Vorstellung einer Datenbank zur Dokumentation und Analyse von Labordaten sowie im Feld gewonnen Kennwerten

Conception of a Database for Documentation and Analysis of Lab Data and Rock-Properties Derived in Field

Florian Menschik[1], Kurosch Thuro[2], Heiko Käsling[3], Michael Bayerl[4]

[1] M.Sc., Florian Menschik, Technische Universität München; Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, menschik@tum.de
[2] Prof. Dr., Kurosch Thuro, Technische Universität München; Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, thuro@tum.de
[3] Dr., Heiko Käsling, Technische Universität München; Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, heiko.kaesling@tum.de
[4] Dr., Michael Bayerl, Hilti AG, michael.bayerl@hilti.com

Zusammenfassung

Durch gestiegene Anforderungen an Untersuchungsprogramme bei großen Bauprojekten nimmt die anfallende Datenmenge immer weiter zu. Wo früher die Ermittlung der Gesteinsfestigkeit genügte werden heute eine Vielzahl an unterschiedlichen Versuchen durchgeführt. Dateien aus Tabellenkalkulationsprogrammen werden sehr groß und schnell unübersichtlich. Um diese Datenflut zu bewältigen, arbeitet der Lehrstuhl für Ingenieurgeologie der TUM an einem Datenbankkonzept, das ein einfaches und schnelles Datenhandling gewährleistet. Ziel ist es, die Daten schnell und weltweit allen Projektbeteiligten zur Verfügung zu stellen und die Analyse der Daten zu ermöglichen.

Die konzipierte Datenbank basiert auf einem PHP-Webinterface und greift auf eine MySQL-Datenbank zurück. Zusätzlich ist in diesem Datenbankprojekt vorgesehen, eine Anbindung von Zusatzmodulen für spezielle Fragestellungen zu ermöglichen. Mit dieser Datenbank können nun sämtliche Versuchsdaten der vergangenen Jahre weltweit mit wenigen Mausklicks in gewünschter Sortierung dargestellt und ausgewertet werden.

Schlüsselworte: Datenmanagement, Datenbanken, Felsmechanische Kennwerte, MySQL, PHP

Abstract

Increasing requirements for ground investigation programs in large construction projects is putting pressure on existing data management systems. Today data from a wide range of necessary field and lab investigations are stored in in large tables and spreadsheet programs. These tables are often complicated, poorly optimized, or inflexible. To handle data loads in a more appropriate way, the chair of Engineering Geology at TUM is working on a database concept to optimize easy and fast data management. Its main objective is to make the data accessible to project partners across broadly distributed locations. This database solution will offer easy access, quick output, and fast analysis of field and lab data.

Our database system is based on a MySQL database with php web interface to allow online access. The user management system allows administrators to grant and constrain access to data to guarantee the safety of project data. The base module manages the data of project partners, project data and laboratory data. This database system is open to add-on modules. At the moment we are working on an add-on to correlate drill testing data derived from field testing with rock mechanical properties from the lab. In addition users can export data as .csv or .xls formats for further analysis, allowing integration with a wide range of popular software. Today we are managing over 60 projects with 500 samples and almost 1200 lab tests with the base module. In addition to the base module we are developing an add-on to use part of this database for a simple drill test analysis. This tool correlates drill performance and tool wear measured in the field with rock mechanical properties, and extrapolates data to estimate performance and wear in new projects.

