprozesses dar, sondern auch den Beginn eines besseren Verständnisses und besseren Vorhersagen von Vorgängen in der oberen Erdschicht und damit einen großen Schritt auf dem Weg, mit den Veränderungen der Umwelt zu leben.





Die Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft von GSI3D

Steve Mathers¹, Hans-Georg Sobisch², Ben Wood¹ and Holger Kessler¹

Die Softwaremethodik *Geological Surveying and Investigation in 3 Dimensions* (GSI3D) wurde während der letzten 15 Jahre entwickelt. Die ursprüngliche Software wurde von Hans-Georg Sobisch als ein Werkzeug entwickelt, um die oberflächennahen quartären Lockergesteinsabfolgen zu modellieren. Hierzu wurde ein Profilschnitt-Verfahren verwendet. Zwischen 2001 und 2005 wurde der British Geological Survey (BGS) zum Prüfstand für die beschleunigte Entwicklung dieser Softwaremethodik, zunächst durch das Digital Geoscience Spatial Model (DGSM) Projekt. Dieses Projekt erhielt die Aufgabe, existierende Softwarelösungen zu untersuchen und dem BGS eine Empfehlung zu unterbreiten, um die Umstellung von einer kartographischen- zu einer Modellierungsform zu realisieren, sowohl was die Arbeitspraktiken als auch die Arbeitsleistung betraf. Die Verwendung von GSI3D in der systematischen Landesaufnahme, in Studien die urbane sowie küstennahen Gebiete betreffen und im Ingenieurwesen folgten sobald. Jedoch wurde die Anwendung von GSI3D innerhalb des BGS nur dadurch ermöglicht, da der BGS schon bereits im Jahre 2000 Folgendes vorweisen konnte: digitale geologische Karten in Maßstäben, die für die Modellierung geeignet waren; lizenzierte und das ganze Land umfassende hochauflösende Digitale Geländemodelle (DGM); sowie Bohrungsstamm und -Schichtdaten, mit entsprechenden Nachschlagewerken für die lithologischen und stratigraphische Terminologien. GSI3D macht sich diese Daten, besonders in Kombination mit der Fuelle von geologischen Wissens der Wissenschaftler, erfolgreich zunutze um geologische 3D-Modelle zukonstruieren (Abb.1).

Der BGS erstellt nun 3D Modelle routinemäßig als Teil seines Science-Budget Programms. Diese befinden sich in vier unterschiedlichen Auflösungen 1:1 Million, 1:250.000, 1:50.000 und 1:10.000. Diese Modelle sind so strukturiert und attribuiert, dass sie den Anforderungen einer breiten Auswahl von Anwendern entgegenkommt und werden auf lange Sicht den Platz traditionellen Kartenmaterials einnehmen. GSI3D ist immens wichtig für die Erstellung flacher Untergrundmodelle der Deckschichten und einfacher Festgesteinsabfolgen im Detailmaßstabsbereich.

GOCAD ist momentan die andere häufig verwendete Software beim BGS und der nun mögliche Dateiaustausch zwischen beiden Softwarepaketen bedeutet, dass einige Modelle durch ein kombiniertes Verfahren entstehen. Bis jetzt sind detaillierte Modelle für den Großraum London und den Entwicklungsbereich 'Thames Gateway'

konstruiert worden, sowie für Teile von südost East Anglia, Manchester, Merseyside, York und Glasgow. GSI3D wird seit geraumer Zeit ebenfalls dazu benutzt, 3D Modelle fuer externe Kunden wie z.B. das Umweltamt für England und Wales (Environment Agency, EA), den Wassersektor, sowie Kommunen und Gemeinden zu erstellen. Diese werden gewöhnlich nach den Spezifizierungen der Kunden erstellt

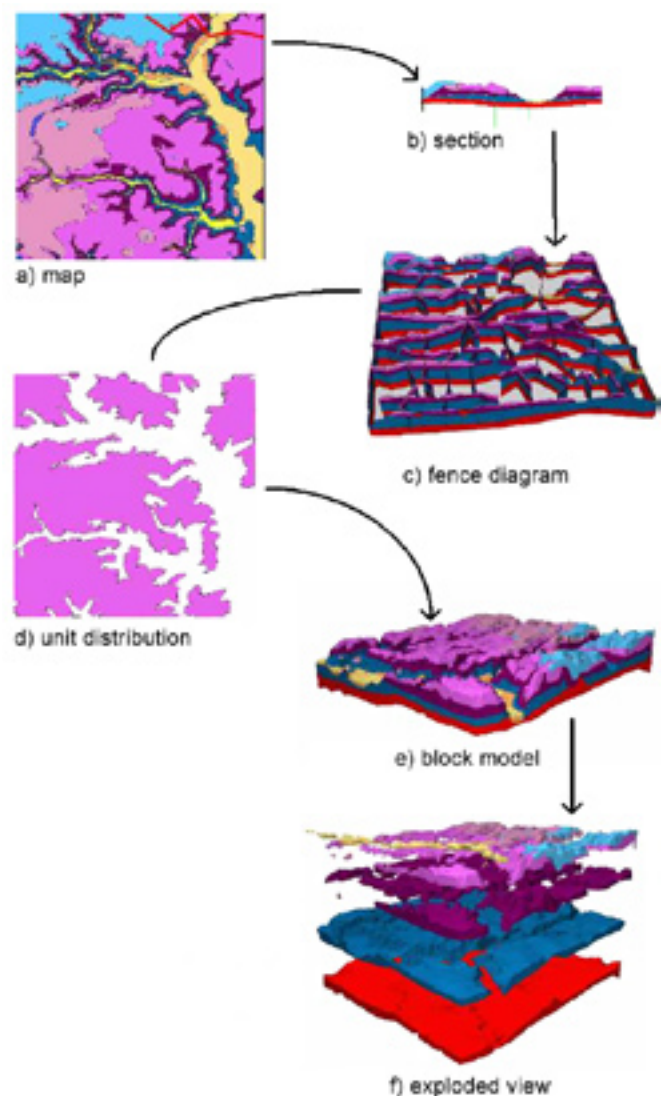


Abb. 1 Das GSI3D Arbeitsverfahren zur Modellierung von Oberflächen- und Grundgestein-Geologie. Dieses Beispiel erstreckt sich ueber das Kartengebiet TM24 um Woodbridge in Suffolk und reicht hinunter bis zur oberen Schicht des Kalksteins. Die Lambeth-Gruppe ist in rot zu sehen, überlagert durch den London Clay (Ton) in blau, den Red Crag in kastanienbraun, Oberflächensande und -kiese in Schattierungen von rosa und Lowestoft Till (Geschiebelehm) in hellblau.

¹ British Geological Survey, UK, ² INSIGHT GmbH Hochstadenstrasse 1-3, 50674 Köln, Germany



und werden hauptsächlich für das Grundwassermanagement, die Anreicherung und den Schutz der grundwasserführenden Schicht sowie für archäologische Untersuchungen und Planungen genutzt. Viele dieser Modelle konzentrieren sich auf wichtigen Schichten, wie z.B. Kalkstein und den Sherwood Sandstein.

Im Jahr 2007 begann der BGS ein dreijähriges Forschungsprojekt, um den Gebrauch und Anwendung der GSI3D Softwaremethodik auf verschiedenen Arten der Geologie des Grundgebirges auszudehnen, besonders auf Verwerfungen (Auf- und Abschiebungen, Blattverschiebungen, Überschiebungen etc.), Verfaltungen, Intrusionskörper und überkippte Lagerungen. Erste Ergebnisse aus dieser Entwicklungsarbeit kommen aus den Testumgebungen Londons und Plympton (Wales). (Abb.2) Wir hoffen, eine Beta-Version der neuen GSI3D Festgesteins-Software im Frühjahr 2009 den ersten Anwendern zur Verfügung zu stellen. Kunden können die GSI3D

Modelle auf verschiedenen Wegen bekommen. Geologische Modelle können im Internet in der Form von Flash Animationen und 3D PDFs eingesehen werden, die den Benutzern eine Vorschau des Modells und interaktive Funktionalität ermöglicht. Der BGS verwendet auch einen auf Java basierenden 3D-Viewer, der eine Teilmenge der GSI3D Software darstellt und *Subsurface Viewer* genannt wird. Dieser wird in Kürze durch eine Festgesteins-taugliche Version ersetzt werden, den *LithoFrame Viewer*. Durch diese Anwendungen kann der Benutzer synthetische Bohrlöcher und Profilschnitte erzeugen, die Themenmerkmale des Modells ändern, Isolinienkarten erstellen und das Modell für detailliertere Analyse in einer Explosionsansicht betrachten. Diese Berechnungen werden auf dem PC des Benutzers ausgeführt, so dass nur die Daten per Internet oder CD-ROM übermittelt werden müssen. Die Daten können auch in vielen anderen Formaten an Kunden geliefert werden, wie z.B. ASCII-Formate (XYZ und Raster), ESRI Shapes und Raster sowie VRML Oberflächen.

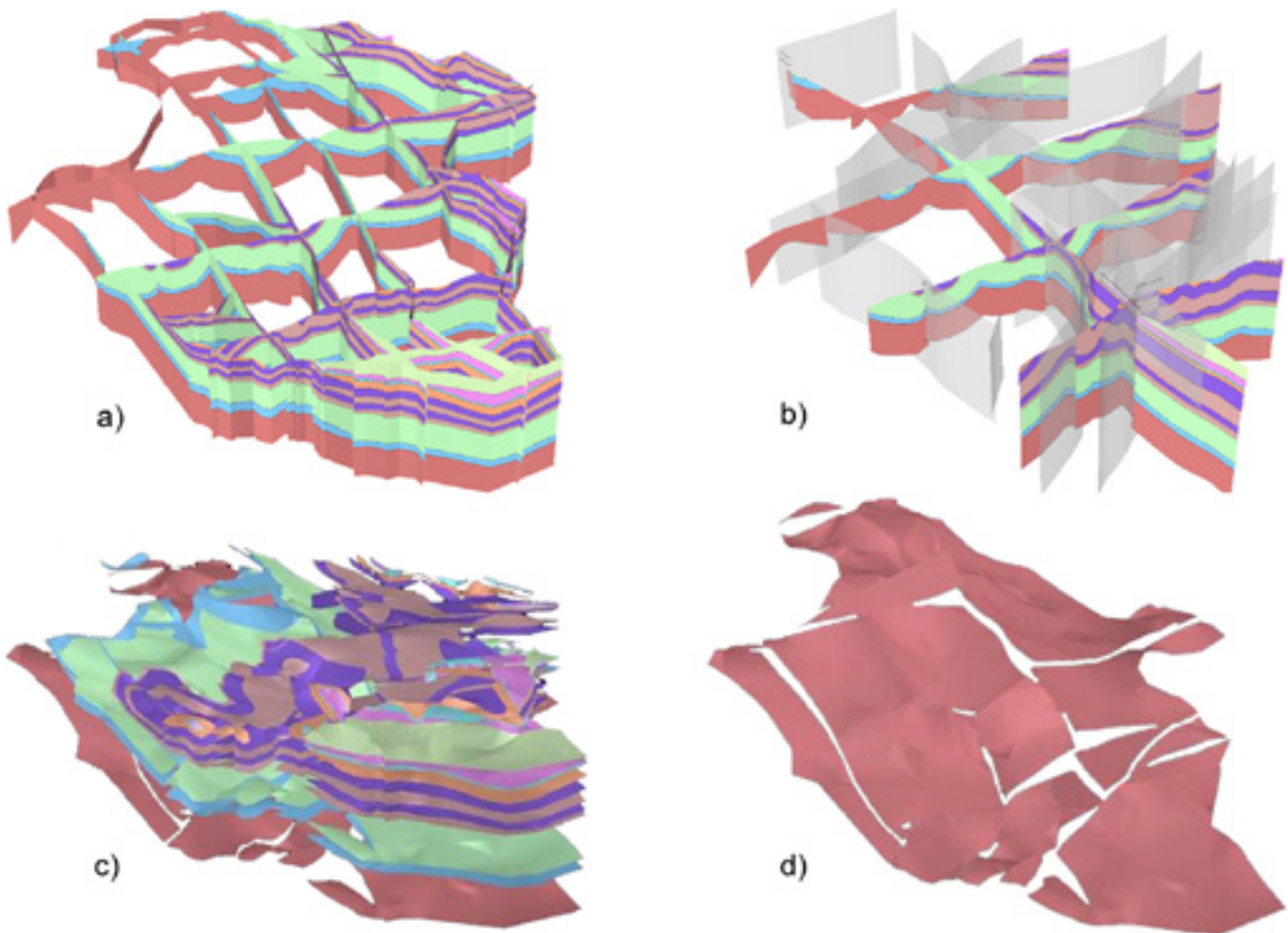
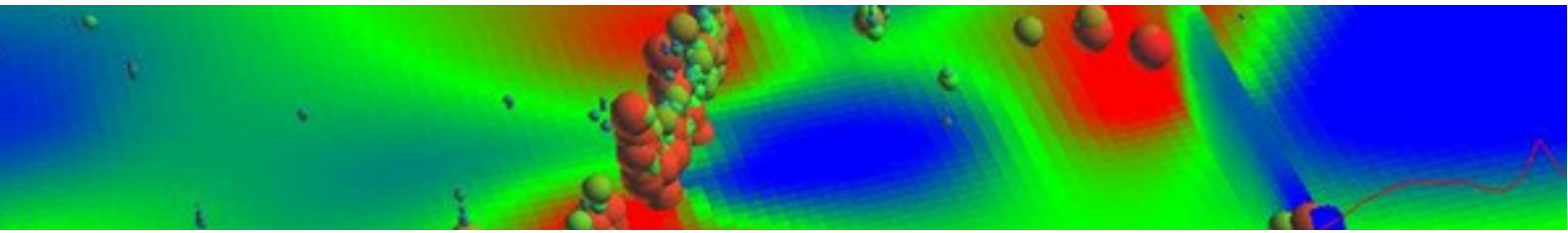


Abb. 2 Das Plympton Testmodell zur Festgesteins-Modellierung: a) Komplettes Profilschnittnetz, das die gefalteten paläozoischen Schichten zeigt. b) Verwerfungen in durchsichtigem grau

mit ausgewählten Profilen des Schnittnetzes. c) Berechnete Basisflächen. d) Einzelne Basisfläche mit Ab- und Aufschiebungen sowie Scherbrüchen



Die Erschließung des Potentials der digitalen geologischen 3D-Untergrundmodelle für geotechnische Ingenieure

Keith Turner¹, Holger Kessler² and Martin Culshaw³

Die erfolgreiche Ausführung von umfangreichen und komplexen Untergrund-Bauprojekten im städtischen Umfeld hängt immer mehr von einer präzisen Definition der Bedingungen des Untergrundes ab. Geologische Bedingungen dominieren die Kosten und die Machbarkeit dieser Projekte. Während der letzten zwei Jahrzehnte sind eine Reihe von verfeinerten 3D-Modellieretechniken entwickelt worden, doch ihre routinemäßige Anwendung in geotechnischen Baugrunduntersuchungen war beschränkt.

Geotechnische Ingenieure benötigen geologische 3D-Untergrundmodelle, die genau den räumlichen geologischen Rahmenbedingungen darstellen und angemessene Informationen der geotechnischen Charakteristika aller geologischen Merkmale enthalten. Für Projekte, die sich in regionalen Bewertungsphasen oder ersten Planungsstadien befinden, dienen diese Modelle zunächst als Kommunikationswerkzeug, welche den individuellen geologischen Einheiten einheitliche Eigenschaften zuordnen, und können durch einfache Vorgehensweisen in der Modellkonstruktion wirtschaftlich entwickelt werden. Im Gegensatz dazu benötigen Projekte, die sich bereits im Stadium detaillierterer Bodenuntersuchungen oder der Projektgestaltung befinden, ein genaueres Verständnis der natürlichen Variabilität der häufig sehr komplexen Geologie und eine Bewertung der räumlichen Variabilität von spezifischen geotechnischen Eigenschaften, welche auf Daten von Proben und direkten Beobachtungen basieren.



Geologische 3D-Untergrundmodelle, die einen Wert für geotechnische Ingenieure bei der Beurteilung eines Standortes besitzen, müssen die räumlichen Veränderungen ausgewählter geotechnischer Parametern und geologischen Prozesse innerhalb des Untergrunds definieren, daher verläuft die Erstellung dieser Modelle in zwei Phasen:

- Entwicklung einer angemessenen geometrischen Darstellung der grundlegenden geologischen Rahmenbedingungen (Abb.3) und
- Die Unterteilung, oder Diskretisierung dieses Rahmens, um die räumlichen Veränderungen zu definieren und vorherzusagen, die für die Vorausberechnung oder das numerische Modellieren erforderlich sind (Abb.4)

Da die Voraussage einen extrapolativen statt eines interpretativen Charakters hat, ist ein Risiko und eine Unsicherheit immer enthalten – jedoch bildet es die Basis aller Entscheidungsfindungen. Die 'Kunden' von geologischen Modellen benötigen Visualisierungen und Interpretationen, die größtenteils von hochentwickelten Visualisierungs- und Informationsmanagement-Werkzeugen abhängen. Obwohl die Integration dieser Komponenten für geotechnische Konstruktionsprojekte noch nicht üblich ist, deuten erste eingeschränkte Erfahrungen das Potential für größeren wirtschaftlichen, umweltbezogenen und konstruktionsbezogenen Nutzen an.

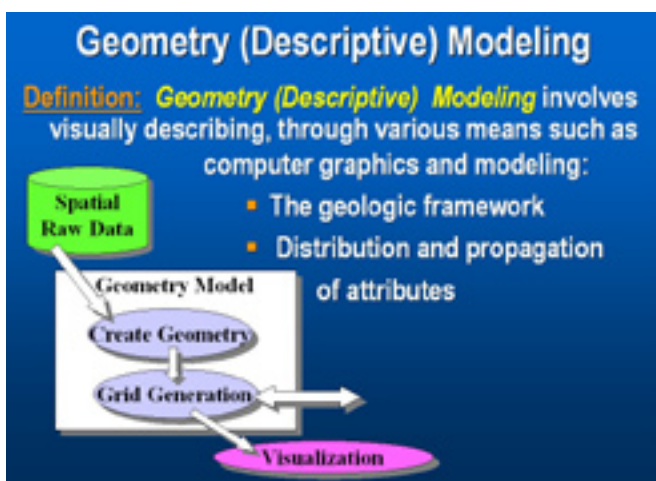


Abb. 2 Die erste Stufe beim geologischen 3D-Modellieren: die Definition der geologischen Rahmenbedingungen.

