

# Beobachtungsmethode in der Geotechnik – Verknüpfung von Messung und Simulation

Innerstädtische, geotechnische Bauvorhaben sind mit Risiken, wie der möglichen Schädigung bestehender Bebauung, verbunden. Die notwendigerweise ungenaue Kenntnis des Baugrundes im Vorfeld der Baumaßnahme bildet eine maßgebliche Ursache für das Bestehen derartiger Risiken. Die Beobachtungsmethode nach DIN 1054 definiert die normative Grundlage einer stetigen Verbesserung der über den Baugrund verfügbaren Informationen während der Bauausführung. Durch den Rückfluss der so verbesserten Planungsgrundlage in den Bauprozess können Schädigungsrisiken und andere Gefahrenpotenziale vor Eintritt erkannt und die Baumaßnahme optimiert werden. Kernelement der vorgestellten Methodik bildet die Verknüpfung einer automatisierten, messtechnischen Aufnahme des Baugrundverhaltens und dessen Prognose unter Anwendung numerischer Simulationsmodelle. Der Beitrag basiert auf ersten Ergebnissen des Verbundforschungsprojekts GeoTechControl ([www.geotechcontrol.de](http://www.geotechcontrol.de)).

## 1 Motivation und Hintergrund

Grundlage von Planungen geotechnischer Baumaßnahmen ist neben den bauwerksspezifischen Anforderungen an die Nutzung, der Gebrauchstauglichkeit und der Dauerhaftigkeit die aufgenommene geologische Situation. Von ihr hängen der Entwurf der Tragstruktur des Baukörpers und dessen Bemessung ebenso wie

**Dr.-Ing. Felix Nagel, Dr.-Ing. Ingo Spohr, Dr.-Ing. Ludger Speier;**  
ZERNA Planen und Prüfen GmbH, Bochum/D  
[www.zerna.eu](http://www.zerna.eu), [www.geotechcontrol.de](http://www.geotechcontrol.de)

die Wahl der zur Durchführung der Baumaßnahme geeigneten Herstellungsverfahren ab. Die während des Bauwerks- und Verfahrensentwurfs für die Planung nutzbaren Informationen über den Baugrund sind zwangsläufig mit Unsicherheiten behaftet. Die Anzahl

# Observation Method Geotechnics – Interlinking Measurements and Simulation

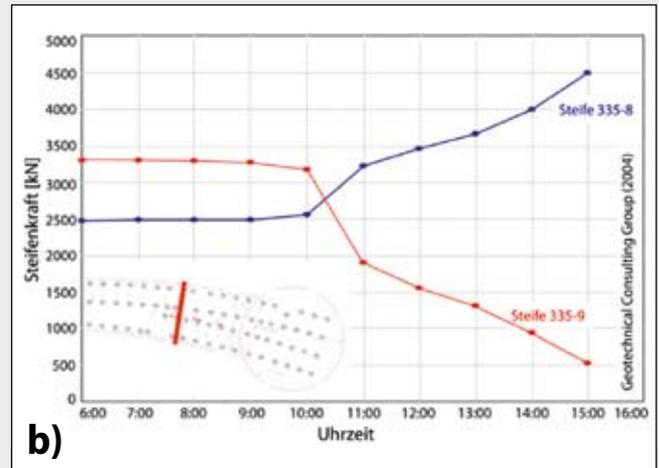
Urban, geotechnical construction projects are associated with risks such as possible damage to existing buildings. Necessary exact awareness of the subsoil prior to the construction scheme represents a determining cause for the existence of such risks. The observation measure according to DIN 1054 defines the norm-based principle for ongoing improvement of the information available about the subsoil as the project progresses. Thanks to the fact that the improved basis for planning is incorporated in the construction process risks of damage and other potential dangers can be identified prior to their occurrence and the construction measure optimised. The core element of the presented methodics relates to interlinking an automated, measurement technical recording of the subsoil conditions and the resultant prognosis taking avail of numerical simulation models. The report is based on initial results from the GeoTechControl joint research project ([www.geotechcontrol.de](http://www.geotechcontrol.de)).

