

## **Geowissenschaftliche Bewertung von Massenbewegungen und deren Einfluss auf Bauschäden in Oberösterreich**

Birgit JOCHUM, Franz OTTNER und Dietmar KEUSCH

### **Einleitung**

Amtsgeologen stehen bei der Befundnahme bzw. Bewertung von aktuellen Bauschäden oft vor der Frage, ob es sich um Auswirkungen von Naturereignissen (z.B. Hangrutschungen) oder um Schäden aufgrund menschlicher (Fehl-)Tätigkeiten handelt. Damit verbunden ist oft auch die Frage, ob öffentliche Sanierungsbeiträge aus dem Katastrophenfonds an den Geschädigten ausbezahlt werden können.

Im Zuge eines Bund-Bundesländerkooperationsprojektes zwischen Geologischer Bundesanstalt und den Ländern Niederösterreich und Oberösterreich wurden sechs Standorte ausgewählt, um die Baugrunduntersuchungen mit methodischer Hilfe von Geophysik (Geoelektrik), Geotechnik und Tonmineralogie nach vorherigem geologischem Geländebefund durchzuführen. Zielsetzung war es, mit einer optimierten Methodenkombination und möglichst geringem finanziellem Aufwand (ca. 5.000 € pro Standort) die Schadensursache zu erkennen und in weiterer Folge, mögliche Sanierungsmaßnahmen präzise festlegen zu können.

Für die Interpretation der geophysikalischen Messergebnisse und zur Probengewinnung für die Tonmineralogie bzw. Geotechnik wurden kostengünstig Baggerschürfe sowie Nut- und Rammsondierungen durchgeführt. Auf teure Kernbohrungen musste aus finanziellen Gründen größtenteils verzichtet werden. In Kombination mit sedimentologischen Untersuchungen am Bodenmaterial konnten sowohl präzise Aussagen über die Art der Bodenbewegung und deren Tiefe und Ausmaß, als auch über den Versagensmechanismus von Boden und Gebäude getroffen werden.

### **Standorte**

Die vorliegenden Messungen wurden im Rahmen des Forschungsprogrammes OC26/NC62 – 2005 – *Ausarbeitung von preisgünstigen Methoden zur Untersuchung von Bauschäden verursacht durch geogen bedingte Massenbewegungen* – durchgeführt.