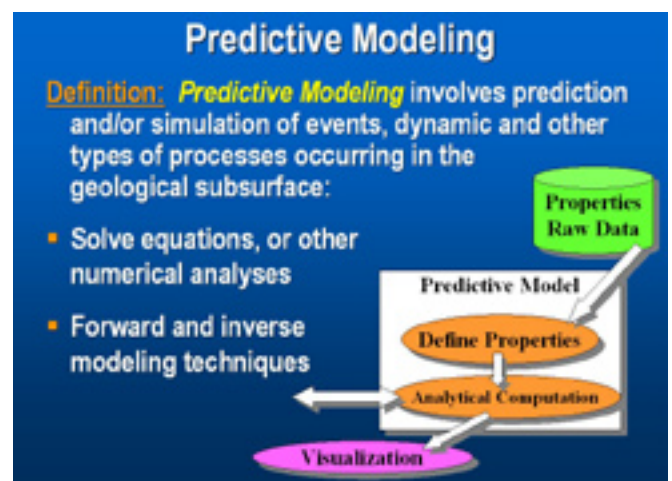
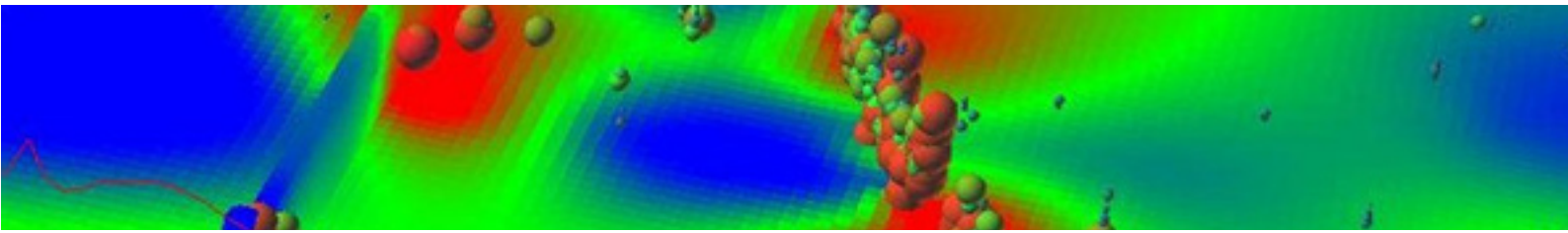


Abb. 3 Die zweite Stufe beim 3D Modellieren: die Vorhersage von Eigenschaften und Prozessen.

¹ Colorado School of Mines, Golden, Colorado, USA, ² British Geological Survey, UK, ³ University of Birmingham, UK



Die Anwendung von 3D Modellierung im BGS in Studien der regionalen Grundwasservorkommen

Keith Seymour¹ and Martin Shepley²

Seit über 10 Jahren hat das Umweltamt fuer England und Wales (Environment Agency, EA) die Vorteile des geologischen Wissens und der Datenbanken des BGS bei Untersuchungen von regionalen (auf Aquifer-Skala) Grundwasservorkommen und Modellierung in Projekten realisiert. Eine Reihe von Beispielen aus dem Nordwesten und der Midlands-Region zeigen, die Entwicklung der Arbeitsbeziehungen, und wie verschiedene Leistungen des BGS das konzeptuelle Verständnis und das numerische Modellieren unser grundwasserführenden Schichten unterstuetzt und verfeinert haben.

Das erste echte Beispiel war die Verwendung von strukturellen Konturen des Tops und der Basis des Sherwood Sandstone (Bundsandstein) Fylde Grundwasserleiter in Lancashire, welche von seismischen Werten abgeleitet wurden. Das verbesserte Verständnis und die Darstellung der Schichtmächtigkeiten als auch der Verwerfungsmuster war der Schlüssel zur Entwicklung eines zuverlässigen Modells, welches zum Management des Grundwasservorkommens verwendet wird.

Bei Untersuchungen zur hydrogeologischen Reaktion des Grundgesteins im Mersey Stromgebiet und im Grundwasserleiter des Sherwood Sandstone in den East Midlands und East Yorkshire wurde ersichtlich, das bei Wasserentnahme Verwerfungen von Bedeutung sind; die Darstellungen der geologischen 3D-Strukturen des Grundgesteins haben sich, was das verbesserte Vertrauen in konzeptuelle Modelle betrifft, als unschätzbar erwiesen und bilden eine Basis, diese in den numerischen Modellen zu testen.

Gleichermassen, durch das Erkennen der Wichtigkeit und Komplexität von Quataeren Lockergesteinsdecken beim Kontrollieren der Anreicherung, des Ausstoßes sowie Verwundbarkeit unseres Sandstein-Grundwasserleiters (zum Beispiel Abb.5), fuehrte die gewohnheitsmäßige Anwendung von GSI3D Modellen bei regionalen Studien von einem 'best-practice' zu einem Normverfahren. Maßgefertigte Produkte wie zum Beispiel hydrogeologische Bereichskarten sind entwickelt und verfeinert worden und zu gebrauchsgerechten Produkten geworden.

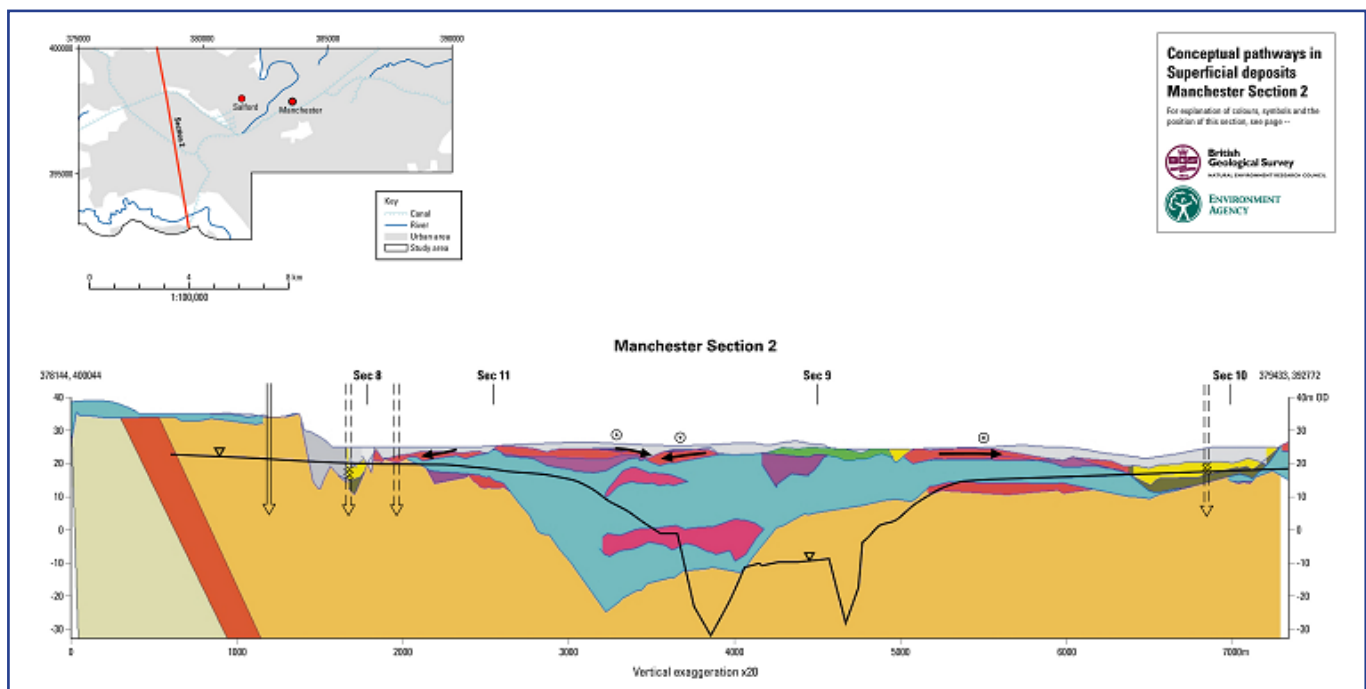
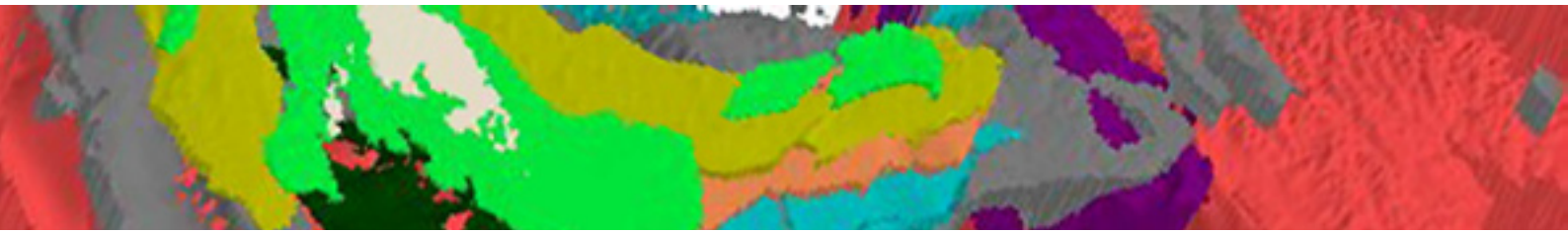


Abb.5 Dieser, in GSI3D konstruierter Profilschnitt der Manchester Studie (EA), zeigt die Grundwasser-Fließbahnen und -Neubildung.

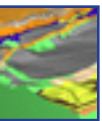
¹ Keith Seymour, Environment Agency - North West Region, Warrington, UK, ² Martin Shepley, Environment Agency — Midlands Region, Solihull, UK



Die 3D Modellierung und Visualisierung von digitalen geowissenschaftlichen Daten als Hilfsmittel für die Landnutzungsplanung in urbanen Gebieten: Beispiele vom Thames Gateway und ihre Grenzen

Kate Royle¹, Don Aldiss¹, Ricky Terrington¹ and Jon Ford¹

Der Thames Gateway Bereich ist das größte städtische Entwicklungsprojekt in Großbritannien seit 50 Jahren. Planer müssen die Auswirkungen einer Urbanisierung in diesem Ausmaß auf die Umwelt verstehen. Anforderungen eines nachhaltigen Wachstums innerhalb des Thames Gateway Gebietes bedeutet, dass Stadtplaner vermehrt gefordert werden in ihren Anträge eine fundierte wissenschaftliche Basis zu demonstrieren. Dies hat zu einem erhöhten Bedarf an geo-umweltbezogenen Informationen geführt, die in einer zugänglichen, relevanten und verständlichen Art und Weise zur Verfügung gestellt werden.



Fortschritte bei der 3D-Modellierungs-Software und GIS Techniken haben die Art und Weise geowissenschaftlichen Daten zu präsentieren und zu interpretieren revolutioniert. Diese erlauben urbanen Geowissenschaftlern nicht nur geologische Basisdaten zur Verfügung zu stellen, sondern auch die Produktion von integrativer geowissenschaftlicher Information in einer Form, die in der Landnutzungsplanung eingesetzt werden kann (Abb.6). Neue Modellierungssysteme erzeugen attributierte geologische 3D-Modelle, die die unterschiedlichen Gesteins- und Bodeneigenschaften sowie physikalische, chemische oder hydrogeologische Parameter darstellen können. Diese Modelle dienen zur Lösungsfindung bei vielen geo-umweltbezogenen Problemen, die während eines Planungsverfahrens auftreten können. Durch die Berechnung von geologischen 3D-Modellen, werden konzeptionelle Untergrundmodelle realistischer, vor allem auch durch die verbesserte Integration und Visualisierung von Daten aus Baugrunduntersuchungen.

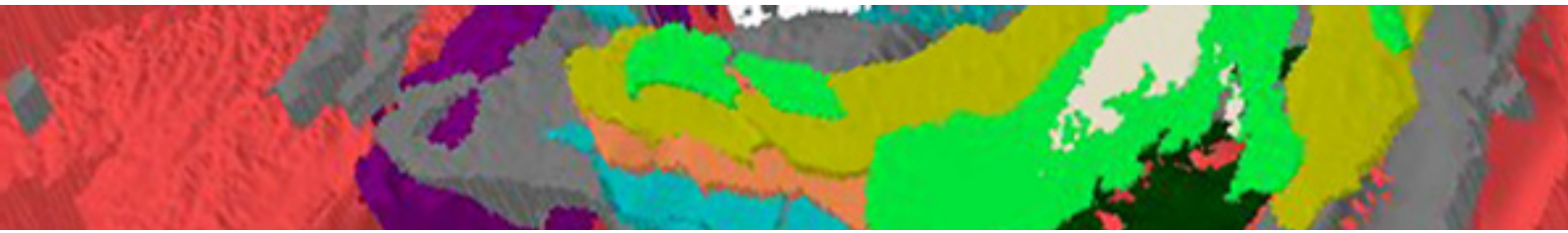
Durch Änderungen in der Gesetzgebung hat die Bedeutung von geo-umweltbezogenen Informationen noch zugenommen. Planer müssen nun den Einfluss von großflächiger Erschließung auf die Umwelt mit in ihren Planungen einbeziehen. Landnutzungsplaner sind bereit, geowissenschaftliche Daten zu verwenden doch benötigen sie diese in einer leichter zugänglichen, relevanten und

verständlicheren Form als in der Vergangenheit. Die traditionelle geologische Karte ist nicht länger ein angemessenes Medium, um umweltbezogene Informationen zu präsentieren. Andererseits haben die Geowissenschaftler gelernt, dass sie nur durch das Verständnis der individuellen Bedürfnisse ihrer Klienten und deren Bedarf an auf sie zugeschnittenen Daten, sicherstellen können, sodass geowissenschaftliche Daten auch innerhalb der städtischen Entwicklungsplanungen Verwendung finden.

Es gilt noch (mindestens) drei Punkte zu klären. Erstens, müssen Geowissenschaftler die Beschränkungen der Interpretationen, auf denen ihre Einschätzungen basieren, auf eine effektive Weise mitteilen, so dass zuverlässige Urteile gefällt werden können. Dies wird umso wichtiger, da durch Verbesserungen in der 3D-Modellierung Modelle realistischer erscheinen lassen, und somit scheinbar verlässlicher sind. Daher ist es unerlässlich, dass Planer zwischen Beobachtungen und Interpretationen unterscheiden können, und die innewohnende Unsicherheit eines jeden 3D Modells und der geowissenschaftlichen Datensätze, auf denen das Modell basiert, verstehen. Es ist jedoch immer noch schwierig Unbestimmtheitsfaktoren dieser Modelle zu repräsentieren und visualisieren.

Der zweite Punkt ist die Fähigkeit, die Variabilität innerhalb geologischer Einheiten darzustellen. Momentan zeigen attributierte geologische 3D-Modelle mehrheitlichen Merkmale einer bestimmten Einheit. Wenn die Daten zur Verfügung stehen, können die geologischen Einheiten unterteilt werden und schichtenförmige Variationen gezeigt werden. Doch selbst wenn diese Daten existieren, ist es schwierig, nicht-schichtenförmige Variationen eines gegebenen Parameters innerhalb einer modellierten Einheit darzustellen. Zukünftige Arbeit sollte sich auf Möglichkeiten konzentrieren, Variationen von Merkmalen darzustellen, in einer Art und Weise, die sowohl realistisch als auch für die Planer der Landnutzung verständlich sind. Dieses Thema muss angesprochen

¹ British Geological Survey, UK



werden, wenn eine Akzeptanz von digitalen geowissenschaftlichen Modellen und Daten erreicht werden soll.

Drittens und letztens; eine effektive Verbreitung ist der Schlüssel zu einer großflächigen Akzeptanz von digitalen geowissenschaftlichen Daten und 3D Modellen in der Landnutzungs- und Raumplanung. Momentan scheint es, dass dies von der kontinuierlichen Entwicklung des Internets, als ein Medium zur Datenübertragung und -austausch, abhängt. Internet-Plattformen, wie z.B. das

'Environmental Information System for Planners' (EISP), das sich bereits in der Entwicklung befindet, werden es Planern ermöglichen, geo-umweltbezogene Informationen direkt aus dem Internet zu beziehen. Wir stellen uns eine Zukunft vor, in der die Charakteristika oder Merkmale einer Erschließungsfläche, wie z.B. die Geologie, Geographie, frühere Nutzung sowie Daten zu bereits bestehender Nutzung auf einer Internet-Plattform generiert und virtuell dargestellt werden, so dass Planer in die Lage sind von ihrem eigenen PC die Auswirkungen ihrer beabsichtigten Projekte einzusehen.