## 1 Motivation and Background

The recorded geological situation represents the basis for planning geotechnical construction measures alongside the structural-specific demands on utilisation, suitability and sustainability. The design of the bearing

structure for the building and its dimensions as well as the choice of the production methods suitable for carrying out the scheme depend on them. The information relating to the subsoil that is of use during the conception of the structure and the methods is out of sheer necessity full of uncertainties. The number of exploratory drill holes is restricted and is only capable of providing an incomplete picture of the ge-

1



Nicoll Highway Collapse (Circle Line/Singapur, 20. April 2004; COI, 2005): a) Baufeld ca. 8 Minuten nach der Havarie und b) aufgenommene Steifenkräfte in der Baugrube. Zu erkennen ist eine signifikante Entwicklung der Steifenkräfte bereits 4 h vor Eintritt der Havarie

Nicoll Highway collapse (Circle Line/Singapore, April 20, 2004; COI, 2005): a) site roughly 8 minutes after the incident and b) stiffening forces recorded in the excavation pit. A significant development of the stiffening forces already 4 hours prior to the incident can be distinguished

der Aufschlussbohrungen ist begrenzt und kann bei der natürlichen Heterogenität des Baugrundes nur ein unvollständiges Bild von dessen Geometrie sowie der Variabilität der Bodenparameter innerhalb der Schichtgrenzen vermitteln. Des Weiteren weichen die aus Beprobungen gewonnenen Baugrundkennwerte aufgrund der Störung der entnommenen Bodenproben und des Skalenschiedes zwischen Probe und Baugrundsicht mehr oder weniger stark vom tatsächlichen Baugrundverhalten ab. Um das angestrebte Sicherheitsniveau zu erreichen erfolgt der Bauwerksentwurf daher vor dem Hintergrund einer mit Unsicherheiten behafteten Baugrundaufnahme für Parameterbereiche, die sogenannten oberen und unteren charakteristischen Werte.

### 1.1 Risiken geotechnischer Baumaßnahmen

Trotzdem dieses Vorgehen in der Regel einen überbemessenen Tragwerksentwurf zur Folge hat, kommt es bei geo-

technischen Bauvorhaben immer wieder zu spektakulären Schadensfällen (Bild 1; Wannick, 2007; COI, 2005). Insbesondere dann, wenn einzelne Versagensmechanismen während der Planung nicht richtig erkannt wurden bzw. aus der Baugrundaufnahme nicht erkannt werden konnten.

Weiter besteht ein wesentliches Hauptelement komplexer geotechnischer Baumaßnahmen darin, dass eine Vielzahl verschiedener Spezialtiefbau- und Tunnelbauverfahren kombiniert werden. Insbesondere bei innerstädtischen Baumaßnahmen kommt es dabei immer wieder zum Abwägungsprozess zwischen der Durchführung von prophylaktischen Sicherheitsmaßnahmen mit den damit verbundenen Beeinflussungen des Baugrunds und der Auswahl reaktiver Maßnahmen, die lediglich im Bedarfsfall angewandt werden.

Zum Einen besteht die Anforderung an eine Baumaßnahme die Auswirkungen auf die Umgebung, insbesondere im innerstädtischen Bereich auf

ometry as well as the variability of the soil parameters within the layers of strata. Furthermore the characteristic values pertaining to the subsoil derived from such investigations to a certain extent fluctuate from the actual subsoil conditions owing to the soil samples being disturbed upon removal and the difference in scale between the sample and subsoil layer. In order to attain the desired safety level the structural draft is thus based on a subsoil recording for parameter areas, the so-called upper and lower characteristic values.

### 1.1 Risks of geotechnical Construction Measure

In spite of the fact that this procedure generally results in an over-dimensioned structural design, spectacular cases of damage constantly result during geotechnical construction schemes (Fig. 1; Wannick, 2007; COI, 2005). Especially whenever individual failure mechanisms are not correctly identified during planning or could not be identified from the subsoil recording.

In addition an essential main element of complex geotechnical construction measures