Keywords: Datamanagement, Database, Rockmechanical Properties, MySQL, PHP

1 Einleitung

Im heutigen Zeitalter der Bits und Bytes und bei heutigem Voranschreiten der Technologie werden Computer immer besser und ebenso für immer mehr Zwecke eingesetzt. Dieser Trend lässt sich nicht nur im Privaten sondern genauso in vielen Geschäftszweigen beobachten und macht auch vor den Geowissenschaften keinen Halt. Man kann heute sehr viel präziser und komplexer rechnen, als man es noch vor 10 Jahren konnte. So werden Analysen und Kennwerte immer genauer. Die Ergebnisse werden nicht nur besser, sondern auch die Datenmengen, die dorthin führen immer umfangreicher und größer. So werden, um auf aktuellem Stand der Technik gemäß den aktuellen Normen und Empfehlungen zu arbeiten, bei Großprojekten immer mehr Daten erhoben und immer mehr Labor- und Feldversuche durchgeführt. Ziel ist immer ein noch besseres Prozessverständnis der Vorgänge und Wechselwirkungen des Bau-

werks mit dem Baugrund. Hierbei steigen auch die Anforderungen an die Datenhaltung, bei der die Ergebnisse reproduzierbar und für die Zukunft verfügbar sein müssen.

2 Problemstellung

Im Moment hat man keine Probleme genügend Daten für laufende Projekte zu erheben. Die Probleme treten erst bei der Verarbeitung der gewonnenen Daten auf. Es steigt die Bedeutung einer strukturierten Datenablage (SCHUMACHER 2009). Dabei ist es wichtig, gleiche Daten nur einmal (redundanzfrei) und strukturiert abzulegen. Dies dient vor allem dazu, die Datenintegrität zu wahren und Daten auf lange Sicht verfügbar zu halten. Zusätzlich müssen Ingenieurgeologen und Geotechniker schnell auf Anforderungen neuer Projekte reagieren und diese in Form einer passenden Datenhaltung und Kennwertanalyse berücksichtigen.

Aktuell werden viele Projekte mit Hilfe von Tabellenkalkulationen (wie z.B. Microsoft Excel) oder im Extremfall mit Textverarbeitungsprogrammen (wie z.B. Microsoft Word) verwaltet. Sofern die Projektbeteiligten die gleiche Software benutzen, bleibt man wenigstens innerhalb eines Dateiformates, aber sobald unterschiedliche Programme benutzt werden, potenziert sich das Chaos um ein vielfaches.

Spätestens beim Einsatz von Geodaten wie einem digitalen Geländemodel kommen gängige Programme an ihre Grenzen, da hier sehr schnell mehrere Millionen Datensätze zusammenkommen. Mittlerweile liegen diese Höhenmodelle z.B. für Bayern fast flächendeckend (www-1) in einem 1 m Raster vor. Ein 1-m-Geländemodell benötigt 100-mal mehr Speicherplatz als ein 10 m-Geländemodell (NIGHBERT 2010), das noch vor kurzem Standard gewesen ist. Schließlich muss man auf Spezialsoftware umsteigen, die datenbankorientiert arbeitet. Ein Beispiel ist die Software ArcGIS aus dem Hause ESRI.

Auch bei mittleren und großen Bauprojekten kommen oft viele verschiedene Daten zusammen, die in speziellen Datenbankensystemen verwaltet werden. Ein Beispiel für ein solches System stellt die Software 2DOC der Firma Pöyry Infra GmbH dar. Diese umfangreiche Software dient der Datenverwaltung im Bereich Tunnelbau und wird momentan auf zahlreichen Tunnelbaustellen wie z.B. dem Brennerbasistunnel (www-2) eingesetzt. Ein weiteres positives Beispiel für den Einsatz dieser Software stellt das Tunnelbauprojekt Harter Plateau/Linz (FELLINGER & BERGLER 2009) dar. Ein ähnliches Konzept wäre auch für das Datenmanagement, die Analyse und die Weitergabe von Kennwerten aus Feld- und Laborversuchen wünschenswert.

3 Struktur einer Datenbank

Grundsätzlich benötigt man zum Arbeiten mit Datenbanken ein Datenbanksystem, was sich aus der eigentlichen Datenbank und einem Datenbankmanagementsystem (DBMS) zusammensetzt (SAAKE et al 2010: 8). Das DBMS verwaltet alle anfallenden Daten, trifft Vorkehrungen zur Datensicherheit, dem Datenschutz und der Datenintegrität und ermöglicht im Idealfall den Mehrbenutzerbetrieb.