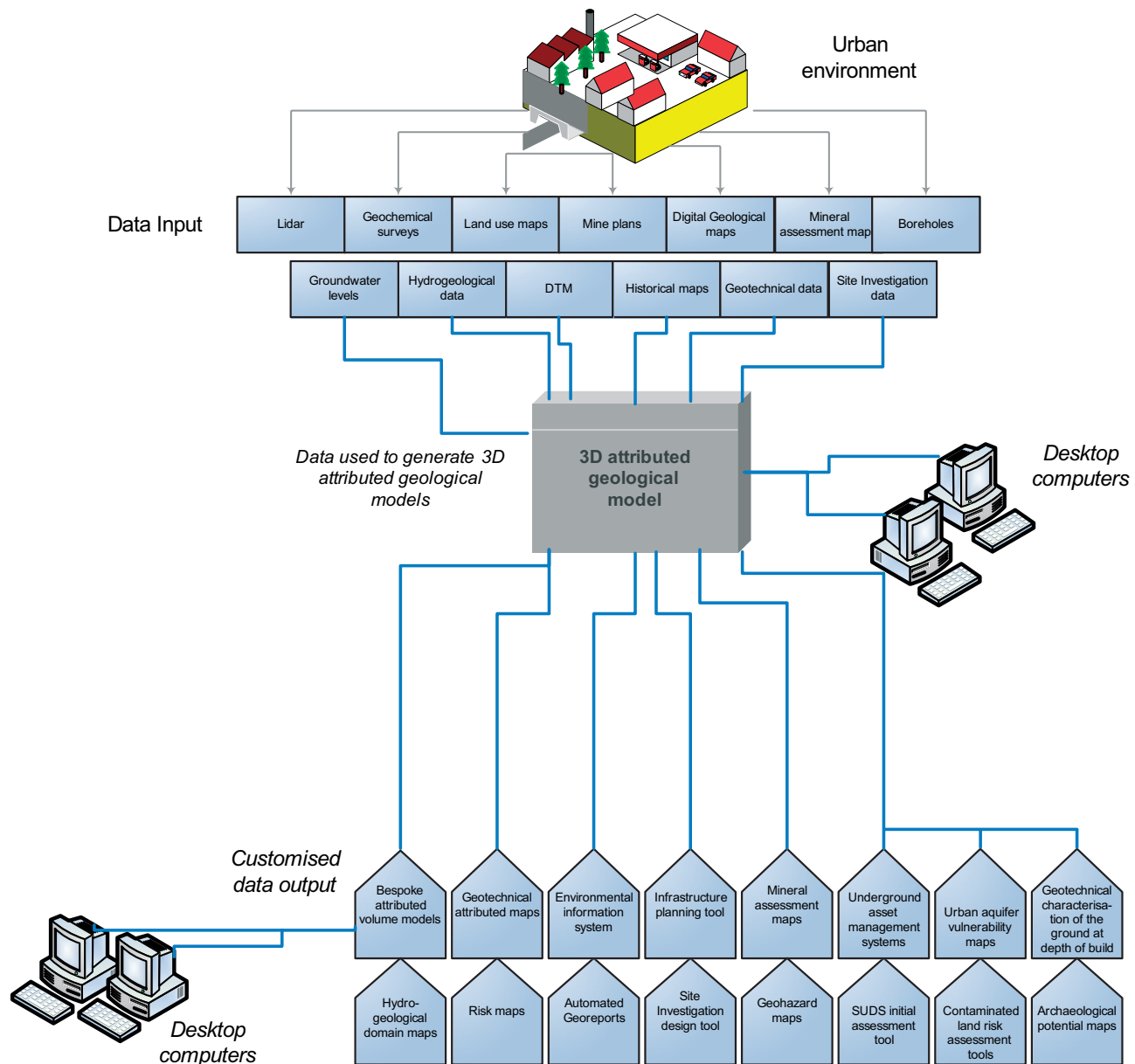


Abb. 6 Flussdiagramm zum Erstellen und Attributieren eines geologischen 3D-Modells.



Die geologische und anthropogene Geschichte des Mersey-Korridors in 3D

Simon Price¹, Ricky Terrington¹, Helen Burke¹, Dick Crofts¹ and Steve Thorpe¹

Die Orte, an denen wir leben, arbeiten und täglich mit unserer Umwelt interagieren, verändern sich. Unsere Großstädte entwickeln sich und Stadtregeneration verbessert die Lebensqualität für Menschen in ganz Großbritannien. Es ist wichtig, die Prozesse und die Auswirkungen derselben auf die Umwelt zu charakterisieren um die nachhaltige Entwicklung zukünftiger Städte sicherzustellen. Wenn wir zukünftige soziale, wirtschaftliche und umweltbezogene Szenarien betrachten, so muss die heutige Entwicklung den Bedürfnissen von zukünftigen Gemeinschaften entsprechen, jedoch mit der Hinsicht Auswirkungen auf die Umwelt zu minimieren. Die Rolle der urbanen Geowissenschaft ist, einen integrierten, umweltbezogenen, wissenschaftliche Rahmen bereitzustellen, der die Lebensqualität verbessert, Gefahren mildert und wirtschaftliches Wachstum unterstützt. Sie kann auch künftige Anpassungsstrategien für städtische Gemeinden aufzeigen, um auf Szenarien des Klimawandels zu reagieren.

Entwicklung in großem Umfang findet derzeit innerhalb der Lower Mersey Entwicklungszone statt. Diese große Regenerationszone umfasst die städtischen Gebiete von Manchester, Warrington, Runcorn, Widnes und Liverpool. Dieses Gebiet schließt bedeutende Ballungsgebiete ein, die sich entlang von ehemaligen, strategischen Küstenzonen entwickelt haben und nun der Schwerpunkt zunehmender Regeneration sind. Salford Quays wird das Zuhause von MediaCity UK, eines der größten Multimedia Zentren der Welt und der neue Hauptsitz der BBC. Um die sichere und nachhaltige Regeneration von großen Städten innerhalb des Mersey Basin sicherzustellen, und die späteren Risiken für Mensch und Besitz zu reduzieren, gibt es eine stets zunehmende Nachfrage nach integrierter geo-umweltbezogenen Informationen. Diese Information kann in 3D verbreitet werden und somit eine umweltbezogenen Rahmenbedingung für nachhaltige Entscheidungsfindung und die Landnutzungsplanung in städtischen Räumen bilden.

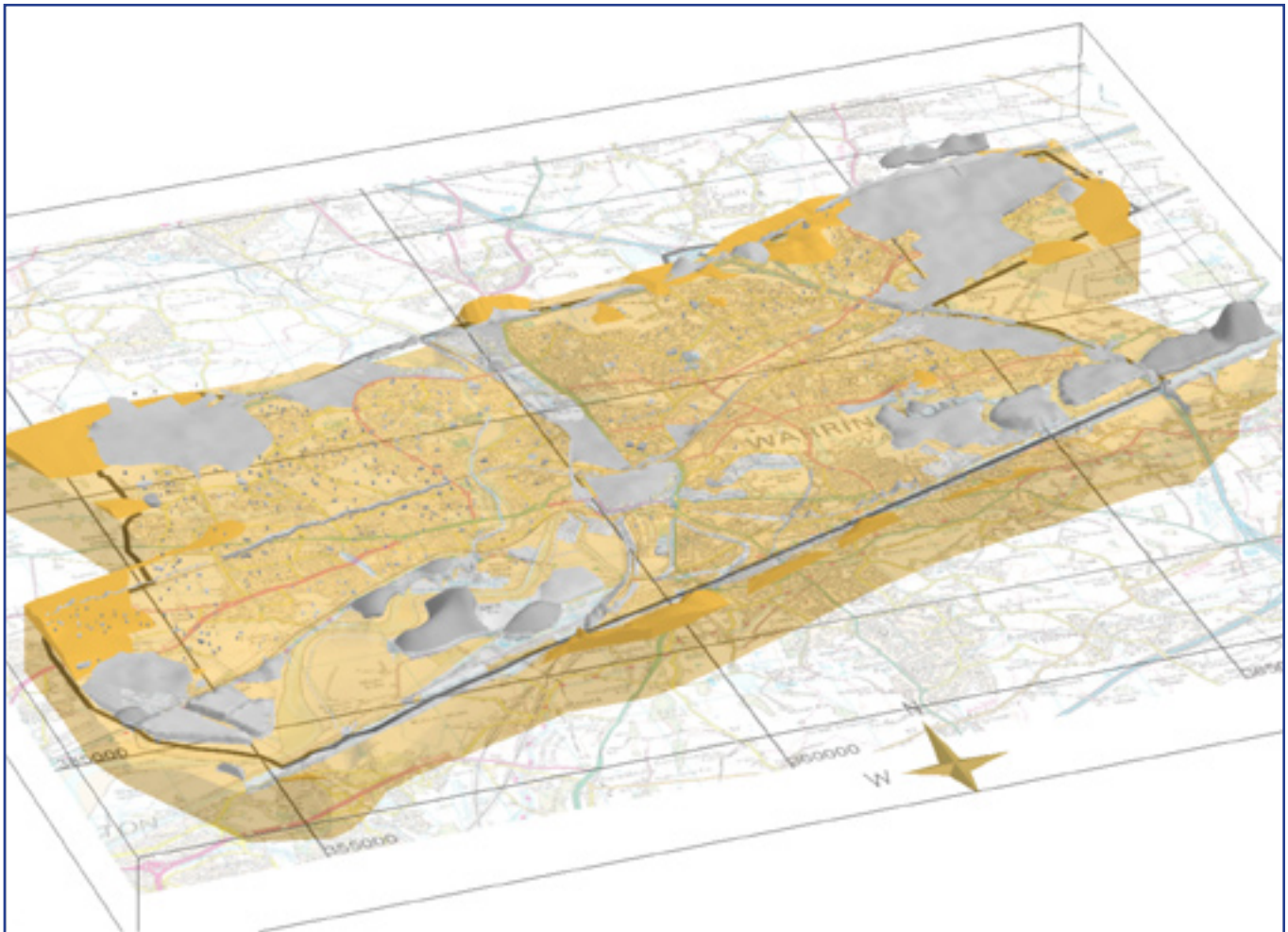
Multidisziplinäre, 3D Umwelterfassung innerhalb der Lower Mersey Entwicklungszone hat die Rolle von Menschen, anthropogenen Prozessen und Auswirkungen auf die Umwelt als bedeutenden

Faktor in der Stadtentwicklung untersucht. Die Größe und Häufigkeit von anthropogenen Prozessen und deren Auswirkungen werden von einer Reihe von Umweltfaktoren, sowie wirtschaftlichen und sozialen Faktoren bestimmt. Alle tragen zur Evolution von städtischen Landschaften, sowohl im Inland als auch an der Küste, bei. Die rapide industrielle Entwicklung im Nordwesten Englands hat potentiell verunreinigte anthropogene Böden, welche auch höchst variable Untergrundbedingungen aufweisen, hinterlassen. Unsere 3D Modellierung hat das Muster des Abschmelzens am Ende der letzten Eiszeit aufgedeckt, was mit dem Rückgang der Eisdecke der Irischen See in Verbindung gebracht werden kann. Die Integration von attribuierten anthropogenen, natürlichen Oberflächenablagerungen und 3D Modellen des Grundgesteins bilden einen 3D Rahmenmodell in hoher Auflösung zur Unterstützung umweltbezogene Entscheidungen. Es ist eine Basis auf der wir zukünftige Umweltveränderungen in städtischen Gebieten quantifizieren können.

Verbreitung von 3D-Modellen erlaubt es Anwendern, Untergrundinformationen auf leichte Weise zu interpretieren, analysieren und anzuwenden, um ihren individuellen Bedarf zu decken. Die urbane wissenschaftliche Forschungsstrategie im Nordwesten Englands konzentriert sich stark auf die Zusammenarbeit mit den Nutzern, um sicherzustellen, dass Umweltdaten und Informationen ihren Zweck erfüllen. Die Environment Agency hat abgeleiteten Informationen von geologischen 3D-Modellen angewendet, um die gesetzlichen Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie zu erfüllen, da das Untersuchungsgebiet den Sherwood Sandstein-Acquifer überlagert.

Multidisziplinäre Stadtforschung innerhalb Nordwest Englands wird das umweltbezogenen 3D-Rahmenmodell weiterentwickeln und auf eine Integration mit den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften richten. Es ist unumgänglich, dass die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften miteinbezogen werden, um zu gewährleisten, dass die Ziele einer nachhaltigen Entwicklung erreicht werden. Nachhaltige Stadtentwicklung kann nur stattfinden wenn die Interaktionen zwischen Mensch und Umwelt verstanden werden.

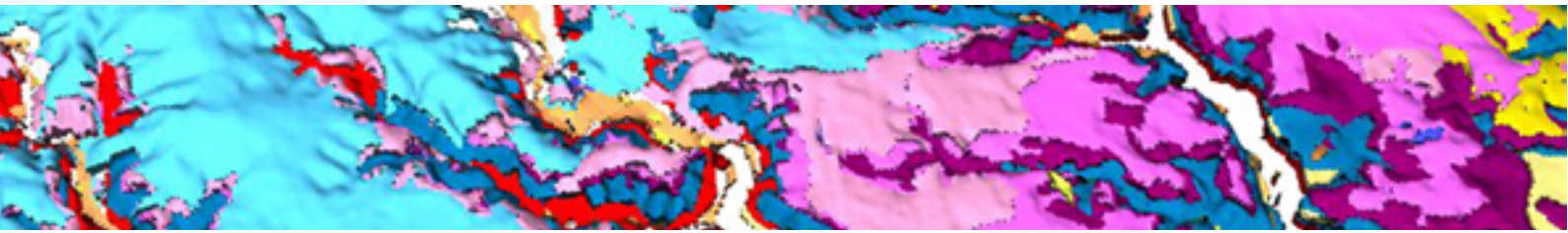
¹ British Geological Survey, UK



OS topography © Crown Copyright. All rights reserved. 100017897/2008

Abb. 7 Hochauflösendes 3D-Modell (GSI3D™) mit anthropogenen Ablagerungen (in grau) einschließlich verfüllter Gruben, Steinbrüchen, Müllhalden und Kanälen im Hangenden des Sherwood Sandstein-Aquifers in Warrington, Nordwest England,

überlagert sind. Der anthropogene Boden resultiert aus dem Einfluss komplexer anthropogener Prozesse und ist ein wichtiger Faktor in der Evolution urbaner Landschaften.



Das flächendeckende geologische 3D- Untergrundmodell als Standardwerkzeug zur Beantwortung wasserwirtschaftlicher Fragestellungen

Egon Harms¹ and Michael Howahr²

Einleitung

Die Wasserversorgung im nordwestlichen Teil Niedersachsens erfolgt zum überwiegenden Teil durch die Gewinnung von Grundwasser aus quartären und tertiären Porenwasserleitern. Der geologische Aufbau, die Gliederung der einzelnen Grundwasserstockwerke sowie die Verbreitung der Deckschichten sind i.d.R. in ihren Grundzügen bekannt, jedoch ließen die oft über Jahrzehnte angesammelten heterogenen Untergrunddaten eine einheitliche Interpretation vermissen. Eine exakte Erfassung der komplex aufgebauten kanozoischen Sedimentabfolge war auf dieser Grundlage in der Vergangenheit schwierig, stellenweise unmöglich. Eine genaue Kenntnis des geologischen Untergrundes ist allerdings vor dem Hintergrund einer nachhaltigen Grundwasserbewirtschaftung und den Anforderungen, die heute an moderne Wasserversorgungsunternehmen gestellt werden, unumgänglich.

Das integrative geologische 3D-Modell, das alle Untergrundinformationen zusammenführt und somit neben der Lithologie auch die Gesamtheit des hydrogeologischen Systems beschreibt, kann diese Diskrepanz auflösen. Der Wasserversorger benötigt ein regionales geologisches 3D-Untergrundmodell, das für die wasserwirtschaftliche Planung hinreichend genau und unmittelbar einsetzbar ist, darüber hinaus aber auch anderen Fachbereichen (z.B. Ingenieurgeologie, Ressourcensicherung, Ökologie, Landwirtschaft) zurarbeit bzw. neue Lösungskonzepte eröffnet.

Seit 2004 lässt der Oldenburgisch-Ostfriesische Wasserverband (OOWV) für seine Wassereinzugsgebiete flächendeckend geologische 3D-Modelle erstellen und nutzt sie für alle untergrundrelevanten Fragestellungen. Als Tochtergesellschaft erstellt und pflegt die NOWAC GmbH die 3D-Modelle für den

OOWV und bietet diese und andere Dienstleistungen rund um den Untergrund auch anderen Wasserversorgern der Region an.

Methodik der 3D-Modellerstellung

Die vorgestellten geologischen 3D-Modelle wurden mit der integrativen Software GSI3D vom bearbeitenden Geologen entwickelt. Die GSI3D-Methodik fußt auf der Konstruktion engmaschig angelegter geologischer Profilschnittnetze sowie der Festlegung von Schichtverbreitungsgrenzen für alle in den Schnitten vorkommenden Modelleinheiten.

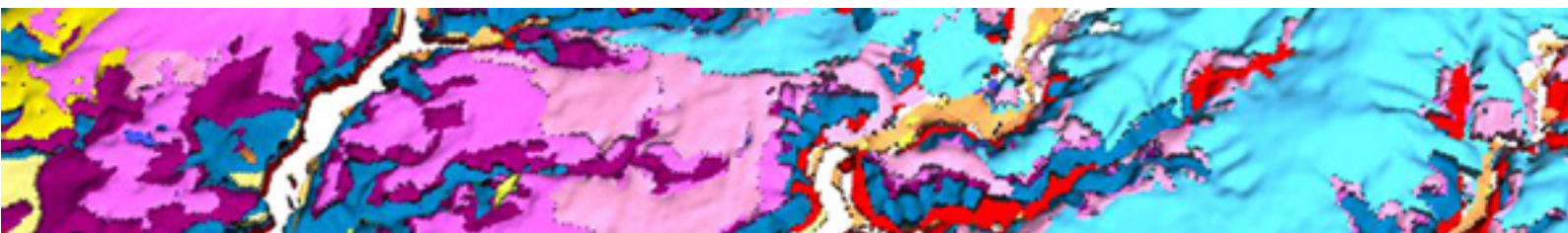
Mit Hilfe dieser Software konnten im Verlauf der iterativen Profilsnetzerstellung alle wesentlichen digitalisier- und georeferenzierbaren Oberflächen- und Untergrunddaten, wie Bohrungen, geophysikalische und geochemische Untersuchungen, geologische (u.a.) Karten, Isolinkarten und DGM-Daten integriert werden. Ferner wurden die entstehenden Modelle i.d.R. durch alte analoge Profilschnitte und ggf. bereits vorhandene 3D-Daten (z.B. gOcad-TINs, ESRI-, Surfer- und GeoObject-Grids (ascii) usw.) ergänzt. Alle beschriebenen Eingangsdaten inklusive der digitalisierten Ergebnisse aus alten Gutachten konnten erstmalig in ihrer Gesamtheit im dreidimensionalen Kontext interpretiert und auf Plausibilität geprüft werden, bevor sie in das entstehende Modell eingearbeitet wurden.

Aus den Informationen des konstruierten Profilschnittnetzes und den zugehörigen Schichtverbreitungsgrenzen wurden für jede Modelleinheit geologische Volumenkörper berechnet, die im Einklang mit allen verfügbaren Oberflächen- und Untergrunddaten stehen.