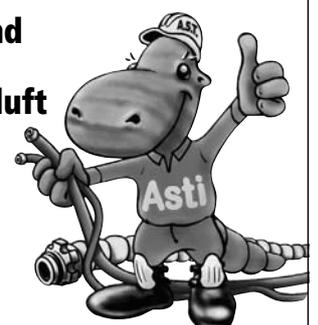
## A.S.T. Bochum

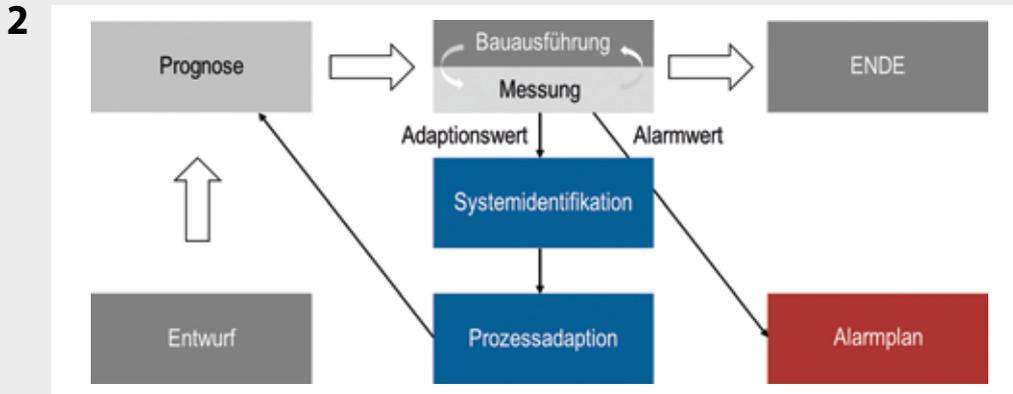
Armaturen- Schlauch- und Tunneltechnik

Armaturen- Schlauch- und Tunneltechnik für Beton, Wasser und Pressluft

A.S.T. Bochum GmbH  
Kolkmannskamp 8  
D-44879 Bochum

fon: 00 49 (0) 2 34/5 99 63 10  
fax: 00 49 (0) 2 34/5 99 63 20  
e-mail: info@astbochum.de





Rückfluss der Informationen aus messtechnischer Beobachtung in den sequentiellen Bauablauf (dunkelgrau) im Rahmen der Beobachtungsmethode

Flowback of the information from measurement technical observation in the sequential construction cycle (dark grey) within the scope of the observation method

die angrenzende Bebauung, zu minimieren. Diese Minimierung ist häufig mit dem Vorsehen von weiteren geotechnischen Baumaßnahmen verbunden und bedeutet so zum Anderen einen Eingriff in die Baugrundstruktur und damit eine Änderung der Bodeneigenschaften. Diese beeinflussen in der Regel wieder die Bauverfahren.

Insofern ist eine konsequente Risikobetrachtung unter Einbezug aller Risikokomponenten bei geotechnischen Maßnahmen mit einer systematischen Gefährdungsidentifikation, einer umfassenden Ermittlung der aus dem Eintreten einer solchen Gefährdung resultierenden Folgen und Auswirkungen sowie einer konsequenten Planung von Sicherheitsmaßnahmen unerlässlich. Zielführend ist ein solches Risikomanagement nur, wenn es während der Bauausführung weiterverfolgt wird, und die Erkenntnisse, die gewonnen werden in die Anpassung des Konzeptes einfließen.

### 1.2 Informationsgewinn durch Beobachtung

Mit der Beobachtungsmethode definieren die DIN 1054 (Bau-

grund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau) und der EC 7 die normative Grundlage für eine Adaption von Bauverfahren und Baumaßnahmen an das während des Baufortschrittes beobachtete Baugrundverhalten (Gudehus, 2004). Die Beobachtungsmethode kann somit gezielt eingesetzt werden, um die in der Planungsphase noch ungenaue Aufnahme der Baugrundsituation durch die Beobachtungen während der Baudurchführung zu verbessern und die Baumaßnahme entsprechend der neuen Erkenntnisse zu adaptieren und im Sinne einer Risikominimierung eingesetzt zu werden. Voraussetzung hierfür ist die Möglichkeit, durch das Einleiten von Maßnahmen der Gefahrenabwehr bzw. der Ausführungsadaption während der Bauphase auf das beobachtete Baugrundverhalten reagieren zu können.

### 2 Stand der Technik

Im Rahmen konventioneller Tunnelvortriebe ist der die Beobachtungsmethode kennzeichnende Regelkreis aus Baufortschritt, Beurteilung

consists of ensuring that a large number of different special foundation engineering and tunnelling methods are combined. Particularly for urban construction schemes there is always a process of considering whether prophylactic safety measures with the related influencing of the subsoil should be embarked on or whether to select reactive measures, which should only be applied in a case of need.

First and foremost it is demanded of a construction measure that any negative effects on neighbouring buildings in the surrounding area, especially in an urban one, should be minimised. This minimising process is often linked to the introduction of further geotechnical construction measures and thus on the other hand denotes intervention in the structure of the subsoil and in turn a change in the properties of the soil. These for their part generally influence the construction methods.