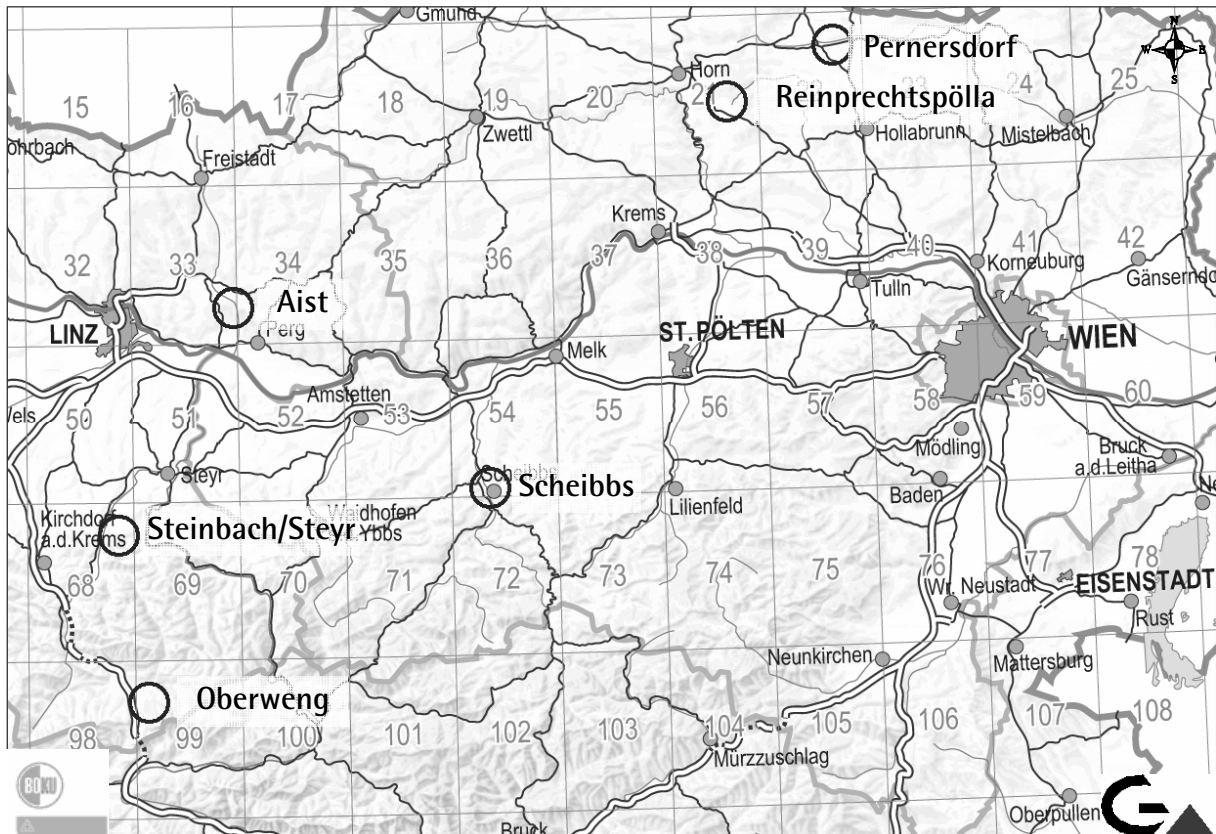


Abb. 1: Lage der Standorte des NÖ-OÖ-Bundesländerkooperationsprojektes, Karte entnommen AMAP<sup>©</sup> Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen.

Als Beispiel für die Zusammenarbeit zwischen Geophysik und Mineralogie werden die Messgebiete Steinbach/Steyr und Oberweng vorgestellt.

## Geologie

### Steinbach

Das Untersuchungsgebiet bei Steinbach/Steyr liegt in der Flyschzone des Penninikums, am Übergang zum Ostalpinen Mesozoikum der Nördlichen Kalkalpen (siehe Abb. 2). Es sind vor allem die Altlengbach-Formation und die Zementmergelserie vertreten. Hauptgesteinstypen sind Sandsteine und verwitterungsanfällige Mergel.

### Oberweng

Das Untersuchungsgebiet Oberweng liegt im Ostalpinen Mesozoikum der Nördlichen Kalkalpen (siehe Abb. 2). Die unmittelbare Umgebung ist mit Moränen unterschiedlicher Mächtigkeit und Zusammensetzung bedeckt.