Auf diese Weise entstanden in der Weser-Ems-Region seit 2003 3D-Untergrundmodelle mit einer Gesamtausdehnung von ca. 3.700 km². Sie basieren auf einem in sich konsistenten Netz aus annähernd

¹OOWV: Oldenburgisch-Ostfriesischer Wasserverband, Georgstr. 4, 26919 Brake (Germany); E-Mail: harms@oowv.de

²NOWAC: NordWest AquaConsult GmbH, Donnerschweer Straße 72-80, 26123 Oldenburg (Germany); E-Mail: howahr@nowac.de



1.000 geologischen Einzelprofilen in die über 10.000 Bohrungen und 1.700 Geoelektriksondierungen eingehängt sind.

Die vorgestellte Methodik der 3D-Untergroundkartierung, mit der auch der British Geological Survey (BGS) geologische Landesaufnahme betreibt, wird u.a. detailliert in den Arbeiten von Howahr (2003) und Schade (2003) beschrieben. In Deutschland benutzt u.a. der OOWV GSI3D als Standardmethodik zur Erkundung des wasserwirtschaftlich relevanten Untergrundes.

Modellattributierung, Modellauswertung und Modellanwendung

Die einzelnen Modelleinheiten sind in erster Linie über ihre Genese und Lithologie an die Nomenklatur der bestehenden Kartenwerke GK25 bzw. GK50 des LBEG angelehnt. Über eine Zusatzattributierung nach Reutter (2005) wurden die genetisch-lithostratigraphischen Strukturmodelle in hydrostratigraphische 3D-Modelle überführt. Auf Grundlage dieser Systematik können die detaillierten Modelldaten über eine Datenschnittstelle direkt und weitgehend verlustfrei in ein Diskretisierungsschema einer nachgeschalteten 3D-Grundwasserströmungsmodellierung übersetzt werden. Die im Zuge der Untergrundmodellierung ermittelten hydrogeologischen Gesteinsparameter werden hierbei entsprechend mitgeführt.

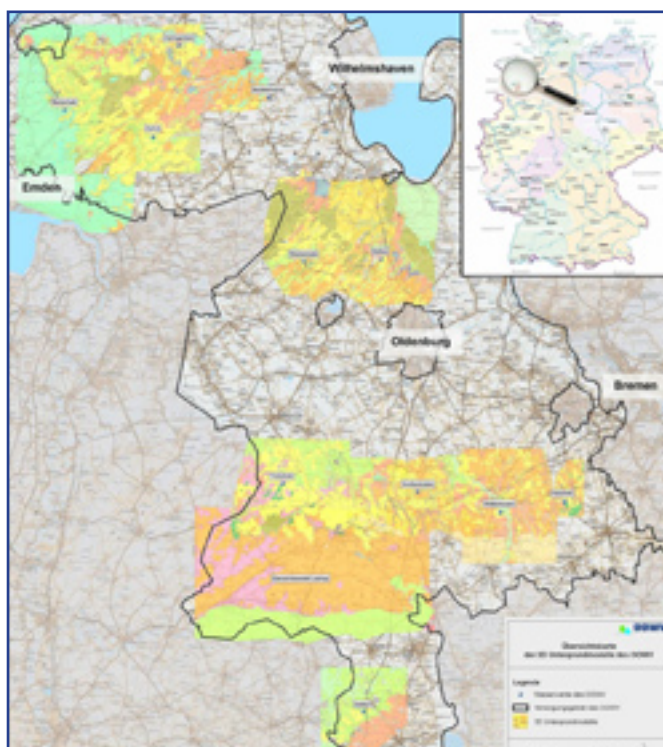


Abb. 8 Verbreitung von geologischen 3D-Modellen in der Weser-Ems Region (NW-Niedersachsen).

Weitere Modellattributierungen im Hinblick auf Themenbereiche wie z.B. Geothermie, Rohstoffe, Ingenieurgeologie etc. sind bereits vollzogen bzw. stehen entsprechend konkreter Anwendungsbedürfnisse zeitnah an. Gemäß der angehängten Attribute können für verschiedenste Fachgebiete aus den Modelldaten heraus eine Vielzahl an Erzeugnisse exportiert werden. Hierzu zählen u.a. vertikale und horizontale Profilschnitte, virtuelle Bohrungen, thematische Karten, Isolinkarten (Ober-/Unterflächen, Mächtigkeiten) und Volumenberechnungen.

Um Fragestellungen des Grundwasserschutzes zu bedienen, wird zukünftig auf die ungesättigte Zone der Untergrundmodelle das standardisierte Deckschichtenbewertungssystem nach Hölting et al. (1995) angewendet. Das 3D-Untergrundmodell liefert für dieses Bewertungssystem die wesentlichen Berechnungsgrundlagen.

Das (hydro-)geologische 3D-Modell im wasserwirtschaftlichen Tagesbetrieb

In den letzten Jahren hat sich beim OOWV das (hydro-)geologische 3D-Untergrundmodell zu einem Standardwerkzeug im wasserwirtschaftlichen Tagesbetrieb entwickelt. Über eine plattformunabhängige Darstellungs- und Analysesoftware ist es auch dem geologisch fachfremden Sachbearbeiter möglich, komplexe Verhältnisse im Untergrund zu beurteilen und ggf. Maßnahmen daraufhin entsprechend ausrichten zu können.

Durch den direkten Zugriff auf die Informations- und Datenquelle '3D-Untergrundmodell' konnten zahlreiche Wasserrechts- und Schutzgebietsverfahren, Grundwasserschutzmaßnahmen und Messstellennetzerweiterungen entscheidend optimiert werden.

Literatur

- HOWAHR, M. (2003): Ein genetisch-lithostratigraphisches Untergrundmodell des Quartärs durch Konstruktion vernetzter Profilschnitte im Gebiet zwischen Norden und Aurich, Ostfriesland. 107 S., Diplomarbeit; Universität zu Köln (unveröff.).
- HÖLTING, B., HAERTE, T., HOHBERGER, K.-H., NACHTIGALL, K. H., VILLINGER, E., WEINZIERL, W., WROBEL, J.-P. (1995): Konzept zur Bewertung der Grundwasserüberdeckung – Geol. Jb., C 63, 5-24, 5 Tab.; Hannover.
- REUTTER, E. (2005): Hydrostratigraphische Gliederung Niedersachsens. – Geofakten, 21, NLFb, Hannover.
- SCHADE, S. (2003): Ein genetisch-lithostratigraphisches Untergrundmodell auf Grundlage vernetzter Profilschnitte in Ostfriesland, Harlingerland. – 96 S., Diplomarbeit; Universität zu Köln (unveröff.).

Das Erstellen eines 3D Modells des südlichen Sirte Basins, Libyen: die Integration von GSI3D, GOCAD und ArcGIS

Andrew Newell¹ and Ian Gale¹

Das Ziel dieser Aufgabe war es, ein 3D Modell von post-eozäne Abfolgen im südlichen Sirte Basin, Libyen, zu erstellen. Der Kunde war BG Libya, der eine Wasserquelle für Ölbohrungen innerhalb eines Blocks von 100 x 60 km benötigte. Die ursprünglichen Informationsquellen waren BGS Karten und Berichte über die Geologie und Hydrogeologie des Sirte Basins aus den siebziger Jahren. Der BGS arbeitete gemeinsam mit Nippon Koei UK Co Ltd, die für diese Aufgabe nur sechs Tage zur Verfügung stellten. Sechs Schichten aus flachmarinen Sandabfolgen, Tonen und Karbonaten der post-eozänen Abfolge wurden modelliert.

Daten von Bohrlöchern standen nur in der Form von ausgewiesenen Werten auf Konturkarten aus Berichten zur Verfügung (Abb. 9). Das Herausziehen dieser Informationen machte das Scannen und die Geo-Referenzierung von Karten durch das geographische Koordinatensystem WGS 1984 in dezimalen Graden erforderlich. NASA SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) wurde als

Geländemodell benutzt. SRTM hat Raster Abstände von 90 Meter, fast globale Abdeckung und ist leicht aus dem Internet zu beziehen. Die vertikale Genauigkeit liegt innerhalb von +/- 10 Metern.

Mit GSI3D wurden in der Folge Profilquerschnitte auf konventionelle Weise konstruiert unter Verwendung der Bohrungsdaten (die 'rückwärts' aus Bohrungsnamen „konstruiert“ wurden) und Formationsuntergrenzen, die über viele Karten (Abb.10) hinweg verteilt waren. Alle Bohrlochdaten und Isolinien wurden für die die Verwendung in GSI3D auf UTM Zone 34N (WGS 1984) projiziert.

Aus den GSI3D-Profilsschnitten wurden für jede Formations-Basis die XYZ-Punkte zu GOCAD exportiert und dort durch „Discrete Smooth Interpolation“ trianguliert. Die so erzeugten Flächen wurden anschließend wieder für eine Volumenmodellierung in GSI3D importiert und dann in eine selbstaufführende Viewer-Datei umgewandelt. Diese wurde dem Kunden zum Abschluss des Projektes übergeben. (Abb.11)

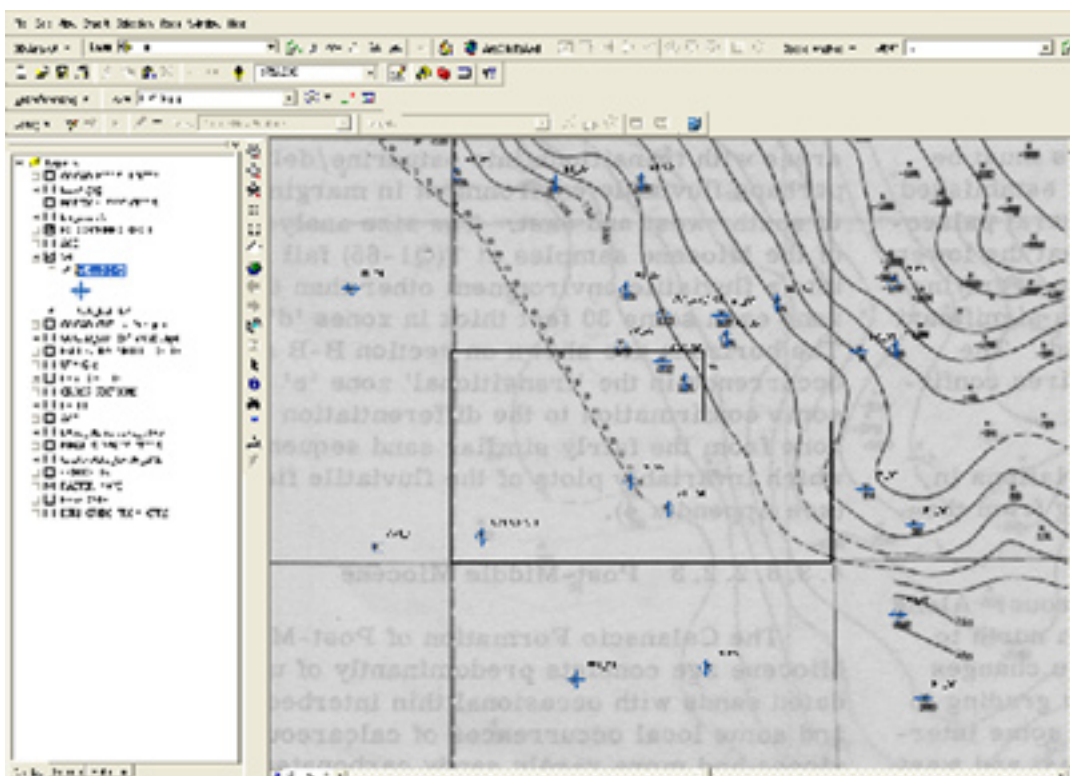


Abb. 9 Georeferenzierte Konturkarten angezeigt im GSI3D.

¹ British Geological Survey, UK

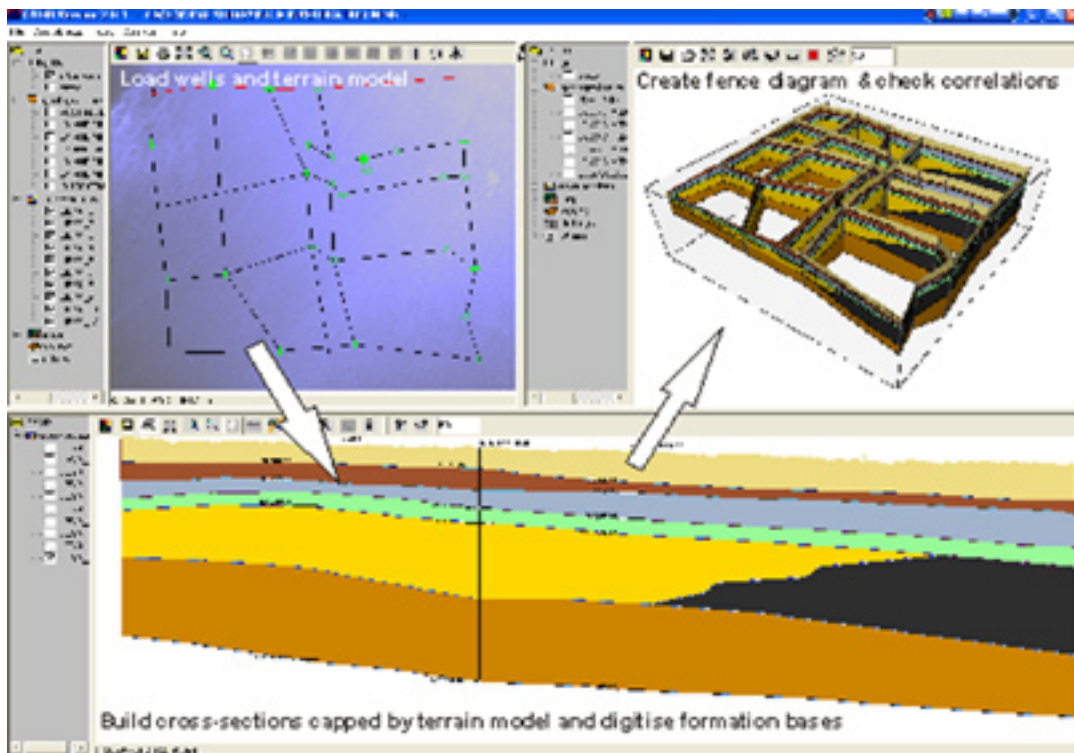


Abb. 10 Konstruktion des Profischnittnetzes in GSI3D.

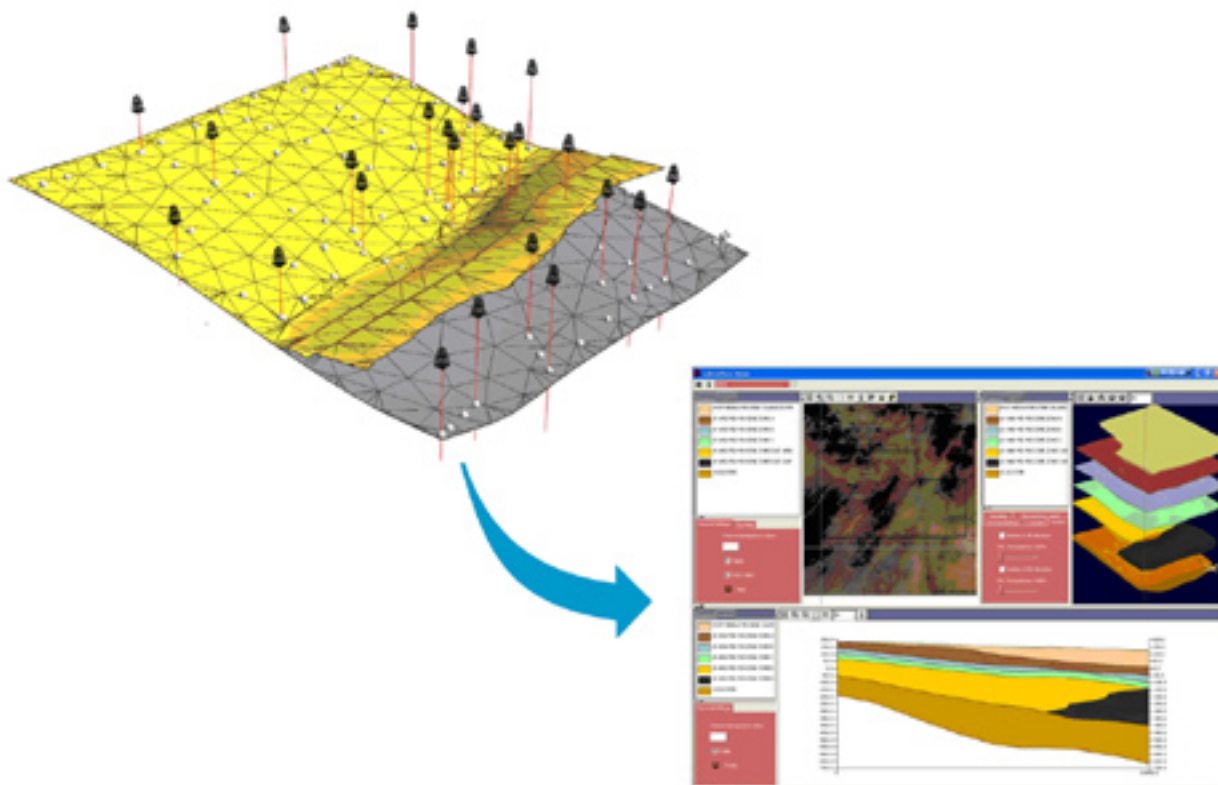
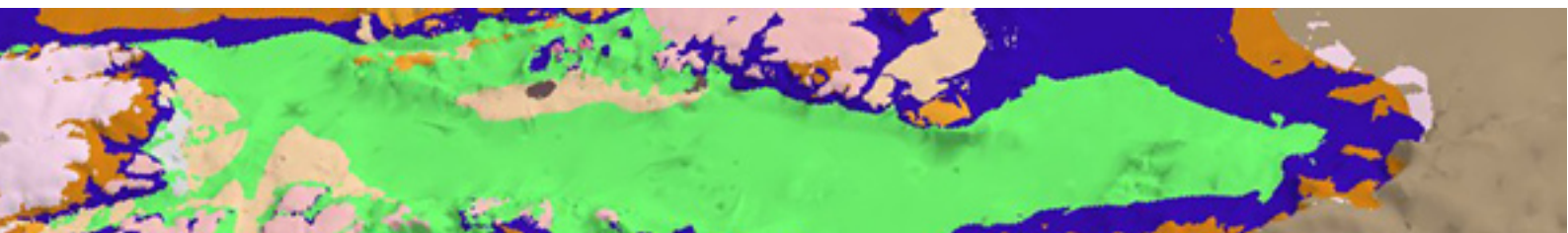


Abb. 11 Triangulierte Oberflächen in GOCAD werden zur Übergabe an den Kunden in den *Subsurface Viewer* exportiert.