As a result consistent risk observation taking all risk components into account for geotechnical measures is essential involving systematic danger identification, extensive investi-

gation of the consequences and effects resulting from such dangers quite apart from the logical planning of safety measures. Risk management of this nature is only successful if it is followed up during execution of construction quite apart from ensuring that the findings obtained are incorporated in adapting the concept.

### 1.2 Gaining Information through Observation

The DIN 1054 (Subsoil – Safety Proofs in Earthworks and Foundation Engineering) and the EC 7 define the observation method as the normative principle for adapting construction methods and construction measures to the subsoil behaviour observed as construction progresses (Gudehus, 2004). The observation method can thus be purposively applied to improve the still inaccurate recording of the subsoil situation during the planning phase through observations and to adapt the construction measure in keeping with the new findings and apply this in the interests of minimising risks. The prerequisite here is the possibility to be able to react to the observed subsoil behaviour by introducing measures for curbing danger or adapting execution during the construction phase.

### 2 Stage reached by Technology

Within the scope of conventional tunnel drives the cycle governing the observation method of construction progress, evaluation of the subsoil condition and adaptation of the construction process represents an integral component of the construction method (Moritz and Schubert, 2009).

des Baugrundverhaltens und Anpassung des Bauprozesses integraler Bestandteil der Konstruktionsmethode (Moritz und Schubert, 2009).

Für Baumaßnahmen im innerstädtischen Bereich mit erhöhtem Schädigungsrisiko, wie zum Beispiel tiefe Baugruben oder der Tunnelunterfahrung von vorhandener Bausubstanz, ist die großflächige Beobachtung kritischer Messpunkte und -größen Stand der Technik. Autarke Messsysteme, Methoden zum automatisierten Einlesen der aufgenommenen Messdaten in zentrale Datenbanken, zu deren Auswertung und Visualisierung sowie der automatischen Benachrichtigung im Alarmfall sind kommerziell

verfügbar (z.B. Maidl, 2008, Chmelina und Rabensteiner, 2010). Zunehmend werden dabei auch Internettechnologien eingesetzt, um die Ergebnisse den unterschiedlichen Projektbeteiligten ohne Zeitverzug verfügbar zu machen.

Während für die messtechnische Aufnahme und Kontrolle kommerzielle Programme verfügbar sind, ist die Kopplung zwischen simulationsbasierter Vorhersage des Baugrundverhaltens und dessen messtechnischer Aufnahme Gegenstand von Forschung und Entwicklung. Numerische Berechnungsverfahren sind mittlerweile ein fester Bestandteil der Ingenieurpraxis (z.B. Nagel, Sta-scheit, und Meschke, 2010).

For construction measures in urban areas involving an enhanced risk of damage such as for example deep construction pits or undertunnelling existing buildings, the large-scale observation of critical measurement points and parameters is state of the art. Self-sustaining measurement systems, methods for the automated importing of the recorded measurement data in central data banks as well as for evaluating and visualising them and automatic notification in the event of alarm are commercially available (e.g. Maidl, 2008, Chmelina and Rabensteiner, 2010). Internet technologies are being applied increasingly so that the results are made available to those involved in the project without delay.

Although commercial programmes are available for measurement technical recording and control, the coupling of simulation-based prediction of the subsoil behaviour and its measurement technical recording is something still being looked into by research and development. Numerical computational methods are in the meantime an established component of engineering practice (e.g. Nagel, Sta-scheit and Meschke, 2010).

### 3 The Observation Method after DIN 1054

The observation method complements the sequential construction cycle consisting of planning and execution through the flowback of the findings obtained



- **Backfilling (one or two components)**
- **Pre-excavation grouting**
- **Post/consolidation grouting**



- High-Shear Mixers up to 2500 litres
- Grout pumps up to 200 bar
- Pressure and flow recording systems
- Compact grout plants
- Bentonite modules for microtunnelling
- Fully automated grout plants
- Backfill systems for one or two component grouts



### 3 Die Beobachtungsmethode nach DIN 1054

Die Beobachtungsmethode ergänzt den sequentiellen Bauablauf aus Planung und Bauausführung durch den Rückfluss der während des Baufort-

schrittes gewonnenen Erkenntnisse in die Planung (Bild 2). Der Normtext (DIN 1054: 4.5 (1)) spezifiziert das dazu erforderliche Vorgehen:

„Die Beobachtungsmethode ist eine Kombination der üb-

during progress in construction into planning (Fig. 2). The norm text (DIN 1054: 4.5 (1)) specifies the relevant procedure:

“The observation method is a combination of conventional geotechnical investigations and

calculations (prognoses) through ongoing measurement technical control of the structure and the subsoil during its production [...], whereby critical situations must be mastered by applying technical measures”.