Prinzipiell lassen sich Datenbanken in verschiedene Modelle gliedern. Zum einen einfache Modelle, wie ein hierarchisches oder ein netzwerkartiges Modell. Diese sind für einfache Datenstrukturen wie z.B. dem Dateisystem eines jeden Betriebssystems geeignet. Sie würden aber in unserem Fall keine wesentliche Verbesserung erzeugen, da in diesen Modellen die Daten als Einzelelemente gespeichert werden und nur durch Referenzen miteinander verknüpft sind. Weiter gibt es rein objektorientierte Datenbanken. Diese sind ebenfalls eher ungeeignet, da es bei Laborversuchen selten um einzelne Elemente mit jeweils vielen Daten sondern mehr um viele Elemente mit jeweils gleichen Daten geht.

Abb. 1: Allgemeines Entity-Relationship-Model einer relationalen Datenbank.

Fig. 1: General Entity-Relationship-Model of a relational database.

Eines der gebräuchlichsten Datenbankmodelle ist das relationale Modell (KEMPER & EICKLER 2011: 71). Hier werden Daten in Tabellen, sog. Entitäten, verwaltet und miteinander über Identifikationsnummern in Beziehung gesetzt. In Abb. 1 ist ein Beispiel hierfür als „Entity-Relationship-Model“ abgebildet. Dieses Modell unterstützt große Datenmengen und ist daher sehr gut für eine Versuchsdatenbank geeignet. Durch die Vernetzung der Tabellen können redundante Datensätze vermieden werden. Gleichzeitig kann in einer solchen Datenbank mit sogenannten Stammtabellen gearbeitet werden. Die Daten aus diesen Tabellen werden durch Beziehungen mit den jeweiligen Versuchsdaten verknüpft. Somit sinkt das Risiko der Mehrfachspeicherung durch nicht eindeutige Bezeichnungen um ein vielfaches.

4 Die Gesteinsdatenbank des Lehrstuhls für Ingenieurgeologie der TUM

Zur Umsetzung einer solchen relationalen Datenbank eignen sich sehr viele Programme und Skriptsprachen, die auf dem Markt verfügbar sind. Beispiele hierfür sind DB2, SQL oder Access-Datenbanken, um nur ein paar der gängigsten Systeme zu nennen. Um ein möglichst offenes und kostengünstiges System zu erhalten, entschied sich der Lehrstuhl für Ingenieurgeologie für den Aufbau einer kostenlosen MySQL-Datenbank mit einem HTML-PHP-Webinterface.