Die 3D-Geologie Londons und des Thames Gateway: Eine moderne Herangehensweise an geologische Landesaufnahme und seine Bedeutung für die urbane Umgebung

Jon Ford¹, Helen Burke¹, Steve Mathers¹, Kate Royle¹ and Ricky Terrington¹

Als Berater und Anbieter geologischer Information an die Industrie, Akademie und öffentlichen Träger hat der BGS erkannt, dass es die Art, in der geowissenschaftliche Informationen präsentiert werden, verändern muss. Die Konstruktion von attribuierten geologischen 3D-Modellen ist das Resultat. Der Bedarf und Nutzen von modellierten 3D-Lösungen ist von großer Bedeutung im urbanen Bereich, da geologische Faktoren eine wichtige Rolle bei der Baugrunduntersuchungen und den Studien zur nachhaltigen Wasserwirtschaft spielen. Das geologische 3D-Modell von London und dem Thames Gateway bedeckt ein Gebiet von ungefähr 3200 Quadratkilometern und dehnt sich bis auf eine Tiefe von 150 Metern aus. Es umfasst im Ganzen 38 Einheiten, die von anthropogenen Ablagerungen und Quartär Sedimenten bis zu Tertiär- und kreidezeitlichem Grundgestein reichen. Das Modell basiert auf existierenden geologischen Kartierungen, DGMs und ausgedehnten Bohrloch- und Geländeerfassungen. Die Modellierung erfolgte mit GSI3D. Diese Software produziert in verschiedenen Arbeitsprozessen eine Reihe von rasterförmigen Körpern, die in der Tiefe von einem Netzwerk aus Profilschnitten begrenzt wird, welche von Geologen konstruiert wurden. Jede geologische Einheit des Thames Gateway Modells wurde mit weiteren Parametern und Eigenschaften attribuiert. Dies hat es ermöglicht, die räumlichen Beziehungen zwischen geologischen Einheiten mit unterschiedlichen Merkmalen zu visualisieren. Dieses Modell hat vorher unerkannte geologische Informationen enthüllt. Zu den weiteren Vorteilen des attribuierten Modells gehören die Fähigkeit, den Zusammenhang zwischen lithologischen und physikalischen Eigenschaften zu visualisieren und einzuschätzen. Solche Modelle stellen das System der Entscheidungsfindung, die für die nachhaltige Entwicklung und das Management der Megastädte von heute notwendig sind.

Modellierungen im Gebiet von London wurden durch eine Vielzahl von strategisch wissenschaftlichen und Projekten von anderen Auftraggebern komplettiert, jedes fuer sich einen bestimmten Zweck und Masstab angepasst. Das früheste 3D-Modell innerhalb Londons wurde von den Kommunalverwaltungen 2002 in Auftrag gegeben, welches im Entscheidungsfindungsprozess zum nachhaltigen Managements der

Gewinnung von Bodenschätzen und archäologischer Erhaltung eingesetzt wird. Dieses Modell zeigt künstlichen Boden und eine Unterteilung der Oberflächen- und Gesteinsabfolge bis zur Spitze der Kalksteingruppe. Diese Arbeit wurde in den folgenden Jahren ausgedehnt und verfeinert, um den gesamten Thames Gateway Entwicklungsbereich abzudecken. Das Thames Gateway Modell wurde aus 4000 Bohrungen und über 200 Nord-Süd und Ost-West Profilschnitten erstellt. Es enthält eine detaillierte Unterteilung in künstliche Böden, Holozän Ablagerungen und ausgewählte Gesteinseinheiten. Das Modell steht im Einklang mit der geologischen kartographischer Erfassung im Maßstab von 1:10 000. (Abb.12)

In einer zweiten Modellierungs-Initiative, der London LithoFrame50, umfasst das Modell das gesamte 'Greater London' Stadtgebiet. Dieses strategische Modell basiert auf über 6700 Kilometern von korrelierten Profilschnitten und beinhaltet insgesamt 38 Einheiten, die bis zur Basis der Kalksteingruppe in einer Tiefe von 200-500 Metern reichen. Tiefere Flächen wie die der ältesten Periode der Kreidezeit und die Spitze des Paläozoischen Basements sind aus regionalen Studien heraus ergänzt worden. Das Modell liefert ein Detailniveau vergleichbar mit einem 1:50 000 kartographischen Maßstab und stellt das 3D Äquivalent der geologischen Karte von London dar. Das Modell ueberspannt vier Kartenblätter zu 1: 50 000, die im kürzlich veröffentlichten London Memoir (Abb.13) beschrieben sind.

In vielen Teilen dieser Modelle sind Bohrdaten in so großer Menge erhältlich, dass nicht alle davon verwendet werden können. Eine Überprüfung und Prioritätssetzung der zur Verfügung stehenden Daten stellt sicher, dass die verlässlichsten und repräsentativsten Aufzeichnungen in das Modell eingefügt werden. Bohrungen, die zunächst nicht in Betracht gezogen werden, können zu einem späteren Zeitpunkt eingeführt werden, um die Interpretation zu verfeinern.

Weitere Modelle in größerem Maßstab sind ebenfalls fertiggestellt worden. Diese Modelle liefern zusätzliche Informationen zur Geologie des Thurrock Gebietes, angrenzend an die Thames Bruecke in Dartford, ebenso wie das Olympia Gelände 2012 und das Lower Lea Valley.

¹ British Geological Survey, UK

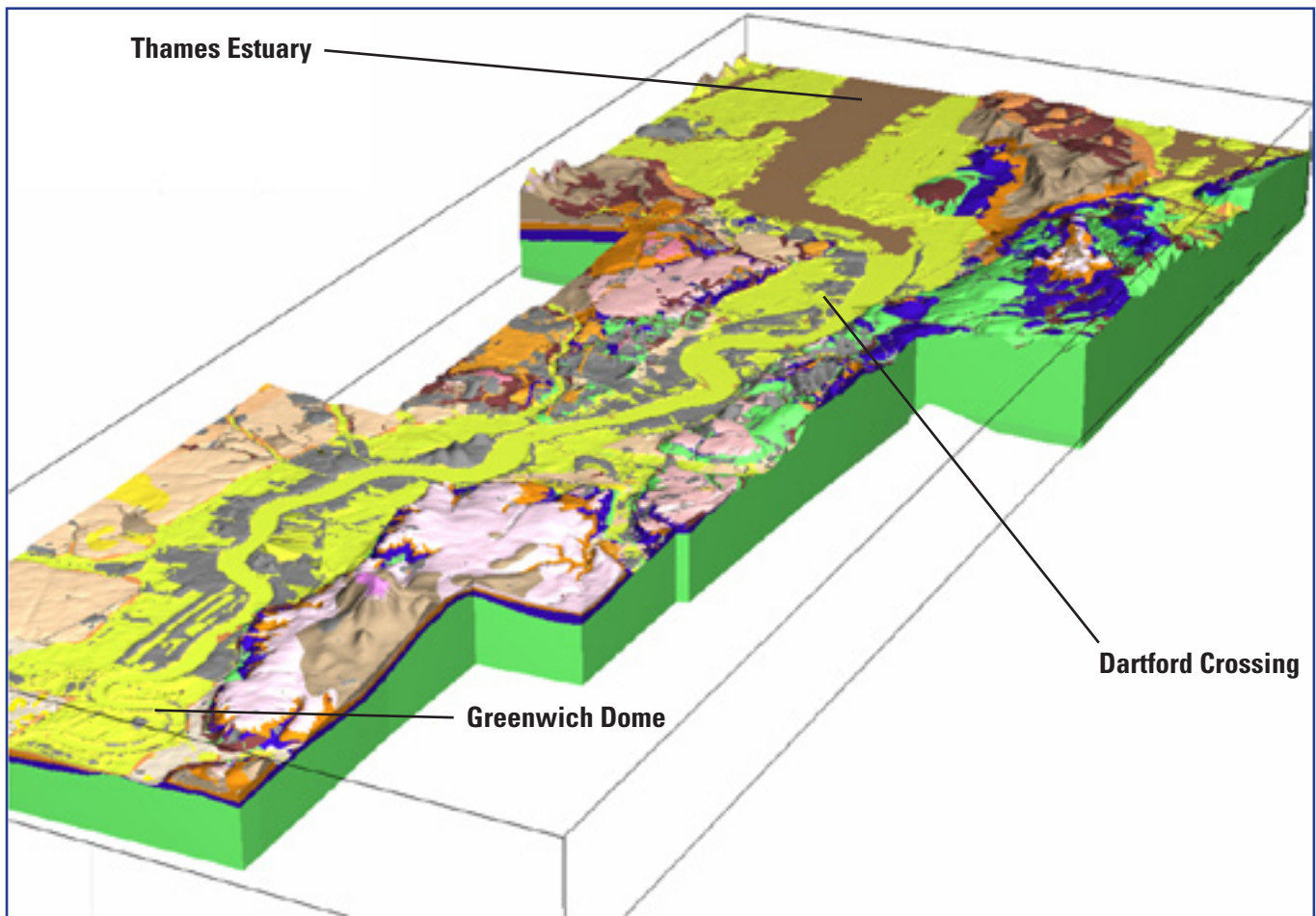
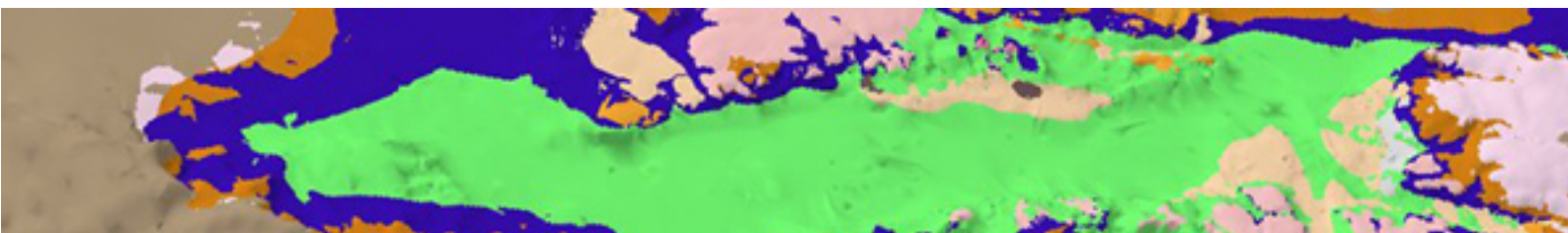


Abb. 12 Das über 1000 km² abdeckende Thames Gateway Modell vom Südwesten aus betrachtet.

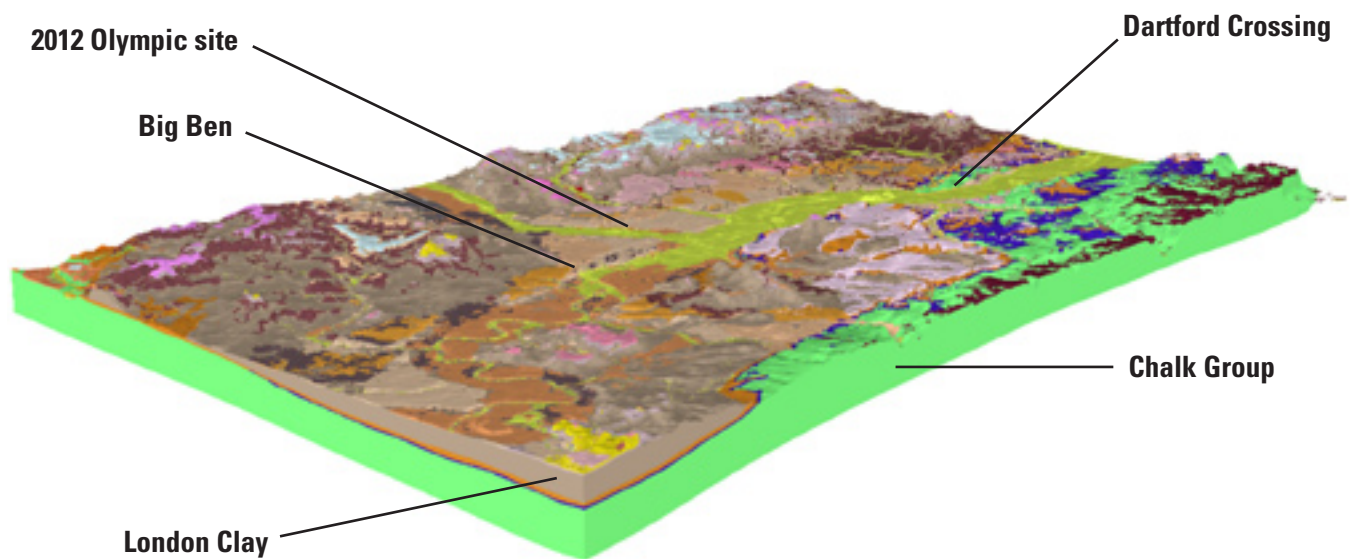
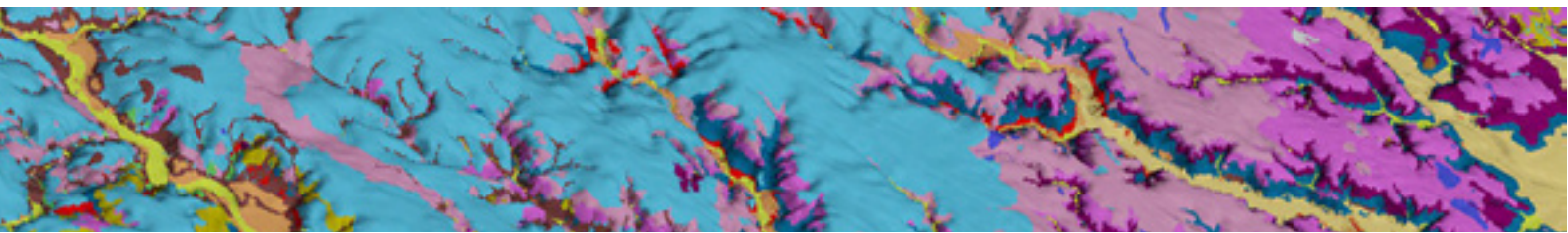


Abb. 13 Das London LithoFrame50 Modell (60 x 40 km = 2400 km²) vom Südwesten aus betrachtet.



GSI3D und Böden — das Erstellen von detaillierten 3D-Modellen des oberflächennahen Untergrundes

Andreas Scheib¹ and John Williams¹

Die Fähigkeit von GSI3D Gesteins- und oberflächigen geologischen Modellen zu konstruieren ist bereits erfolgreich nachgewiesen worden, und ist nun zu einem weitverbreitenden Softwarepaket gereift, das innerhalb und außerhalb des BGS verwendet wird. In dem kürzlich gegründeten 'Sustainable Soils Team', hat der BGS seine Forschung auch auf die dünne Bodenschicht gerichtet, die die Oberfläche unserer Erde bedeckt. Mehrere Modelle werden präsentiert, die Möglichkeiten aufzuzeigen, diese Bodenschicht innerhalb von geologischen Modellen zu beschreiben.

Die Prinzipien von Bodenklassifizierung sind der Beschreibung und Klassifikation von geologischen Einheiten sehr ähnlich. Kartographisch erfasste Bodeneinheiten werden, abhängig vom Maßstab, als Bodenserien oder -gruppen bezeichnet und repräsentieren die oberen 1-1,5 Meter des Untergrunds. Vertikal werden Böden in Horizonte unterteilt, die sich in Merkmalen wie der Korngröße, der organischen Masse und der Farbe unterscheiden. Jede Bodengruppe ist durch eine charakteristische vertikale Abfolge von Horizonten und dem Ausgangsmaterial charakterisiert. Diese geregelten Abfolgen machen es möglich, das Bodenmodell mit einem geologischen Modell zu integrieren.

Um ein Bodenmodell in GSI3D zu erstellen werden zwei Datensätze benötigt: eine Bodengruppenkarte als *.shp Datei und Daten von vertikalen Erdbohrlochern (bis zu 1,5m). Die Erdbohrloch-Daten sollten dabei wenigstens die Mächtigkeit der Horizonte sowie die Horizontkodarungen enthalten. Ein Bodenkartierer wird dabei auch routinemäßig Informationen wie z.B. Korngröße, Farbensprache nach 'Munsell', Humus- und Karbonatgehalt, sowie das Bodengefüge aufzeichnen. Diese zusätzlichen Informationen können im Modell den kalkulierten Bodeneinheiten attribuiert werden.