3



Voraussetzungen und Aufgaben der Prognose des Baugrundverhaltens mittels numerischer Simulation zur computergestützten Umsetzung der Beobachtungsmethode

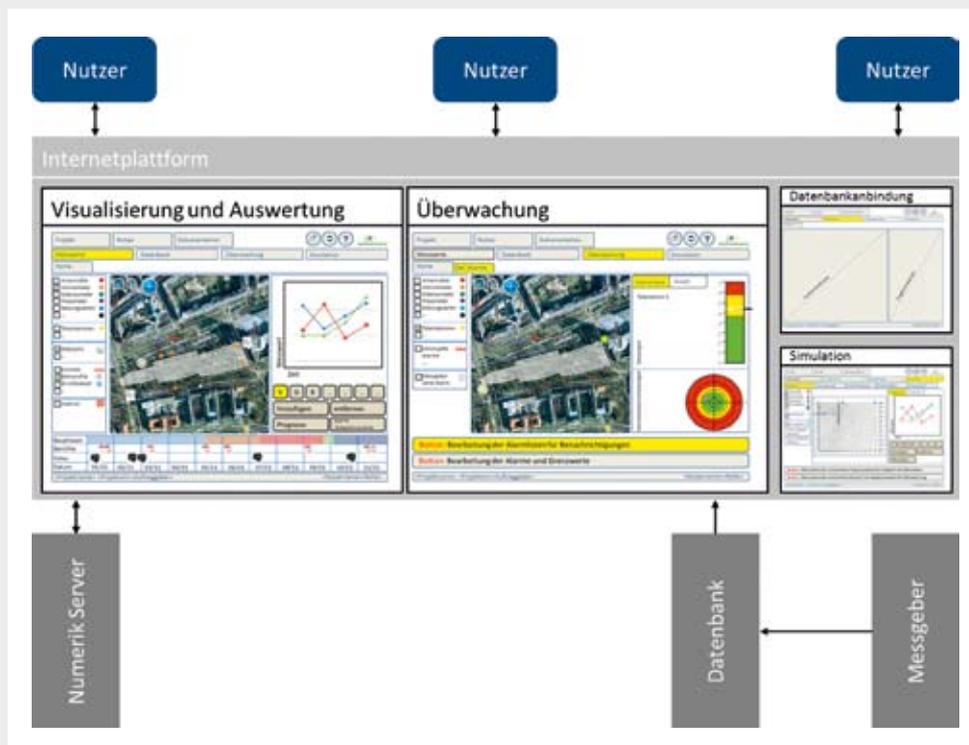
Prior conditions and tasks of the prognosis for subsoil behaviour using numerical simulation for computer-supported application of the observation method

The application of the observation is thus divided into 3 partial tasks:

- Recording the subsoil behaviour during execution of construction (measurement technical control),
- Comparing the subsoil reaction recorded in this way with the expected parameters (prognosis) as well as
- Introducing a reaction to counter danger (measures) in the event of danger.

The norm expressly includes application for optimising the dimensioning.

4



Internetplattform als Mockup mit Einbettung entfernter Services (Numerik Server, Datenbank) und zentraler Kommunikation zu den Nutzern

Internet platform as mock-up with the embedding of remote services (numeric server, data bank) and central communications to the users

All 3 partial tasks call for intensive advance planning and collaboration of those involved in the construction scheme. The applied measurement programme must embrace any deviation in the sensitive parameters in the subsoil parameters on which the planning is based as well as the critical parameters pertaining to damage to the structure and its surroundings. For the observation and interpretation of the measurement data thus recorded first of all a prognosis of the expected subsoil behaviour is required. Measurement value ranges are to be established in keeping with this prognosis, within whose limits validity for the planning assumptions can be presupposed. These limits for the validity of the planning principles are backed up by alarm values, which represent indicators for critical measurement value curves. Apart from the examination of the

lichen geotechnischen Untersuchungen und Berechnungen (Prognosen) mit der laufenden messtechnischen Kontrolle des Bauwerkes und des Baugrundes während dessen Herstellung [...], wobei kritische Situationen durch die Anwendung geeigneter technischer Maßnahmen beherrscht werden müssen."