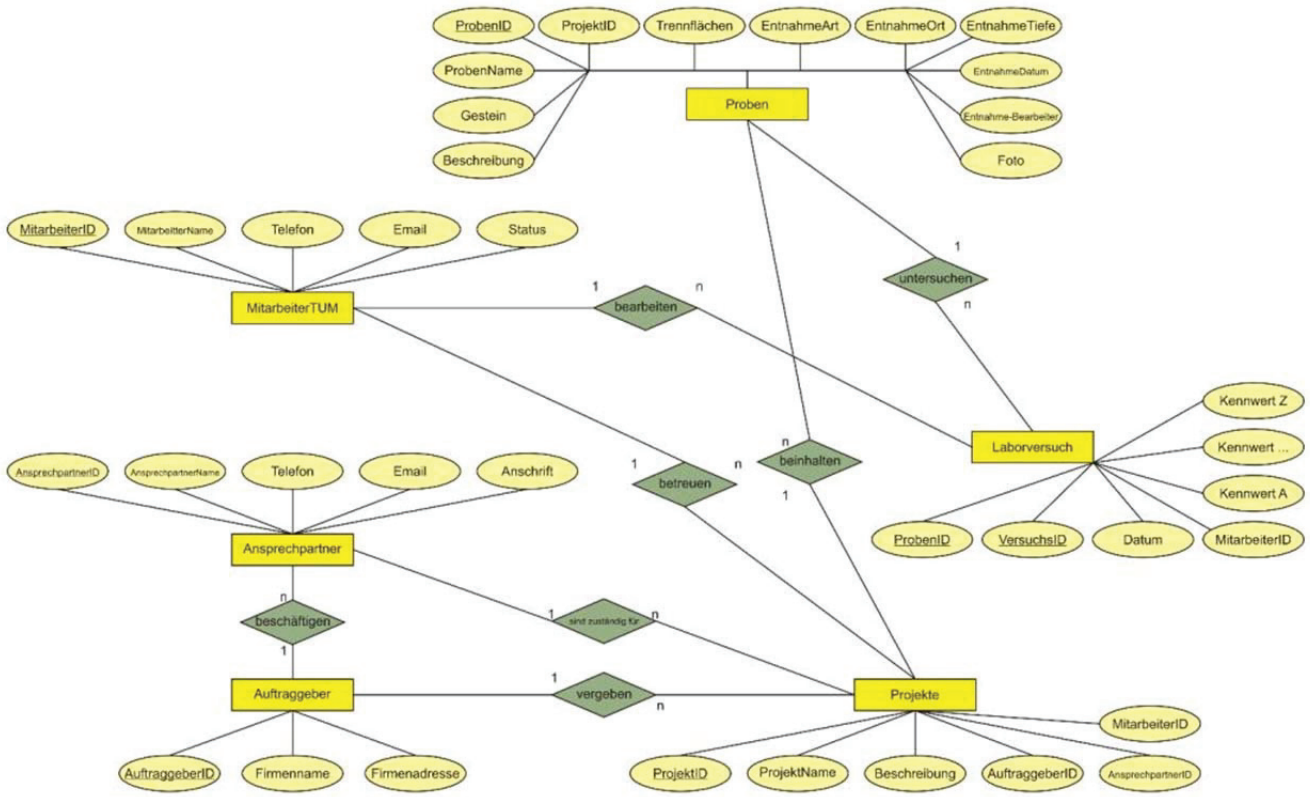

Abb. 2: Entity-Relationship-Model des Grundmoduls der Gesteinsdatenbank des Lehrstuhls für Ingenieurgeologie der TUM.
Fig. 2: Entity-Relationship-Model of base module of the rock database of the chair of Engineering Geology at TUM.

4.1 Programmierung der Datenbank

Die Programmierung des Datenbanksystems erfolgte im Rahmen einer Masterarbeit von EITSCHBERGER (2011) und wird im Rahmen im Rahmen der Doktorarbeit von F. MENSCHIK (i. Vorb.) Doktorarbeit weiterentwickelt. Die Daten werden in einer MySQL-Datenbank, die zusätzlich zum Webinterface über ein phpMyAdmin-Portal angesteuert werden kann, gespeichert. Dies ermöglicht auf einfachem Weg die Bearbeitung der Grundstruktur und die schnelle Erweiterung der Datenbank.

Die Programmierung des Webinterfaces erfolgte mit dem Programm Dreamweaver aus dem Hause Adobe. Dieses Programm ermöglicht eine einfache Gestaltung der Homepage und einen leichten Zugriff auf die Prozesse, die im Hintergrund ablaufen. Als Programmiersprachen wurden php und html benutzt.