Ein boden-geologisches 3D-Modell kann auf zwei unterschiedlichen Wegen erstellt werden:

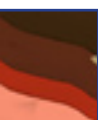
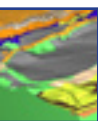
1) Nur unter der Verwendung einer Bodengruppen-Karte. Die Bodengruppen repräsentieren alle einen durchschnittliche Kartierungstiefe von ca. 1,2 Metern. Das Digitale Gelände Modell (DGM) wurde dementsprechend um diesen Wert reduziert und ein

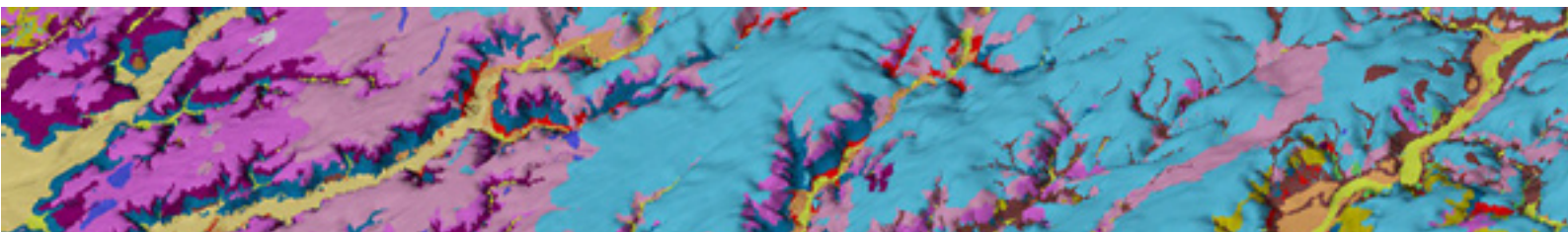
kalkuliertes 'Bodengruppenvolumen' produziert. Grundsätzlich ist dieses nur eine Bodengruppen-Karte in 3D. Jedoch können die Information vom Lehmgehalt oder der Durchlässigkeit des Bodens ebenfalls im Modell gezeigt werden. Im Großen und Ganzen ist diese Methode der einfachste Weg, eine Bodenschicht in einem geologisches 3D-Modell zu integrieren. Es resultiert jedoch darin, dass die Bodeninformationen innerhalb der oberen 1,2 Meter generalisiert werden. (Abb. 14a, 14b)

2) Verwendung von Erdbohrloch-Daten und Bodengruppen-Karten zur Konstruktion eines 3D Bodenhorizont Modell. Da die Bodenhorizonte, ähnlich wie die geologische Stratigraphie, einer hierarchischen Anordnung folgen, können Erdbohrlochprotokolle genauso benutzt werden wie Schichtbeschreibungsprotokolle, indem die Horizonte in ihrer bestimmten Abfolgen an oberster Stelle in die *.gvs Datei eingefügt und die RGB Farbkodierung in der *gleg Datei abgelegt werden. Das Bodenmodell wurde genau wie konventionelle geologische Modelle erstellt, jedoch wurden die Erdbohrloch-Daten und Bodengruppen-Karten verwendet, um die Profilschnitte zu korrelieren und Horizonthüllen (deren räumliche Verbreitung) zu zeichnen. Diese Methode ist wesentlich zeitintensiver, resultiert jedoch in einer sehr viel detaillierteren Darstellung der Bodenschichten, wie Abb. 14c gezeigt wird.

Oberflächennahe geophysikalische Daten wurden verwendet, um die strukturellen Beziehungen zwischen modellierten Bodeneinheiten und ihrem jeweiligen Ausgangsmaterial wie z.B. Lockergesteinsschichten oder Festgestein abzugrenzen. Die Visualisierung von geophysikalischen Datensätzen in GSI3D hilft dem Modellierer, die Verteilung, Morphologie und Reichweite vom Boden-Ausgangsmaterial zu definieren, und wiederum die Resolution erhöht, wenn Bodenmodelle mit geologischen Modellen integriert werden.

Es gibt jedoch Einschränkungen bei der Visualisierung von Bodenschichten, besonders wenn das Modell größer als ein Quadratkilometer ist. Die kalkulierten Bodeneinheiten und besonders Horizonte werden nur als dünne Decken erscheinen, selbst wenn das 3D Modell innerhalb einer größeren vertikalen





Überhöhung betrachtet werden. (Abb. 14c).

Wir sollten stets in Betracht ziehen, die Bodenschicht in Modellen einzubeziehen, die auf umweltbezogenen oder

hydrologische Studien zielen, da Boeden eine entscheidende Rolle bei der Entscheidungsfindung und der Einschätzung von Umweltauswirkungen spielen.

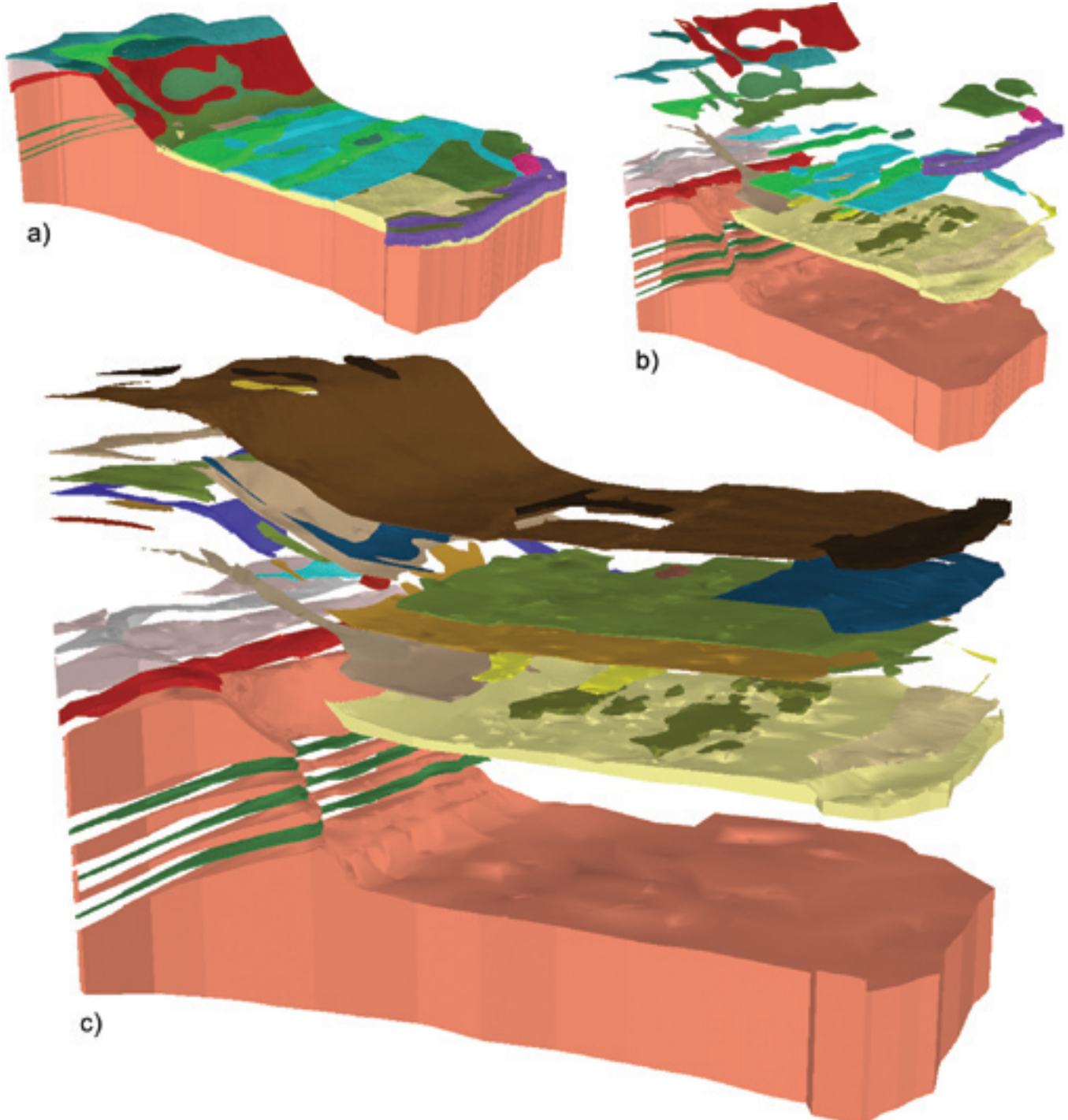


Abb. 14a (oben links) und **14b** (oben rechts) zeigen das 3D Boden-Geologie Modell, das auf Berechnungsmethode 1, unter Verwendung der Bodengruppen-Karten, basiert. Abbildung **14c** (darunter) zeigt 3D Boden-Geologie Modell nach Methode 2, indem 9 individuelle Bodenhorizonte korreliert wurde. Alle Modelle zeigen das Shelford Gebiet im Trent Valley nordöstlich von Nottingham

und decken ungefähr 2 Quadratkilometer ab; die Ansicht hat eine vertikale Überhöhung von 10. Die Gesteinsgeologie umfasst Trias Tonstein (rosa) mit harten Schluff-/Sandstein Schichten in grün überlagert von Sandstein (rot) und Tonstein (hellgrau). Sand und Kies Ablagerungen sind Quartär Flussterrassen (hellgelb) mit Mächtigkeiten zwischen 3 und 5 Metern.

GSI3D Modellieren im Vale of York: Die Anwendung der Ergebnisse und die 4D Interpretation der Glazialgeologie

Anthony Cooper¹, Simon Price¹, Jon Ford¹, Helen Burke¹ and Holger Kessler¹

Das geologische Verständnis Quartärer Ablagerungen im Vale of York resultiert aus zahlreichen Datensätzen. Es wird gestützt durch die Interpretation von Digitalen Geländemodellen (DGMs), verbunden mit der Interpretation von Luftaufnahmen und einer detaillierten 1:10.000 Kartierung. Die Kartierung beinhaltete weitreichende Erdbohrmaßnahmen und die Untersuchung von tausenden weiteren Archivbohrungen des BGS. Diese wurden benutzt, um ein 3D-Profileschnittnetz zu konstruieren und ein Volumenmodell für das York-Haxby Gebiet zu berechnen.

Während der Vereisung der letzten Eiszeit wurde das Vale of York durch die größte landwärtige Eisschicht vergletschert, die sich in südöstlicher Richtung das Tal hinunter und in einen großen proglazialen

See hineinreichte (Lake Humber). Dieser wurde durch Eis aus der Nordsee, das den Abfluss durch die Humber Gap weiter südöstlich blockierte, aufgestaut und laminierte Tone abgelagerte, die Heminbrough glazio-lakustrische Formation. Dann überfloss das Eis den See und formte eine Endmoräne bei Esrick (EM, Abb.15). Dies ist nun als das letzte glaziale Maximum innerhalb des Vale of York bestätigt worden. Das Eis zerfiel dann und bildete einen weiteren Moränenkomplex bei York (YM), gefolgt von weiterem Zerfall und Schmelze, welche zu weiteren Moränen weiter nordwestlich führte (alle Moränen sind in Abbildung 15 in grün gezeigt). Langanhaltende Abflussrouten führten zu linearen Esker-Gürteln (in rot) und das Anstauen von proglazialen Schmelzwasser resultierte in einer komplexen Abfolge von glazio-fluvial/glazio-lakustrischer Sedimentation.

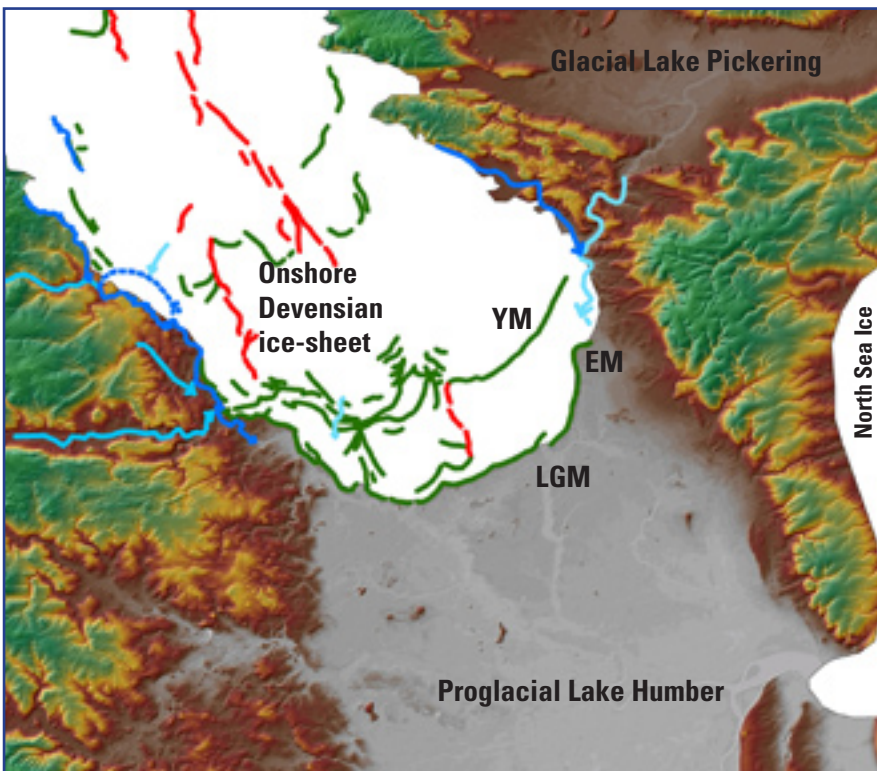


Abb. 15 Rekonstruktion des letzten glazialen Maximums (CHK) im Vale of York.

¹ British Geological Survey, UK

Neue Erkenntnisse über die Deckschichten-Geologie des Clyde Basin durch die Anwendung von NEXTmap und GSI3D-Modelle

Joanne Merritt¹, Diarmad Campbell¹, Katie Whitbread¹, Andrew Finlayson¹, Sue Loughlin¹, Sarah Arkley¹, Michael Browne¹, Brighid O'Dochartaigh¹, Malcolm Graham¹, Fiona Fordyce¹, David Entwisle¹, Alison Monaghan¹, Gaud Pouliquen¹, John Isaacs² and Martha Lovatt³ (Contributors; Louise Ander¹, Andrew Hughes¹, Majdi Mansour¹, Dave Jones¹, Simon Price¹, Hugh Barron¹)

Das 'Clyde Urban Super Project (CUSP)' ist ein integriertes BGS Projekt, welches die wissenschaftlichen Initiativen der 'Responsive Surveys Scotland' und der 'Urban Development' Gruppe zusammenbringt. Es beschäftigt sich mit mehreren unterschiedlichen Bereichen umweltbezogener Themen im Clyde Valley, einem Gebiet von nationaler strategischer Bedeutung. Das Gebiet ist teilweise kontaminiert und von anderen Umweltproblemen bedroht, die noch aus der Zeit des Kohlebergbau und der Schwerindustrie stammen. Die Regenerierung dieses Gebietes, das auch Gastgeber für die Commonwealth Games im Jahre 2014 sein wird, ist Schottlands Hauptziel über die nächsten 25 Jahre. Dieses sind die hauptsächlichen Antriebe für Forschungsarbeiten, Datensammlungen und 3D Modellierungen, die der BGS in letzter Zeit in diesem Gebiet unternommen hat. Zu Beginn bezogen sich diese Arbeiten auf die Bedürfnisse der Gemeinden und ganz besonders des Glasgow City Councils, das einen Teil dieser Forschungsarbeiten und Modelle in Auftrag gab und finanziell unterstützt. Diese Arbeiten werden fortgeführt und Geo-Daten und 3D-Modelle von hoher Qualität werden zum Nutzen der Gemeinden und Stadtplaner erstellt. Die Knappheit von finanziellen Mitteln in den Gemeinden und die Fokussierung auf vermehrt wissenschaftliche Arbeiten innerhalb des BGS hat dazu geführt, sich nun mehr auf die Integration von geologischen, geotechnischen, hydrogeologischen, geochemischen und geomorphologischen Daten zukonzentrieren, sowohl auf Land als auch auf See, um ein größeres Spektrum von wissenschaftlichen Problemen im Clyde Valley anzugehen. Diese wissenschaftliche Herangehensweise hat das Projekt von der 10k Kartenblatt Modellierung von besonders komplexen Grundgestein- und Oberflächen-Ablagerungen weg, und hin zur Modellierung von Gebieten geführt, in denen schwierige wissenschaftliche Fragen zu beantwortet sind. Durch die Förderung des Daten- und Wissensaustausches und Zusammenarbeit mit den Gemeinden und Universitäten sind wir nun in der Lage, zweckgebundene qualitativ attributierte geologische 3D-Modelle zu produzieren, die wir brauchen, um schwierige strategische, wissenschaftliche und zunehmend auch interdisziplinäre Fragen zu beantworten.

Vor kurzem ausgeführte Arbeiten im Clyde Valley betrafen Probleme von erdzeitlichen Änderungen des Meeresspiegels, Strömungsbilder und Grenzen von Eisdecken aus der letzten Eiszeit, sowie die Beschaffenheit, Verteilung und den Ursprung von extrem tiefen und lateral kontinuierlichen Senkungen des Grundgesteins in diesem Gebiet (Abb. 16). Zusätzlich dazu schreitet die Entwicklung eines vollständigen Festgesteins- und Deckschichten-

Modells voran. Die Integration von hydrogeologischen Daten in die GSI3D Deckschichtenmodelle durch Zoom Raster Grids wurde erfolgreich getestet und potentielle Verschmutzung des oberflächennahen Grundwassers durch Quellen an der Oberfläche ist bewertet worden (mit dem neu entwickelte GRASP) und zum ersten Mal wurde die mögliche Verknüpfung von küstennahen seismischen Daten mit GSI3D Modellen des Festlandes erkundet. Es gibt auch Pläne, Versorgungsbetriebe und archäologische Daten mit einzubeziehen, sowie das GSI3D Modell mit Oberflächen Merkmalen, wie Gebäuden und Infrastruktur, zu versehen. Dies wird durch die integrierte Anwendung von ARC, GIS, GSI3D, ZOOM, Landmark und die GOCAD Software möglich gemacht. Zur gleichen Zeit, breitet sich der Umfang dieser Arbeiten durch neue transdisziplinären Beziehungen mit Universitäten weiter aus und beschäftigt sich mit Themen wie nachhaltiger Stadtentwässerung, Überflutungen, Verseuchung des Grundwassers und die potentiellen Einflüsse von extremen Wetterbedingungen und des Klimawandels auf örtliche Gemeinden und deren Nachhaltigkeit.