Der Einsatz der Beobachtungsmethode gliedert sich somit in 3 Teilaufgaben:

- die Aufnahme des Baugrundverhaltens während der Bauausführung (messtechnische Kontrolle),
- den Vergleich der so aufgenommenen Baugrundreaktion mit den erwarteten Größen (Prognose) sowie
- bei drohender Gefahr dem Einleiten einer Reaktion zur Gefahrenabwehr (Maßnahmen).

Die Norm schließt dabei ausdrücklich den Einsatz zur Optimierung der Bemessung mit ein.

Alle 3 Teilaufgaben erfordern eine intensive Vorplanung und die Zusammenarbeit der verschiedenen an der Bauaufgabe Beteiligten. Das eingesetzte Messprogramm muss sowohl die für eine Abweichung der der Planung zugrunde liegenden Baugrundparameter sensitiven Größen umfassen als auch die für die Schädigung des Bauwerkes und seiner Umgebung kritischen Größen einschließen. Für die Überwachung und Interpretation der dabei aufgenommenen Messdaten bedarf es zunächst einer Prognose des erwarteten Baugrundverhaltens. Entsprechend dieser Prognose sind Messwertbereiche festzulegen, in deren Grenzen von einer Gültigkeit der Planungsannahmen ausgegangen werden kann. Diese Grenzen der Gültigkeit der

limit values accompanying the construction process the possibility of adapting planning as well as introducing measures to counter danger through the construction measure must be assured.

#### 4 Interlinking Measurement Technical Observation and Simulation

Incorporating the prognosis of the subsoil reactions through numerical simulation models takes place in 2 steps for computer-supported application of the observation method. Simulation models can on the one hand be used to determine measurement ranges, in which the planning principles are valid, and on the other the subsoil recording can be improved upon vacating these measurement ranges by recalculating the recorded subsoil behaviour (Fig. 3). Thanks to numerical simulation models the interactions between subsoil and construction process can be depicted in the prognosis and also 3-dimensional, process-related predictions made. Three prior conditions are needed for a reliable prognosis:

1. a subsoil recording, which defines confidence ranges for the individual subsoil parameters
2. a realistic reproduction of the subsoil behaviour
3. Modelling of the entire construction process incl. all partial steps as well as its interactions with the surrounding subsoil.

Once these prerequisites are fulfilled, points of support are formed for the confidence intervals of the subsoil parameters defined in the subsoil

# The future of mobility



## InnoTrans 2012

International Trade Fair for Transport Technology  
Innovative Components · Vehicles · Systems  
18 - 21 September · Berlin · Germany  
[www.innotrans.com](http://www.innotrans.com)



Planungsgrundlagen werden ergänzt durch Alarmwerte, die Indikatoren für kritische Messwertverläufe darstellen. Neben der baubegleitenden Überprüfung der Grenzwerte muss die Möglichkeit einer Planungsadaption sowie des Einleitens von Maßnahmen der Gefahrenabwehr durch das Bauverfahren sichergestellt werden.

#### 4 Verknüpfung messtechnischer Beobachtung und Simulation

Die Einbindung der Prognose der Baugrundreaktionen durch numerische Simulationsmodelle erfolgt für die computergestützte Umsetzung der Beobachtungsmethode in 2 Schritten. Simulationsmodelle können zum Einen genutzt werden um Messbereiche zu ermitteln, in denen die Planungsgrundlagen Gültigkeit besitzen, zum Anderen kann bei Verlassen dieser Messbereiche die Baugrundaufnahme durch Rückrechnung des aufgenommenen Baugrundverhaltens verbessert werden (Bild 3). Mittels numerischer Simulationsmodelle können in der Prognose die Interaktionen zwischen Baugrund und Bauprozess abgebildet und Vorhersagen auch dreidimensional und prozessabhängig getroffen werden. Für eine zuverlässige Prognose bedarf es dreier Voraussetzungen:

1. einer Baugrundaufnahme, die Vertrauensbereiche für die einzelnen Baugrundparameter definiert
2. einer realistischen Abbildung des Baugrundverhaltens
3. der Modellierung des gesamten Bauprozesses inkl. aller Teilschritte sowie seiner Interaktionen mit dem angrenzenden Baugrund.

Unter Erfüllung dieser Voraussetzungen werden nun zur Bestimmung der Messwertbereiche, in denen die Planungsgrundlagen Gültigkeit besitzen, für die in der Baugrundaufnahme definierten Vertrauensintervalle der Baugrundparameter Stützstellen gebildet, für die aus diesen resultierenden Parametersets werden Simulationsläufe durchgeführt und aus der Bandbreite der Ergebnisse die entsprechenden Grenzwerte abgeleitet. Werden diese Grenzwerte während der Bauausführung verletzt, so muss das Baugrundverhalten neu identifiziert werden. Hierzu wird der zu untersuchende Parameterbereich erweitert und analog zum zuvor beschriebenen Vorgehen Simulationen durchgeführt. Der dem Best-Fit zwischen Messwerten und Simulationsergebnissen entsprechende Parametersatz stellt die verbesserte Baugrundinformation dar.