4.2 Aufbau der Datenbank

Die Datenbank an sich kann in folgende vier Teilbereiche untergliedert werden:

- Benutzerverwaltung
- Auftraggeber, Projekte, Proben
- Laborkennwerte
- Zusatzmodule

Die Teilbereiche *Benutzerverwaltung*, *Auftraggeber, Projekt und Probendaten*, sowie die *Laborkennwerte* bilden das Grundmodul der Datenbank (Abb. 2). In der Benutzerverwaltung werden sämtliche Zugriffsrechte auf einzelne Daten, wie auch auf die gesamte Datenbank verwaltet. Dieses Modul ist auch Grundlage für die Zuweisung einzelner Zusatzmodule zu den jeweiligen Auftraggebern. Es regelt zusätzlich den Zugriff auf die Datensätze und stellt somit sicher, dass projektspezifische Daten nicht von dritten einsehbar sind.

Im Bereich Auftraggeber und Projekte werden alle grundlegenden Daten gespeichert. In diesem Bereich werden allgemeine Informationen wie Projektname, -beschreibung, Auftraggeberdaten gespeichert. Aber auch grundlegende Informationen zu den bearbeiteten Proben sind hier hinterlegt. Diese Daten stellen die Basisinformationen der Datenbank dar. Alle weiteren Daten werden über diese Grunddaten miteinander verknüpft und analysiert. Alle im Felslabor des Lehrstuhls für Ingenieurgeologie der TUM gewonnen Kennwerte werden in einem weiteren Teil der Datenbank verarbeitet. Hier werden im Moment alle gebräuchlichen Informationen aus Einaxialen Druck-, Punktlast-, Spaltzug-, Cerchar- und LCPC-Versuchen gespeichert. Ein weiteres Grundmodul zur Verarbeitung von Daten aus Ultraschallversuchen und Petrographischen Analysen ist in Planung. Zusätzlich können verschiedene Zusatzmodule programmiert und an diese bestehende Struktur angebaut werden.

4.3 Zusatzmodule

Als Zusatzmodul sind Bereiche zur weiteren Auswertung, zur Anbindung von weiteren Daten wie z.B. Felddaten und

deren Korrelation mit Labordaten, wie auch verknüpfte Informationen zu den Projektdaten realisierbar. Diese Module müssen lediglich eine Verknüpfung zu den bestehenden Daten aufweisen. Sie sollten sich also entweder über ein Projekt oder eine Probe in das bestehende System einbinden lassen. In der Doktorarbeit von MENSCHIK (i. Vorb.) wurde ein Zusatzmodul zur Anbindung von weiteren Daten (Technische Daten von Erzbergwerken), Bohrversuchen im Gelände und eine Korrelation von Bohrgeschwindigkeit und Verschleiß aus den Bohrversuchen mit felsmechanischen Kennwerten, geschaffen. Dieses Werkzeug soll eine schnelle Aktualisierung der Versuchsdaten, wie auch eine schnelle Auswertung ermöglichen.

4.4 Das Webinterface

Das Webinterface ist über einen gewöhnlichen Browser (z.B. Mozilla Firefox, Internet Explorer etc.) weltweit über das Internet ansteuerbar. Nach Eingabe der Benutzerdaten und entsprechendem Passwort gelangt man in die für die jeweilige Person vorgesehene Sicht (Ansicht/View) der Datenbank. Je nach Zugriffsrechten ist das Navigationsmenü umfangreicher oder eingeschränkter. Aktuell existieren 3 Sichten auf die Datenbank: eine für Mitarbeiter des Lehrstuhls, eine für Auftraggeber bzw. Projektpartner und eine Spezialsicht auf das erste Zusatzmodul zur Verwaltung von Bohrversuchen, das nur vom Auftraggeber eingesehen werden kann.