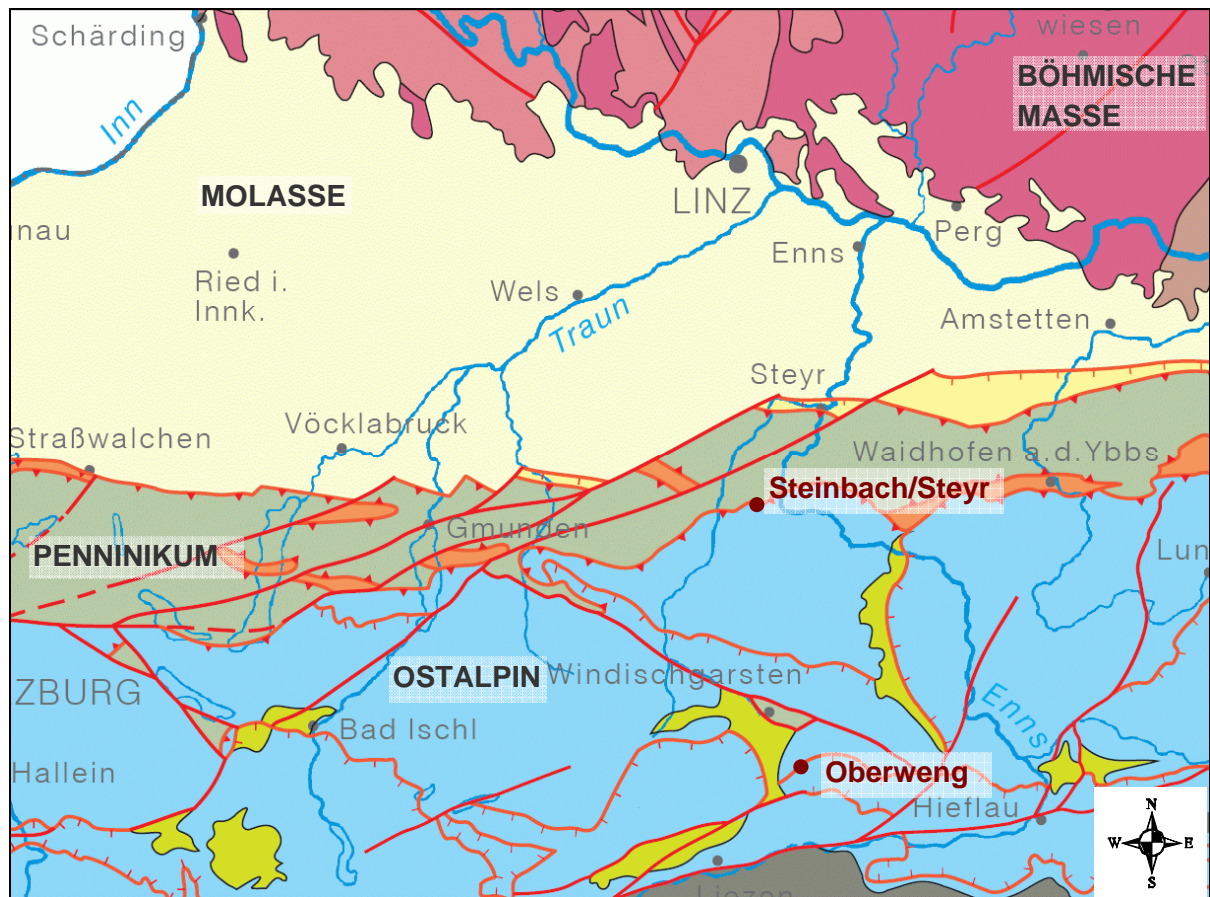


Abb. 2: Lage der OÖ-Messgebiete, Geologische Übersichtskarte 1:2.000.000, GBA 1999.

## Methoden

Als geeignetste geophysikalische Methode in den Untersuchungsgebieten wurde die Geoelektrik ausgewählt. Für die Untersuchungen wurden multicore Kabel mit maximal 84 Elektroden verwendet. Der Elektrodenabstand betrug 1 bzw. 2 m, um eine genaue oberflächennahe Widerstandskartierung zu erreichen.

Bei komplexen Problemen – wie z.B. in der gegenständlichen Fallstudie –, die zudem in einer tondominierten geologischen Zone gelegen ist, stellen die Kenntnisse der Tonmineralogie wegen der Quellfähigkeit und Rutschanfälligkeit den wichtigsten Schlüssel für das Gesamtverständnis dar.

Für die mineralogischen und sedimentologischen Untersuchungen wurden die Korngrößenverteilung und der Gesamtmineralbestand gemessen. Eine Tonmineralanalyse und eine simultane Thermoanalyse sind ebenso wichtige Grundlagen für die Interpretation.

Im Bereich der Geotechnik wurde Wassergehalt und Atterberggrenzen bestimmt. Weiters wurden Scherversuche sowie Nut- und Rammsondierungen durchgeführt.

## Ergebnisse

### **Projektgebiet I: Steinbach an der Steyr**

Die detaillierten Gelände- und Laboruntersuchungen der Rutschung bei Steinbach erbrachten eine Reihe von sehr interessanten Messergebnissen.

Die granulometrischen Untersuchungen zeigen eine ausgeprägte Tonanreicherungsdynamik im Bereich der Rutschmasse. Die tiefste Probe des Schurfes weist einen Tongehalt von 25 Masse-% auf, während die darüberliegenden Proben in aufsteigender Reihenfolge 30,4 Masse-%, 43,7 Masse-% und 62,2 Masse-% aufweisen. Den gegenteiligen Trend weist die Verteilung des Sandes auf, der zuunterst 42,5 Masse-% und in der obersten Probe nur 8 Masse-% beträgt. Silt zeigt denselben Trend wie Sand, aber in abgeschwächter Form an. Die Kiesfraktion ist uneinheitlich und abhängig von Beimengungen von Flysch-Detritus.

Bezüglich der gesamtmineralogischen Zusammensetzung ist ebenfalls ein typischer Trend feststellbar. Während die obersten Proben karbonatfrei sind, nimmt mit zunehmender Tiefe der Gehalt an Kalzit deutlich zu. Den gleichen Trend weisen auch die Feldspäte auf. Dieser Effekt ist durch Verwitterungsprozesse an der Oberfläche der Rutschmasse erklärbar.