#### 5 Auswertung mittels Internetplattform

Im Rahmen der im Forschungsprojekt GeoTechControl entwickelten Methodik zur Umsetzung der Beobachtungsmethode in der Baupraxis werden die entwickelten Werkzeuge den Nutzern über eine Internetplattform zur Verfügung gestellt (Bild 4). Dies ermöglicht eine zentrale Verarbeitung und Bereitstellung aller Daten und somit einen konsistenten und gleichzeitigen Informationsfluss zu den Beteiligten. Des Weiteren werden hierdurch Informationen und Werkzeuge rechnerunabhängig abrufbar und eine barrierefreie Einbindung entfernter Rechen- und Datenbanksourcen ermöglicht. Über die Internetplattform wird der

recording to determine the measurement value ranges, in which the planning principles possess validity, for which simulation cycles are undertaken from the resultant parameter sets and the corresponding limit values derived from the spread of results. Should these limit values be violated during the execution of construction then the subsoil behaviour must be redefined. Towards this end, the parameter range to be investigated is extended and simulations carried out in similar fashion to the procedure previously described. The parameter set corresponding to the best-fit between the measurement values and simulation results represents the improved subsoil information.

#### 5 Evaluation via Internet Platform

Within the scope of the methods devised by the GeoTechControl research project to apply the observation method in construction practice the developed tools are made available to users via an internet platform (Fig. 4). This facilitates central processing and provision of all data and in turn, a consistent and simultaneous flow of information to those involved. In addition, in this way information and tools are available offline and a barrier-free inclusion of remote computer and data bank resources facilitated. Users are supported in analysing the recorded measurement data via the internet platform: visualisation tools enable the existing measurement data to be presented and evaluated in a lucid manner; critical measurement value cycles can be identified at an early stage thanks to automated examination of and alerting to the defined limit and alarm values.

#### 6 Summary

Thanks to the presented methods for interlinking numerical simulation to forecast the subsoil behaviour and its measurement technical observation a structured, computer-supported application of the observation method is strived for in construction practice. This involves the incorporation of computer-supported methods to evaluate and interpret the recorded measurement data. The results of the measurement technical observation can be interpreted through comparison with prognosed soil reactions regarding the validity of planning assumptions. Thanks to the possibility of system identification by recalculation of the recorded measurement data the available information relating to the subsoil can be constantly improved as construction progresses. The automated evaluation and visualisation of the measurement data enable critical measurement value developments to be identified at an early stage. Through defining suitable limit values in advance of the construction measure by applying established numerical models, the observation method is applied both in an objective and balanced manner. Within the framework of a structured design process, possible deviation scenarios are specified and damage risks identified. Possible planning adaptations and measures to avoid danger are determined and provided in advance of the construction measure.

The consistent application of the observation method by introducing the presented processes and systems currently being developed in the GeoTechControl research project can on the one hand enhance the construction measure's economy whilst retaining the safety level and on

Nutzer bei der Analyse der aufgenommenen Messdaten unterstützt: Visualisierungstools ermöglichen die übersichtliche Darstellung und Auswertung der vorhandenen Messdaten; durch die automatisierte Überprüfung und Alarmierung auf die definierten Grenz- und Alarmwerte können kritische Messwertverläufe frühzeitig erkannt werden.

## 6 Fazit

Durch die vorgestellte Methodik der Verknüpfung numerischer Simulation zur Prognose des Baugrundverhaltens und dessen messtechnischer Beobachtung wird eine strukturierte, computergestützte Umsetzung der Beobachtungsmethode in der Baupraxis angestrebt. Hierbei werden computergestützte Verfahren zur Auswertung und Interpretation der aufgenommenen Messdaten eingebunden. Die Ergebnisse der messtechnischen Beobachtung werden durch den Vergleich mit prognostizierten Bodenreaktionen hinsichtlich der Gültigkeit der Planungsannahmen interpretierbar. Durch die Möglichkeit der Systemidentifikation durch Rückrechnung der aufgenommenen Messdaten können die über den Baugrund verfügbaren Informationen während des Baufortschrittes stetig verbessert werden. Die automatisierte Auswertung und Visualisierung der Messdaten ermöglicht es kritische Messwertverläufe frühzeitig zu erkennen. Durch die Definition geeigneter Grenzwerte im Vorfeld der Baumaßnahme unter Einsatz etablierter numerischer Modelle wird eine objektivier- und abstimmbare Umsetzung der Beobachtungsmethode erreicht. Im Rahmen eines struk-