Nur in der Grundansicht (Abb. 3) können sämtliche Teile des Grundmoduls wie Auftraggeber und Projektdaten, Benutzerdaten und Versuchsdaten verwaltet werden. Diese Daten werden über ein einfaches Formular innerhalb der Webseite eingegeben bzw. bearbeitet. Ebenso in der Grundansicht ist es möglich, sich über den Verlauf der Projekte zu informieren. Hier werden Daten wie Probeneingang, Bearbeitungsfortschritt bis hin zur Rechnungsstellung verarbeitet und können jederzeit eingesehen werden. Zusätzlich erlaubt ein Abfragemenü mit mehreren Werkzeugen Einsicht in die Versuchs-Datensätze. Diese Abfragewerkzeuge stehen auch in der Projektpartneransicht ausschließlich für die jeweiligen projektbezogenen Daten zur Verfügung. Bei der Datenabfrage kann entschieden werden, ob Einzel- oder Mittelwerte angezeigt werden sollen. Für diese Abfragen kann nach dem einzelnen Auftraggeber, dem Projekt oder einer Probe und nach Versuchen gefiltert werden.

Zusätzlich kann auch direkt nach allen Versuchen, die an einer Gesteinsart durchgeführt wurden, gesucht werden, um einen Überblick über alle gelaufenen Versuche zu bekommen. Eine weitere Ansicht (Abb. 4) bezieht sich direkt auf das Zusatzmodul von MENSCHIK (i. Vorb.). Hierbei handelt es sich um die Korrelation von Feld- und Laborversuchen und einer Datensammlung von verschiedenen beprobten Erzbergwerken. Dieses Zusatzmodul wurde nach Auftraggeberwünschen programmiert und ins Englische übersetzt.

5 Vor- und Nachteil des Datenbanksystems

Mit dieser Datenbank wurde ein kostengünstiges, sehr gutes Konzept entwickelt, dass es ermöglicht, sich mit Kollegen, Projektbeteiligten und Kunden über die ermittelten Kennwerte auszutauschen. Die beteiligten Partner benötigen keine speziellen Programmkenntnisse, da das Datenbanksystem über normale Webbrowser ansteuerbar ist. Die Daten sind weltweit, sofern eine Internetverbindung vorhanden ist, verfügbar und in Echtzeit abrufbar. Die Datenbank ist sehr flexibel einsetzbar, einfach zu erweitern bzw. an aktuelle Anforderungen anpassbar. Durch die flexible Programmierung und das Anlegen von Zusatzmodulen ist es möglich, schnelle Analysen abzurufen und somit Zugriff auf die Rohdaten oder bereits aufbereitete Daten zu bekommen.

Ebenso existiert die Möglichkeit, die Daten über das Webinterface als csv-Datei zu exportieren und damit eine weitere Auswertung mit Tabellenkalkulations- und Statistikprogrammen zu ermöglichen. MySQL bietet über phpMyAdmin weitere Exportwerkzeuge, um sämtliche Daten inklusive der angelegten Datenbankstruktur schnell in andere Datenbanksysteme zu überführen. Damit kann das Datenbanksystem schnell auf neue Computersysteme migriert und adaptiert werden.

Nachteil des Datenmanagements mittels eigenen Datenbanksystems liegt in der Programmierung. Für einen Informatiker wäre es ein leichtes, ein solches System aufzusetzen und zu warten, da er über die benötigten Grundlagen verfügt. Diese Grundlagen werden aber normalerweise nicht in der typischen Ausbildung eines Ingenieurgeologen gelehrt, was eine Wartung schwierig macht.

6 Ausblick

In den nächsten Monaten ist die Erweiterung der Datenbank zur Einbindung von Ultraschallversuchen sowie von petrographischen Analysen geplant. Aktuell wird die Gesteinsdatenbank des Lehrstuhls für Ingenieurgeologie in mehreren Dissertationen, dem laufenden Projektbetrieb und der Forschung eingesetzt. Sie umfasst im Moment über 60 Projekte mit ca. 500 Großproben und ca. 1200 Laborversuchen.