Die festgestellte Verteilung der Tonminerale in der Fraktion kleiner 2µm weist ebenfalls einige bemerkenswerte Aspekte auf. Die Anreicherung der Tonfraktion im oberen Bereich der Rutschmasse geht auch mit einer Anreicherung von quellfähigen Tonmineralen einher. Als quellfähiges Tonmineral tritt in dieser Rutschmasse nicht der erwartete Smektit, sondern ein Illit/Smektit-Mixed-Layer-Mineral auf. In der obersten Probe ist es auf 79 Masse-% angereichert, während es in 4,5 Meter nur noch 36 Masse-% beträgt. Illit dagegen weist an der Oberfläche nur 8 Masse-% auf und steigt mit zunehmender Tiefe auf 33 Masse-% an. Somit ist eindeutig nachgewiesen, dass das Mixed-Layer-Mineral als Verwitterungsprodukt von Illit entstanden ist. Weiters ist bemerkenswert, dass Chlorit nicht in primärer Form, sondern sekundär umgewandelt auftritt. Sein Anteil nimmt mit zunehmender Tiefe von 8 auf 26 Masse-% zu. Diese Tatsache ist auf ein mehrphasiges komplexes Verwitterungsgeschehen im Zusammenhang mit der Massenbewegung zu sehen. Die Illit/Smektit-Mixed-Layer-Tonminerale konnten auch in den Vergleichsproben nachgewiesen werden.

Bezüglich des natürlichen Wassergehaltes und der Konsistenzgrenzen ist die oberste Probe des Schurfes (7457) besonders auffällig. Bei einem natürlichen Wassergehalt von 70,6 Masse-% und einer Fließgrenze von 63,4 Masse-% befindet sich dieser Teil der Rutschmasse über der Fließgrenze. Das bedeutet, dass zum Zeitpunkt der Probenentnahme die obersten 1,5 Meter metastabil vorlagen und bei zusätzlicher Wasseraufnahme die Massenbewegung wieder ausgelöst werden kann. Die restlichen Proben im Schurf liegen im plastischen Bereich vor, die Vergleichsproben von außerhalb der Rutschmasse dagegen im halbfesten Zustand. Die Abnahme der Verwitterungsintensität und der Durchbewegung in der Rutschmasse kann an den Proben des Schurfes ausgezeichnet durch die Abnahme des Wassergehaltes bzw. der Fließgrenze nachvollzogen werden. Die Vergleichsproben außerhalb der Rutschmasse liegen sowohl bezüglich des Wassergehaltes als auch der Ausrollgrenze in einem ähnlichen Bereich wie das weniger verwitterte Material in 4,5 Meter Tiefe des Schurfes.

Die Scherversuche zeigen, wie zu erwarten ist, die geringsten Werte für die oberflächennahen Proben und signifikant höhere Werte mit zunehmender Tiefe.

Auch die Ramm- u. Nutsondierungen zeigen anhand der geringen Eindringwiderstände deutlich, dass die obersten 2–3 Meter der Rutschmasse sehr feinkörnig und wasserreich vorliegen und erst darunter höhere Eindringwiderstände stabileres Material andeuten.

Die geoelektrischen Ergebnisse bestätigen den Übergang von einer sehr feinkörnigen und feuchten (20 Ohmm) Auflage zu sandigem und trockenem Material (50–80 Ohmm). Anhand der Widerstandsverteilung ist zu erkennen, dass der oberflächennahe Bereich aus Ton besteht, dieser hat eine Mächtigkeit von ca. 4m. Darunter folgt eine höherohmige Schicht, die als Flysch interpretiert wird. Die Erkenntnisse aus den geoelektrischen Messungen decken sich mit den Ergebnissen aus den Proben des Schurfes.

Die vorliegende Rutschung im Bereich der Flyschzone wird durch die vorhandenen stark verwitterten Mergel verursacht. Hohe Anteile an quellfähigen Tonmineralen (Illit/Smektit-Mixed-Layer) ermöglichen eine Wasseraufnahme bis über die Fließgrenze. Dadurch kann es bei zu hohem Wasserangebot durch intensive Regenfälle immer wieder zu Massenverlagerungen kommen. Eine äußerst sorgfältige und gründliche oberflächliche Ableitung von Wasser soll ein Eindringen in die tonreichen Schichten verhindern und ein weiteres Quellen der Tonminerale unterbinden. Nur dadurch kann es langfristig zu einer Verringerung des Risikos für neue Rutschungen kommen.