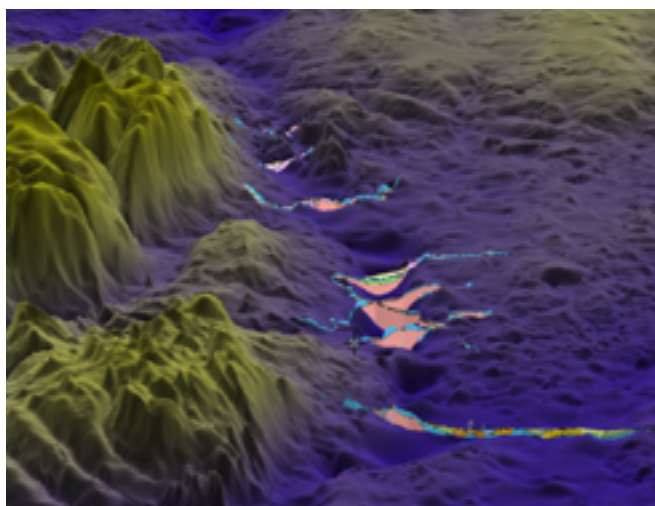


Abb. 16 Die Ansicht nach Osten zeigt ausgewählten geologischen Profilschnitten, die vom Kelvin Valley modelliert wurden und ausgedehnte glazio-fluviale (hauptsächlich Sand und Kies) Sedimente (rosa), die in der letzten Vereisung eine Senkungen des Grundgesteins bis zu 100 Meter tief auffüllen und sich über 50 Kilometer durch das Midland Valley von Schottland ausbreitend. Die Landsenke kann im BGS rockhead Modell betrachtet werden (in grün für hohe und dunkelblau für niedrige Erhebungen)

¹ British Geological Survey, UK, ² Abertay University, UK, ³ Strathclyde University, UK



Die Entwicklung von Modellen von Kreide-Einzugsgebieten im südlichen England und in Nordfrankreich

Neill Hadlow¹, Ian Molyneux¹, Alex Gallagher² and Christian Robelin³

Einzugsgebiete ueber Kreide sind geologisch komplex. Die Komplexität bezieht sich auf Variationen innerhalb des Grundgesteins, wie die Stratigraphie, strukturelle Geologie, Karst und Verwitterung, Oberflächen Geologie und Geomorphologie. Die 3D-Untergrundmodelle erlauben die Präsentation und das Studieren von geologischen Informationen, stratigraphisch oder nicht-stratigraphisch, die für ein bestimmtes Problem, bei dem es sich um ein umweltbezogenes, technisches oder hydrogeologisches handeln kann, relevant sind. Die 3D-Untergrundmodelle, die hier gezeigt werden, wurden in Zusammenarbeit mit dem FLOOD1 Forschungsprojekt entwickelt.

FLOOD1 war ein dreiteiliges Forschungsprojekt, finanziert vom Europäischen Regional-Entwicklungsfond, welches die Rolle des Grundwassers bei Überflutungen von Kalkstein Reservoirs der Interreg IIIA Region untersuchen sollte. Zu den FLOOD1 Projektpartnern gehörten das Bureau Recherche Geologique et Minières (BRGM), der British Geological Survey (BGS) und die Universität Brighton. Die FLOOD1 Interreg IIIA Forschungsreservoirs waren das Patcham Reservoir, Brighton, England, und das Hallue Reservoir, Somme, Frankreich.

Als Teil des FLOOD1 Projektes wurden geologische Felduntersuchungen vorgenommen. Diese schlossen eine kartographische Erfassung sowie die Analyse von Bohrkernen und geophysikalische Bohrlochvermessungen mit ein. Das ursprüngliche Ausmaß dieser Arbeiten sollte es sein, zur gegenwärtigen geologischen Erfassung in den Forschungsgebieten beizutragen und eine Serie von Profilschnitten zu erstellen, die die Basis konzeptueller Modelle darstellen. In Großbritannien wurde der lithostratigraphische Rahmen, der von Mortimore (1986) und Bristow u.a. (1997) entwickelt, und von Rawson u.a. (2001) skizziert wurde, für die Datensammlung im Feld nutzbar gemacht. Die in Frankreich zusammengetragenen Daten wurden durch Verwendung des UK lithostratigraphischen Rahmens interpretiert und mit dem, von Christian Monciardini bestimmten, französischen biostratigraphischen Rahmen kombiniert, um eine individuelle Lithostratigraphie zu erhalten.

Die GSI3D Version 1.5.2 wurde, obwohl ursprünglich für oberflächennahe Lockergesteine entwickelt, für die Konstruktion der Profilschnitte verwendet. Die Daten und Methoden, die für diese Konstruktion benutzt wurden, variierten in den Einzugsgebieten. Beim Patcham Einzugsgebiet wurde die Oberflächekartierung mit vorhandenen Bohrlochprotokollen korreliert, während im Hallue Gebiet die Oberflächekartierung mit Protokollen aus Steinbruechen korreliert wurde. Sekundäre 'füllende' Profilschnitte wurden zwischen die primären Profilschnitte gelegt um bei der Berechnung des Oberflächenrastern des Grundgesteins zu helfen. Dies gestattete die Entwicklung von kompletten geologischen Modellen des Grundgesteins. Die GVS Datei (Geological Vertical Section) für das Hallue Gebiet wurde so konzipiert, dass das Modell sowohl innerhalb des britischen als auch französischen stratigraphischen Rahmens gezeigt werden kann. Oberflächen Ablagerungen wurden, wegen geringer Datendichte, auf eine systematische Weise konfiguriert und deren Hüllen mit DAT Dateien verbessert. Ausgewählte Mergel Horizonte aus den New Pit und den Lewes Nodular Kreideformationen wurden als Linsen modelliert. Nicht-stratigraphische Informationen, wie Grundwasseroberfläche und geschätzte Festgesteinsoberfläche mussten auch als Linsen modelliert werden, um sie in den Subsurface Viewer einzubeziehen.

Die geologischen Modelle wurden in den GSI3D Subsurface Viewer eingebettet, der die Verbreitung der Modelle an die Projektpartnern erleichtern sollte. Der Subsurface Viewer erlaubt die Konstruktion von synthetischen Profilschnitten bei jeder Orientierung durch die Modelle und ermöglicht dadurch die räumlich Interaktionen zwischen den Oberfläche und Einheiten, der Grundwasseroberfläche, der Verwitterungszone oder einer Grundgesteinseinheit, zu betrachten. Das Ergebnis dieser Studien zur Geologie der Patcham und Hallue Einzugsgebiete, und deren 3D Modelle, war die Erstellung neuer geologischer Karten der Forschungsgebiete. Dadurch wurde nicht nur das Verständnis der Geologie, sondern auch deren Interaktion mit der Grundwasseroberfläche verbessert.

¹University of Brighton, UK, ²British Geological Survey, UK, ³Bureau Recherche Geologique et Minières, BRGM 3 avenue Claude-Guillemin BP 36009-45060 Orleans Cedex 2 France

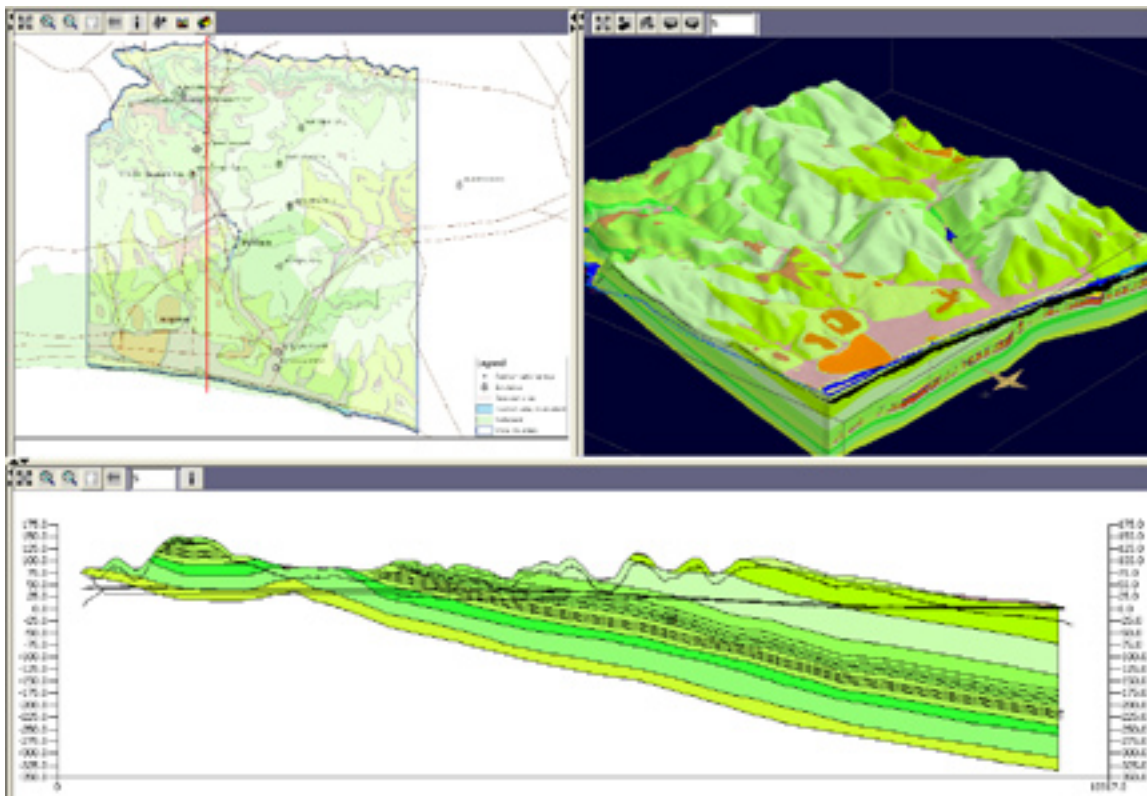


Abb. 17 Das geologische 3D-Modell Patcham im Subsurface Viewer.

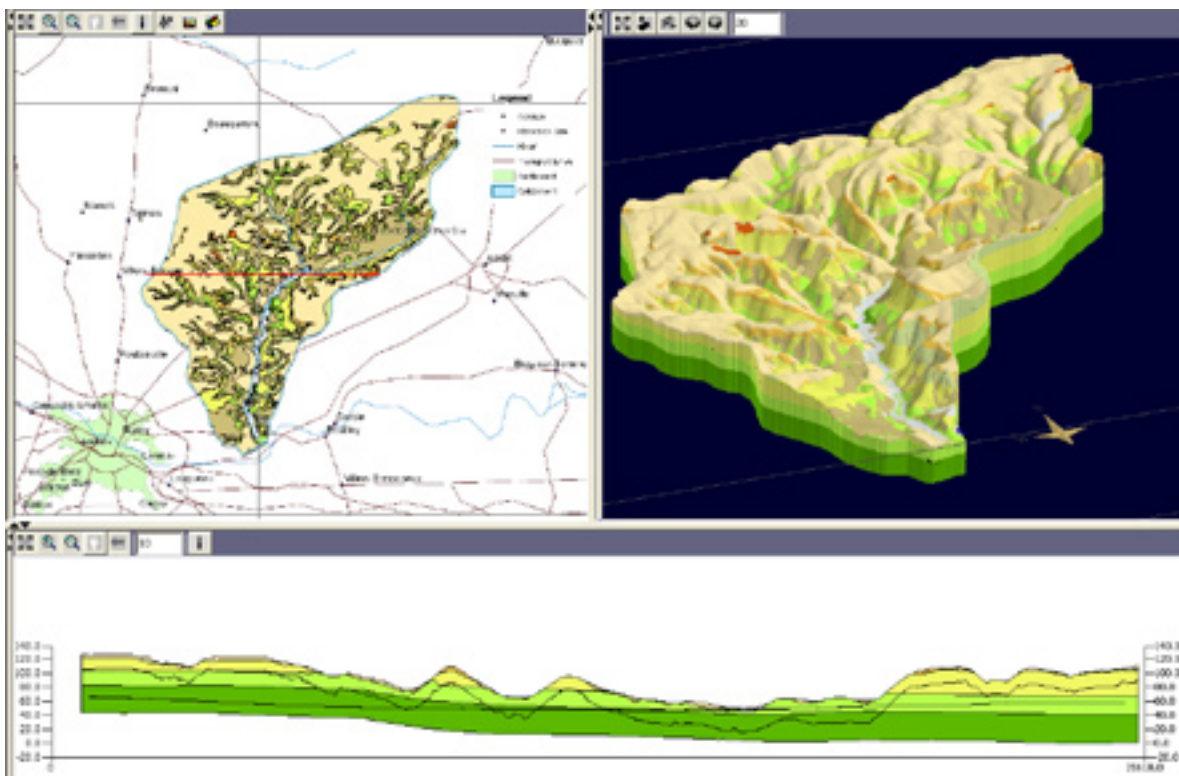


Abb. 18 Das geologische 3D-Modell Hallue im Subsurface Viewer.



Die Integration von geophysikalischen und geologischen 3D-Modellierungsmethoden zur Untersuchung von begrabenen Sand- und Geröll-Ablagerungen: Ein Beispiel von der quartären Bytham River Terasse in England

John Chambers¹, Helen Burke¹, Jon Lee¹, Alan Weller¹, Paul Wilkinson¹, and Holger Kessler¹

Wir beschreiben eine Studie, in der elektrische Widerstandstomographie (ERT) und geologische 3D-Modellierung, unter Verwendung von GSI3D, für die Auswertung einer komplexen Sand- und Geröll-Ablagerung angewandt wurde. Durch die Kombination dieser beiden Techniken waren wir in der Lage, hochauflösende 3D-ERT-Bilder zu benutzen, um ein geologisches 3D-Modell des Geländes, das ursprünglich nur aus Daten von Bohrungen generiert wurde, zu verfeinern. Wir illustrieren unseren Ansatz mit einer Fallstudie von einem Steinbruch in Ingham, Suffolk. Der Untergrund des Standortes wird aufgebaut aus heterogenen Flussterrassen (Sand- und Geröll-Ablagerungen) unterschiedlicher Mächtigkeiten, die teilweise von glazialen Geschiebe überlagert werden. Das Grundgestein besteht aus Kreide, dessen Oberfläche bedeutende topographische Variationen aufzeigt. Die 3D-ERT-Vermessung von Ingham resultierte in einem Untergrund Modell in hoher

Qualität, das wichtige geologische Strukturen enthüllt, wie z.B. Rinnen, die nicht alleine durch die Bohrdaten zu erkennen waren. Rückblickend kann man sagen, dass eine 3D-ERT-Vermessung zu Beginn der Bodenschatzuntersuchung die Anzahl von notwendigen Bohrlöcher, die für eine Auswertung der Bodenschätze nötig sind, hätte reduzieren können wie auch eine effektiveren Platzierung dieser Bohrlöcher ermöglicht hätte. Das verfeinerte geologische 3D-Modell, das viele klein-massstäbliche Merkmale, die durch die ERT Daten identifiziert wurden, miteinbezogen hat, bietet eine hochauflösende 3D-Darstellung der Ablagerungen, aus denen Deckgebirge und Mineralien Vorkommen direkt bestimmt werden können. Wir konnten außerdem zeigen, wie aus GSI3D Oberflächen des Grundgesteins oder die Basis von Abraum als ein Format exportiert und direkt in industrielle standard Gelände-Modellierungssoftware wie LSS importiert werden kann.

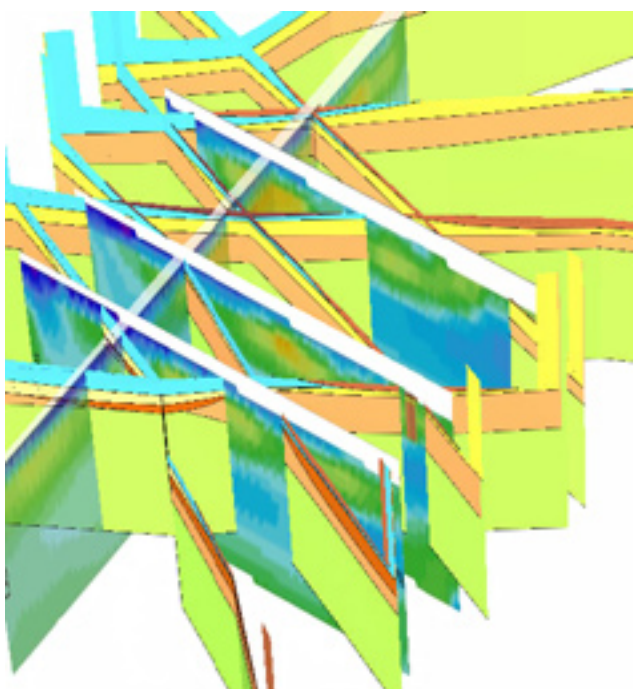


Abb. 21 Geophysische Abschnitte auf den GSI3D Arbeitsplatz übertragen.

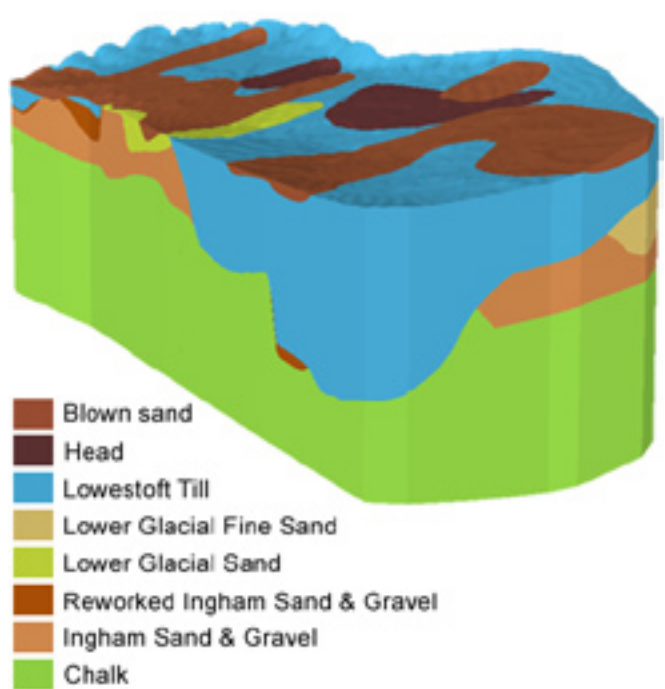
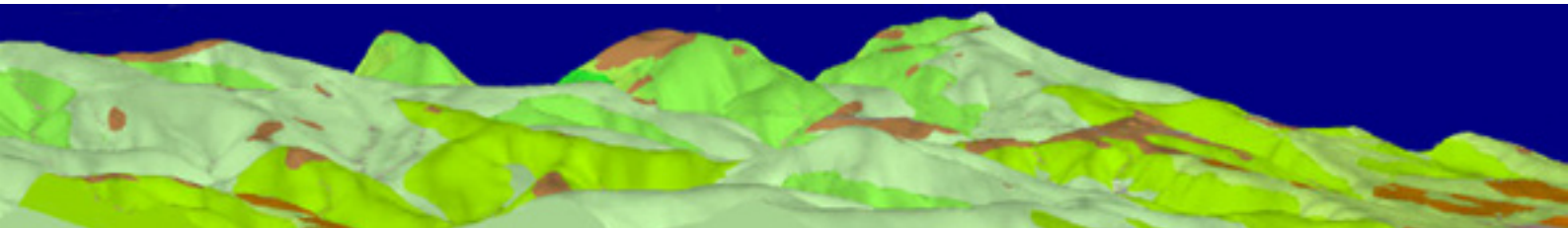


Abb. 22 3D-Blockmodell.