Ein Beispiel dafür ist die Speicherung, die Wiedergabe und die Analyse von Bohrversuchen. Hierbei werden die im Gelände bestimmten Bohrgeschwindigkeiten und Verschleißwerte (ZHANG 2013) direkt über die Datenbank mit felsmechanischen Kennwerte korreliert und jeweiligen Gesteinen und Erzbergwerken zugeordnet. In diesem Modul werden aktuell Daten aus 15 Abbauen (Minen/Steinbrüche), von 35 Großproben, aus ca. 250 Labor- und Feldversuchen inklusive der zugehörigen Bohrversuchsdaten verwertet. Diese Daten sind Grundlage für ein Analysetool, das aus vorliegenden Daten und (Labor-) Kennwerten eines neuen Bergwerks die mittlere Bohrgeschwindigkeit und den mittleren Verschleiß prognostiziert bzw. eine Vorauswahl für das passende Werkzeug bietet.

Ein weiteres Anwendungsbeispiel stellt die Arbeit von WILFING et al (2013) dar. In ihr werden verschiedene Ansätze zur Definition der Zähigkeit diskutiert. Datengrundlage für diesen Vergleich stellt die vorgestellte Gesteinsdatenbank dar. Durch den Einsatz einfacher Datenbanksysteme können viele Kommunikationsdefizite in größeren Projekten umgangen werden und ein besserer sowie zielgerichteter Datenaustausch gewährleistet werden.

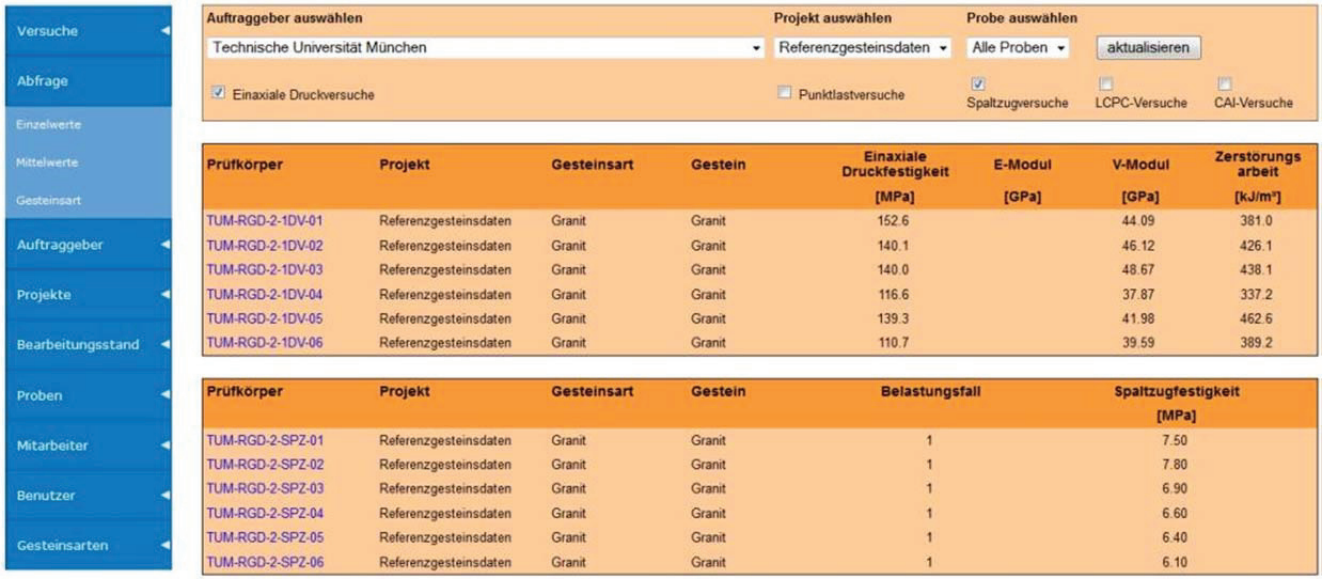

Abb. 3: Navigationsmenü und Einzelwertabfrage des Grundmoduls der Gesteinsdatenbank der TUM.
Fig. 3: Navigation and single value query of the basic module of the rock database of TUM.