### **Projektgebiet 2: Oberweng**

Wie die Untersuchungen zeigen, liegt das Projektgebiet im Bereich von Moränenablagerungen. Der Schurf 1 wurde außerhalb des rutschanfälligen Hanges ausgeführt und zeigt bis in eine Tiefe von 3,5 Metern eine relativ einheitliche Zusammensetzung bezüglich Korngrößen und Mineralverteilung. Der Schurf 2 dagegen ist etwas inhomogener und weist in einer Tiefe von 3 bis 4 Metern einen deutlich höheren Grobkornanteil auf. Die darüberliegenden Schichten sind etwas feiner ausgebildet. Es kommt somit im Schurf 2 zu einer deutlichen Zunahme der gröberen Korngrößen von oben nach unten.

Aufgrund der Gesamtmineralanalysen ist zu erkennen, dass in beiden Schürfen der oberste Meter gänzlich entkalkt ist und darunter Karbonatgehalte bis 26,2 Masse-% auftreten können. Die Verteilung ist jedoch inhomogen. Im obersten Bereich der Schürfe sind durch die Verwitterungsvorgänge Schichtsilikate geringfügig angereichert.

Überraschend sind die Ergebnisse der Tonmineralanalyse:

In keiner der untersuchten Proben aus beiden Schürfen konnte ein quellfähiges Tonmineral wie Smektit oder Vermikulit nachgewiesen werden. Die Tonfraktion aller untersuchten Proben wird durch hohe Anteile bis über 90 Masse-% des Tonminerals Illit geprägt. Geringe Anteile von Chlorit sind vorhanden, Mixed-Layer-Mineralen und Kaolinit sind nur in Spuren nachweisbar. Aus tonmineralogischer Sicht sind die angetroffenen Tonminerale ein Hinweis auf sehr geringe chemische Verwitterungsvorgänge (gänzlich fehlendes Smektit). Lediglich durch physikalische Verwitterung entstandene Tonminerale Illit und Chlorit sind vorhanden.

Die geotechnischen Untersuchungen zeigen bezüglich der aktuellen Wassergehalte eine geringfügige Abnahme von der Geländeoberkante bis in 4 Meter Tiefe. Insgesamt sind die Wassergehalte nicht auffällig. Ebenfalls unauffällig sind die Werte für die Atterberggrenzen. Sehr niedrige Ausrollgrenzen stehen gleichfalls niedrigen Fließgrenzen gegenüber. Die sich daraus ergebenden Werte für die Plastizität sind mit Werten zwischen 3,5 und 10,8 Masse-% für Massenbewegungen niedrige Kennwerte.

Der Scherversuch an der Probe aus dem Schurf 2 bei 4 Meter weist einen hohen Scherwinkel  $\Phi$  von  $31,1^\circ$  auf. Bemerkenswert ist, dass der ebenfalls gemessene Restscherwinkel  $\Phi_r$  denselben Wert aufweist.

Aufgrund der Ergebnisse der Ramm- und Nutsondierungen kann auf gewisse Inhomogenitäten in der abgelagerten Moräne geschlossen werden.

Die geoelektrischen Ergebnisse zeigen, dass der elektrische Widerstand mit der Tiefe kontinuierlich zunimmt. Die niederohmigen Bereiche (45–90 Ohm) im Hangenden enthalten kaum tonige Feinanteile. Wie auch aus den Ergebnissen der Schürfe bekannt, nimmt der Korngrößenanteil des Moränenmaterials mit der Tiefe zu.

In den obersten Bereichen des Hanges sind geringfügige Verwitterungserscheinungen, die sich mineralogisch durch Kalkauflösung und leichte Anreicherung von Schichtsilikaten bemerkbar machen, erkennbar. Insgesamt ist das Risiko für Massenbewegungen an diesem Hang aus geologischer und geotechnischer Sicht als gering anzusehen.