turierten Entwurfsprozesses werden mögliche Abweichungsszenarien spezifiziert und Havarierisiken identifiziert. Für die Abweichungsszenarien sowie die Havarierisiken werden im Vorfeld der Baumaßnahme mögliche Planungsadaptionen und Maßnahmen zur Gefahrenabwehr festgelegt und vorgehalten.

Die konsequente Umsetzung der Beobachtungsmethode durch die Anwendung der vorgestellten Prozesse und Systeme die zurzeit im Forschungsprojekt GeoTechControl entwickelt werden kann zum Einen die Wirtschaftlichkeit der Baumaßnahme bei gleichbleibendem Sicherheitsniveau erhöhen, zum Anderen kann die Sicherheit gegen residuale Risiken durch das frühzeitige Erkennen kritischer Messwertverläufe verbessert werden. Durch die Herbeiführung objektivier- und abstimmbarer Entscheidungen im Rahmen des strukturierten Entwurfsprozesses wird ein transparenter Umgang mit den Risiken der betrachteten Baumaßnahme angestrebt.

Der Autor dankt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die finanzielle Förderung dieser Arbeit im Rahmen des Forschungsprojektes KMU-innovativ – Verbundprojekt GeoTechControl - Serviceportal für Überwachung und Prognose Geotechnischer Ingenieurbauwerke (01IS10018B). Neben der ZERNA INGENIEURE GmbH gehören dem Konsortium von GeoTechControl ELE beratende Ingenieure, die TU Dresden sowie FIDES DV-Partner an. 

the other safety against residual risks can be improved through recognising critical measurement value developments at an early stage. Through introducing decisions of an objective and balanced nature within the scope of the structured design process an effort is made to deal with the risks of the observed construction measure transparently.

The author would like to thank the Federal Ministry for Educa-

tion and Research for sponsoring this report financially within the framework of the KMU-innovativ – Verbundprojekt GeoTechControl research project – Service Portal for Monitoring and Prognosis Geotechnical Engineering Structures (01IS10018B). Apart from ZERNA INGENIEURE GmbH the GeoTechControl consortium includes ELE beratende Ingenieure, the TU Dresden and FIDES DV-Partner. 

## Literatur / References

- [1] Chmelina, K. und K. Rabensteiner (2010): Verbesserung der Sicherheit und Wirtschaftlichkeit von Tunnelvortrieben durch den Einsatz automatisierter Mess- und Alarmsysteme – Ausführungsbeispiele. Geomechanik und Tunnelbau, 3(2):215-224
- [2] COI (2005): Final Report of the Committee of Inquiry into the Incident of the MRT Circle Line Worksite that Led to the Collapse of Nicoll Highway on 20 April 2004. Presented by Committee of Inquiry to Minister for Manpower on 10 May, Singapore.
- [3] Gudehus, G. (2004): Prognosen bei Beobachtungsmethoden. Bautechnik, 81(1):1-8
- [4] Maidl, U. (2008): Systemverhalten und Prozessoptimierung beim Erddruckschild. Geomechanik und Tunnelbau, 1(3):229-235
- [5] Moritz B. und W. Schubert (2009): Die Umsetzung der Beobachtungsmethode im Rahmen des Geotechnischen Sicherheitsmanagements. Geomechanik und Tunnelbau 2(3):269-281
- [6] Nagel F., J. Stascheit, und G. Meschke (2010): Prozessorientierte numerische Simulation schildgestützter Tunnelvortriebe in Lockerböden. Geomechanik und Tunnelbau, 3(3):268-282
- [7] Wannick, P. (2007): „Tunnel Code of Practice“ als Grundlage für die Versicherung von Tunnelprojekten. Tunnel (8):23-28

# Sofort mehr Raum

... mit mobilen ELA-Lösungen



**ELA**®

Mobile Räume mieten  
www.container.de

ELA Container GmbH · Zeppelinstr. 19-21  
49733 Haren (Ems) · Tel: (05932) 5 06-0



info@container.de

ELA-Kontakt Daten als QR-Code für Ihr Smartphone.