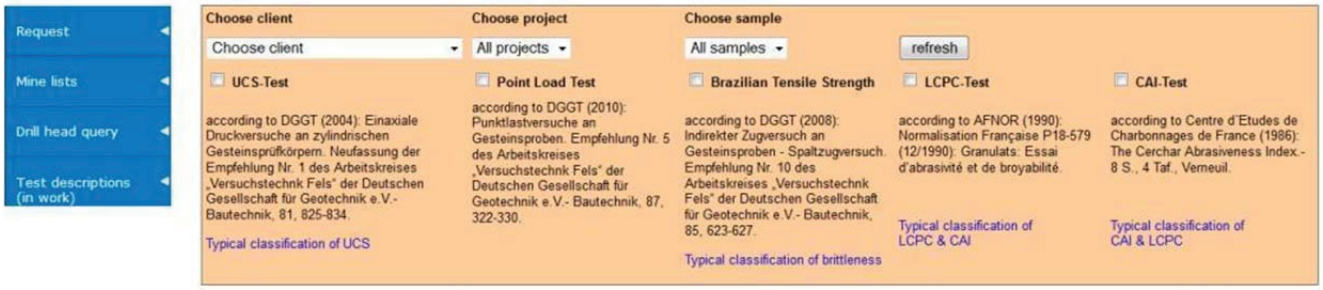

Abb. 4: Projektsicht auf die Datenbank inkl. Zusatzmodul für Bohrversuche (englische Version).
Fig. 4: Project view for the database incl. Add-on for drill testing (english version).

Literatur

EITSCHBERGER, C. (2010): Konzeptionierung und Programmierung einer Festgesteinsdatenbank für geotechnische Kennwerte. – 73 S., Masterarbeit, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, Technische Universität München (unveröffentlicht).

FELLINGER, G. & BERGLER, C. (2009): 2DOC in der Praxis. Teil IV: Das Tunnelbauprojekt Harter Plateau/Linz. – Felsbau, **5/6**: 284-288.

KEMPER, A. & EICKLER, A. (2011): Datenbanksysteme: Eine Einführung. – 792 S., München (Oldenbourg Wissenschaftsverlag).

MENSCHIK, F. (i. Vorb.): Untersuchung von Leistungs- und Verschleißcharakteristik elektrischer Schlagbohrhämmer. – Dissertation, Lehrstuhl für Ingenierugeologie.

NIGHBERT, J. (2010): The Accuracy and Precision Revolution. What's ahead for GIS? – ArcUser, **13**: 34-37.

SAAKE, G., SATTLER, K.-U. & HEUER, A. (2010): Datenbanken. Konzepte und Sprachen. – 800 S., Heidelberg (mitp-Verlag).

SCHUMACHER (2009): Die Bedeutung einer strukturierten Datenablage. – Infokasten 1 zum Artikel: SCHMUCK: Datenmanagement im Tunnelbau mit 2DOC. Teil I: 2DOC als Basis zur strukturierten Erfassung und analyse von Daten. - Felsbau, **2**: 81.

WILFING, L., KÄSLING, H. & THURO, K. (2013): Ansätze für eine einheitliche Definition der Zähigkeit zur verbesserten Penetrationsprognose bei TBM-Vortrieben. – Veröff. 19. Tagung Ing.-Geol., München 13.-15. März 2013.

Zhang, G. (2013): Einfluss geotechnischer Parameter auf Leistung und Verschleiß elektrischer Schlagbohrhämmer. – Masterarbeit, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, Technische Universität München (unveröffentlicht).

www-1: http://www.vermessung.bayern.de/geobasis_lvg/gelaendemogela/DGM1.html, abgerufen am 04.02.2013.

www-2: http://www.2doc.info/website/2doc/Produktbeschreibung/RefReferen/tabid/654/language/de-DE/Default.aspx, abgerufen am 04.02.2013.