In den beiden offenen Schürfen konnten geringfügige Wasserzutritte festgestellt werden. Wie die vorangegangenen Untersuchungen gezeigt haben, ist das Risiko für Massenbewegungen bei den ermittelten Materialparametern als niedrig anzusehen. Trotzdem kann aber, wie in der Vergangenheit gezeigt wurde, eine unsachgemäße Oberflächenwasserabführung eine Mobilisierung des Hanges bewirken.

## Diskussion

Die Gemeinsamkeit beider Standorte besteht in der unsachgemäßen Ableitung des Wassers im Rutschhang im Laufe der Zeit. Hier konnte festgestellt werden, dass das Risiko einer neuerlichen Massenbewegung nur durch eine äußerst sorgfältige und gründliche Oberflächen-Ableitung von Wasser in die tonreichen Schichten verringert werden kann.

Bezüglich der Methodenoptimierung in den genannten Projekten gilt:

Die Kombination einer tonmineralogischen Ansprache mit einer geophysikalischen Messserie stellt den richtigen Lösungsansatz dar. Eine detaillierte und umfassende Materialansprache ist für die Klärung der vorliegenden komplexen geologischen Situation notwendig. Die Ausführung von sehr kostengünstigen Schürfen und Rammsondierungen anstatt von kostenintensiven Bohrungen war in diesen Projekten zielführend.

Die Geophysik schlägt eine Brücke zwischen den punktförmigen Detailaufnahmen und den notwendigen flächigen Interpretationen. Die Auswahl der Geoelektrik erfolgte in diesem Beispiel unter methodischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Für komplexe Rutschhänge, deren Ursache in quellfähigen Tonen zu suchen ist, sollte immer eine Kombination von tonmineralogischen und geophysikalischen Untersuchungen durchgeführt werden.

## Literatur

- EGGER, H., KRENMAYR, H.G., MANDL, G.W., MATURA, A., NOWOTNY, A., PASCHER, G., PESTAL, G., PISTOTNIK, J., ROCKENSCHAUB, M. & SCHNABEL, W. (1999): Geologische Übersichtskarte der Republik Österreich 1: 2.000.000. – GBA, Wien.
- JOCHUM, B., ROETZEL, R., OTTNER, F., KEUSCH, D. & KOHLBECK, F. (2007): Fallstudie / Pernersdorf (NÖ) Geowissenschaftliche Bewertung (Geologie, Geophysik & Tonmineralogie). – GBA und Univ. BOKU, unveröff. Bericht, Wien.
- JOCHUM, B., ROETZEL, R., OTTNER, F., KEUSCH, D. & KOHLBECK, F. (2007): Fallstudie / Reinprechtspölla (NÖ) Geowissenschaftliche Bewertung (Geologie, Geophysik & Tonmineralogie). – GBA und Univ. BOKU, unveröff. Bericht, Wien.
- ARNDT, R., OTTNER, F. & KEUSCH, D. (2006): Fallstudie / Scheibbs (OÖ) Geowissenschaftliche Bewertung (Geoelektrik & Tonmineralogie). Grundstück Ginning 2. – GBA und Univ. BOKU, unveröff. Bericht, Wien.
- JOCHUM, B., OTTNER, F. & KEUSCH, D. (2007): Fallstudie / Oberweng (OÖ) Geowissenschaftliche Bewertung (Geologie, Geophysik & Tonmineralogie). – GBA und Univ. BOKU, unveröff. Bericht, Wien.
- JOCHUM, B., OTTNER, F. & KEUSCH, D. (2007): Fallstudie / Steinbach/Steyr (OÖ) Geowissenschaftliche Bewertung (Geologie, Geophysik & Tonmineralogie). – GBA und Univ. BOKU, unveröff. Bericht, Wien.
- JOCHUM, B., RÖMER, A., KOHLBECK, F. & ARNDT, R. (2006): Fallstudie / Aist (OÖ) Geophysikalische Bewertung (Geoelektrik, Georadar, Seismik). – GBA, unveröff. Bericht, Wien.

Mag. Birgit JOCHUM: Geologische Bundesanstalt, Fachabteilung Geophysik, Neulinggasse 38, A 1030 Wien; birgit.jochum@geologie.ac.at

Dr. Franz OTTNER und Dr. Dietmar KEUSCH: Universität für Bodenkultur, Department für Bautechnik und Naturgefahren, Institut für Angewandte Geologie, Peter Jordan-Straße 70 A 1190 Wien