¹ British Geological Survey, UK



ZOOM in GSI3D: Die Anwendung von geologischen 3D-Modellen zur Verbesserung der Parametrisierung von Grundwassermodellen

Andrew Hughes¹, Malcolm Graham¹, Chris Jackson¹, Majdi Mansour¹ and Thalia Vounaki¹

Einleitung

Der BGS hat in Zusammenarbeit mit der Universität Birmingham und mit der Unterstützung der Environment Agency in England und Wales eine Reihe von objektorientierten (OO) Grundwassermodellen entwickelt. Zur ZOOM Suite gehören, ein Grundwasserströmungsmodell ZOOMQ3D (Jackson u.a., 2004), ein advektives Transportmodell ZOOPT (z.B. Stuart u.a., 2006) und ein Modell der Grundwasserneubildungsverteilung ZOODRM (z.B. Hughes u.a., 2008). Das ursprüngliche Ziel bei der Verwendung von OO-Techniken war eine Raster-Verfeinerung einzufügen, um das Maßstabs Problem bei der Modellierung von Grundwasser Modellierungs-Systemen zu lösen (z.B. Spink u.a., 2006). Durch die Zunahme an Erfahrungen mit OO-Techniken, wurde klar, dass andere Vorteile daraus erwachsen könnten. Zu diesen zählte eine verbesserte Darstellung der geologischen Zellvolumen. Daher wurde zur weiteren Untersuchung ZOOMQ3D mit GSI3D verbunden. Die nun folgende kurze Abhandlung beschreibt die Verwendung von GSI3D-Modellen zur Optimierung von ZOOMQ3D-Grundwasserströmungsmodellen.

Beispiele von GSI3D-ZOOM Verknüpfungen

Die INSIGHT wurde vom BGS beauftragt, eine Export-Funktion in GSI3D zu implementieren um den Datenaustausch mit dem

ZOOMQ3D-Modell zu ermöglichen. Das GSI3D-Modell verwendet die Positionen der finiten Differenzknoten im ZOOMQ3D-Modell, um die Höhen und die hydraulische Leitfähigkeit verschiedener Schichten in einem Grundwasserströmungsmodell zu berechnen. Zwei Attribut-Spalten werden zur ‚gvs‘-Datei von GSI3D, die das geologische Modell parametrisiert, hinzugefügt: eine, die definiert, welcher geologische Volumenkörper in eine ZOOMQ3D-Schicht übersetzt wird, eine weitere, die den hydraulischen Leitfähigkeitswert dieser Schicht definiert. GSI3D exportiert zwei Datensätze mit Informationen zur Oberfläche und Basis jeder ZOOMQ3D-Schicht sowie den dazugehörigen hydraulischen Leitfähigkeitswerten. ZETUP, ein vorgeschalteter Prozessor für ZOOMQ3D, konvertiert anschließend diese Dateien in das erforderliche Format für die Verwendung im Fließ-Modell ZOOMQ3D.

Die GSI3D-ZOOM Verbindung wurde zuerst erfolgreich an einem relativ einfachen geologischen Modell getestet, dass für das BGS-Untersuchungsgebiet in Shelford, in der Nähe von Nottingham entwickelt wurde. Dies zeigte, dass die Verbindung funktioniert, das Modell jedoch in manchen Problembereichen noch verfeinert werden müsste. Zu den neueren Beispielen der Verwendung von GSI3D-

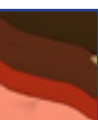
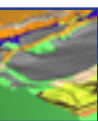
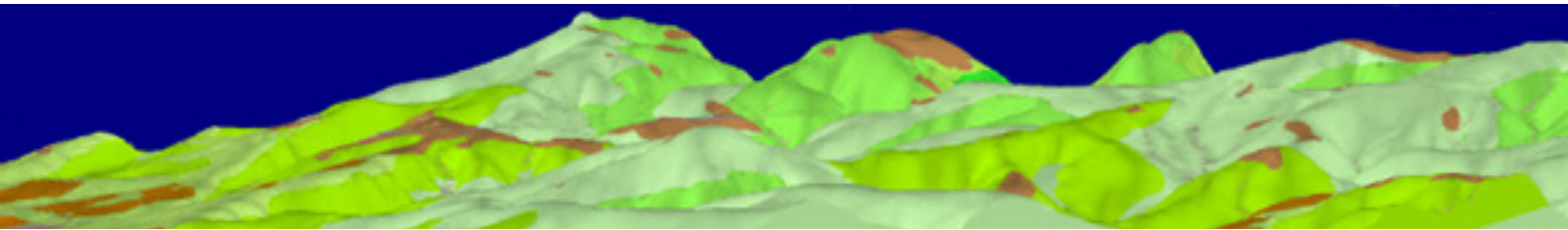


Abb. 23 Das Grundwasser-Überflutungsmodell Oxford.

¹ British Geological Survey, UK



Modellen bei der Verbesserung von ZOOMQ3D-Modellen gehören: Das Goring Gap Projekt (Jackson u.a., 2007), bei dem ein GSI3D-Modell von Flusstal-Geröllen und -Kiesen benutzt wurde, um die Basis einer Schicht entlang des Thames Valley zu definieren. Im Oxford Flooding Projekt (Macdonald u.a., 2007) wurde ein geologisches Modell der Flussschicht unter Oxford konstruiert und dazu verwendet, eine verbesserte Schicht-Geometrie für ZOOMQ3D bereitzustellen (Abb.23). Im Clydeside Projekt (Merrit u.a., 2007) wurde aus einem GSI3D-Modell eines 75 Quadratkilometer großen Gebietes ein ZOOMQ3D-Modell entwickelt, um das Verständnis der Hydrogeologie der Deckschichten im Gebiet von Glasgow zu verbessern.

Gelernte Lektionen

Bevor ZOOMQ3D mit GSI3D verbunden werden kann, muss die geologische Komplexität in Betracht gezogen werden. Layer-Modelle wie ZOOMQ3D (und MODFLOW) sind nicht entwickelt worden, um mit geologisch komplexen Situationen umzugehen. Probleme mit 'trockenfallenden' Berechnungs-Knoten können die Folge sein. Von daher muss die Geologie vereinfacht werden. Ebenso müssen wir bei der Entwicklung eines geologischen Modells der Exaktheit der Volumenberechnung und der abschließenden Feinanpassung des geologischen Modells Aufmerksamkeit schenken, damit eine geologische Schicht-Untergrenze nicht über einer ZOOM-Schicht-Obergrenze zu liegen kommt. Das Fließ-Modell kann solche Problemstellen aufzeigen, die, wenn GSI3D nur zur Darstellung der Geologie benutzt wird, nur schwer zu entdecken wären. Im Idealfall müsste das geologische Modell ein Strömungsmodell einschließen, so dass die Schicht-Geometrie des GW-Modells konsistent definiert werden kann. Auch die Verwendung von Raster-Verfeinerung innerhalb von ZOOMQ3D, die Beziehung zwischen geologischen Modellen und dem Maßstab des Grundwassermodells ist zu berücksichtigen. Ein geologisches Detailmodell kann grundsätzlich ein kleineres Areal abdecken als das Grundwassermodell. Die Grenzen des Grundwassers werden jedoch nicht unbedingt mit dem Gebiet des detaillierten geologischen Modells übereinstimmen. Es gibt daher einen Bedarf für 'verschachtelte' geologische Modelle unterschiedlicher Komplexitäten.

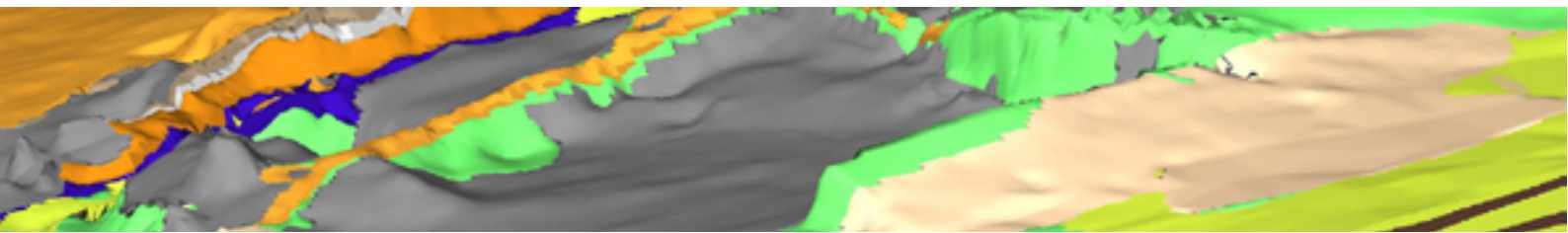
Der Weg nach vorn

Zukünftig werden bei Untersuchungen zu Grundwassermodellierungen zunehmend GSI3D-Modelle Verwendung finden, um so die Nutzung geologischer Modelle bei der Definition der Geometrie eines Grundwasserströmungsmodells

zur Routine werden zu lassen. Die Ergebnisse von Grundwassermodellen werden auch in GSI3D visualisiert werden. Die Probleme bei der Maßstabs-Entwicklung von geologischen Modellen und Rasterverfeinerung innerhalb von ZOOMQ3D müssen ebenso angesprochen werden. Die Verbindung von GSI3D und ZOOMQ3D hat uns die Beschränkungen aufgezeigt, die geschichtete Grundwasserströmungsmodelle in der Geologie darzustellen. Der BGS hat mit der Entwicklung eines Grundwasserströmungsmodells begonnen, das die geologische und die hydrogeologische Komplexität unter Verwendung von finiten Volumen-Techniken genauer darstellt.

Literatur

- HUGHES A G, MANSOUR M M AND ROBINS N S. 2008. Evaluation of distributed recharge in an upland semi-arid karst system: the West Bank Mountain Aquifer. *Hydrogeology Journal*, doi: 10.1007/s10040-008-0273-6.
- JACKSON, C.R., HUGHES, A.G., JONES, M.A. AND PEACH, D.W. 2007. The use of data and conceptual understanding at different scales to develop a groundwater flow model of a well-field next to a large river. *Extended Abstract, ModelCARE 2007*, Copenhagen, Denmark.
- JACKSON, C.R., SPINK, A.E.F., 2004. User's manual for the groundwater flow model ZOOMQ3D. *British Geological Survey Internal Report IR/04/140*.
- MACDONALD, D., HALL, R., CARDEN, D., DIXON, A., CHEETHAM, M., CORNICK, S. AND CLEGG, M. 2007. Investigating the interdependencies between surface and groundwater in the Oxford area to help predict the timing and location of groundwater flooding and to optimise flood mitigation measures. *Proceedings of the 42nd DEFRA Flood and Coastal Management Conference*, July 2007, York, UK. <http://www.defra.gov.uk/environ/fcd/conference/2007/04a-2.pdf>
- MERRITT, J., MONAGHAN, A., ENTWISTLE, D., HUGHES, A.G., CAMPBELL, D. AND BROWNE, M. 2007. 3D attributed models for addressing environmental and engineering geoscience problems in areas of urban regeneration – a case study in Glasgow, UK. *First Break*, vol. 25.
- SPINK, A E F, HUGHES A G, JACKSON C R AND MANSOUR M M. 2006. Object-oriented Design in Groundwater Modelling. *MODFLOW and More 2006: Managing Ground-Water Systems – Conference Proceedings*, Poeter, Hill and Zheng. Colorado School of Mines, USA.
- STUART M E, GOODDY D C, HUGHES A G AND JACKSON C R. 2006. A Field And Modelling Study To Determine Pesticide Occurrence In A Public Water Supply In Northern England, UK. *Ground Water Monitoring Remediation* Vol. 26 pt/no 4.



Die Vision geht weiter

Hans-Georg Sobisch¹

Die Forschung und Entwicklung von GSI3D in den letzten 10 Jahren hat es geologischen Kartierern ermöglicht, systematische geologische 3D-Modelle als Teil der standardmäßigen Landesaufnahme zu produzieren. Diese Lösung war zunächst lediglich für unkonsolidierte Deckschichten und ungestörte Festgesteinseinheiten vorgesehen. Jetzt haben wir die GSI3D Methodik erweitert, um mit fast dem gesamten geologischen Inventar umzugehen. Der Hauptantrieb hinter diesen Entwicklungen war es, geologische 3D-Karten als Nachfolger für die digitalen 2D-Karten zu erschaffen. Dies wurde erreicht mit der Entwicklung des *Subsurface Viewers* im Jahr 2005.

Die Verfügbarkeit eines großen Umfanges systematischer und geländespezifischer 3D Modelle kombiniert mit neuen Methoden, Untergrund-Informationen zu verbreiten und zu visualisieren, hat zu einem erhöhten Bedarf von geologischen Daten und Informationen

über deren Eigenschaften geführt. Wie zu erwarten war ist diese Nachfrage am größten bei Kunden, die mit angewandten Studien, wie Grundwassermanagement, Stadtplanung oder geotechnischen Nachforschungen beschäftigt sind.

Diese Entwicklungen führen automatisch dazu, dass 3D-Untergrundinformationen visualisiert und in gebräuchlichen Softwareplattformen, analog zu 2D-Daten in einem GIS, verwaltet werden müssen. Dies bedeutet, dass wir eine generelle Lösung für Untergrund-Informationen brauchen, die geologische Rahmenbedingungen, Infrastruktur, Merkmale etc. enthalten. Die Vision ist es daher, ein 3/4D GIS zu entwickeln, um Untergrund-Informationen und damit verbundene Vorgänge optimal nutzen zu können, damit die Umwelt und die Gesellschaft als Ganze davon profitieren können.

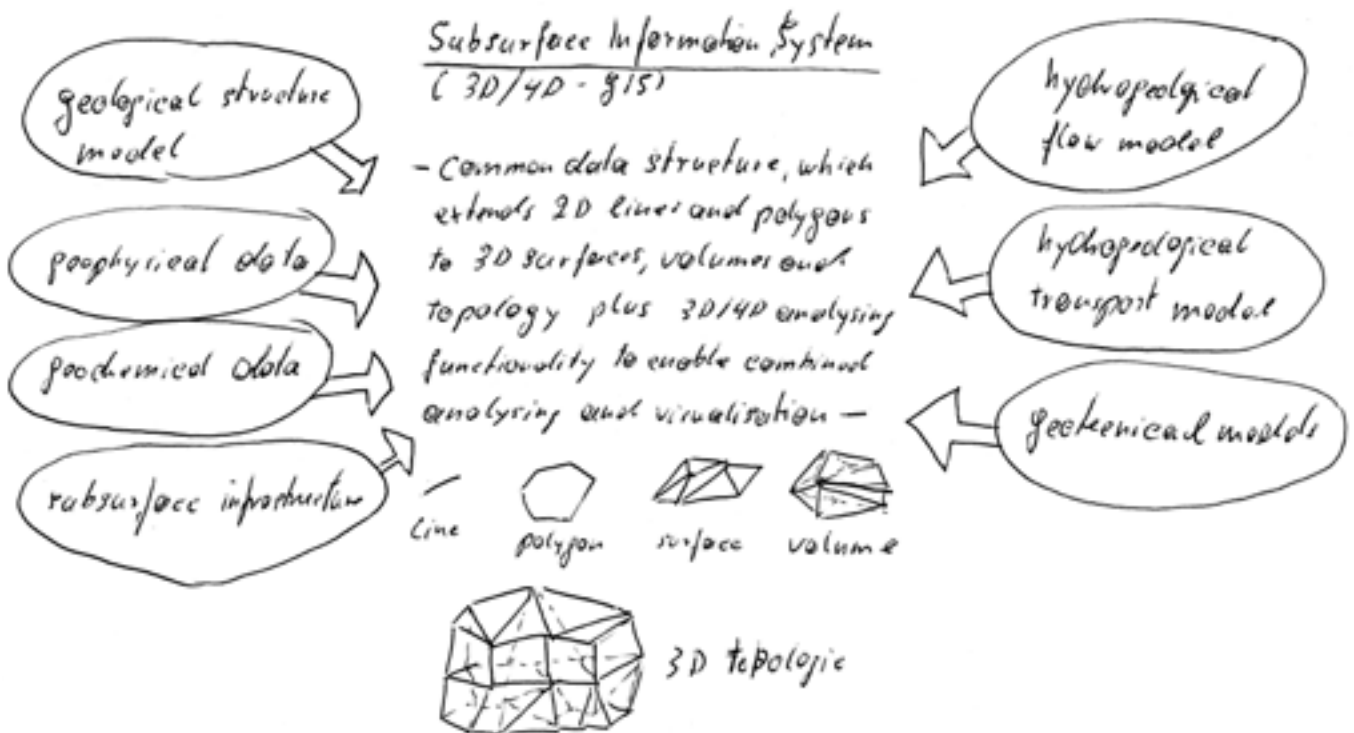
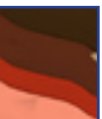
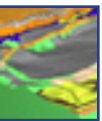


Abb. 24 Serviettenentwurf der Vision eines Untergrundinformationssystems.

¹ INSIGHT GmbH Hochstadenstrasse 1-3, 50674 Köln, Germany



For more information contact:

Central Enquiries,
British Geological Survey,
Keyworth, Nottingham,
NG12 5GG United Kingdom

Tel: +44 (0)115 936 3143
email: enquiries@bgs.ac.uk

www.bgs.ac.uk