

## Geotechnische Feldversuchsverfahren als Hilfsmittel zur Beurteilung von Standsicherheitsfragen - 2 aktuelle Fallbeispiele

von Ralf J. Plinninger, Markus Piendl & Eduard Eigenschenk<sup>1</sup>

### 1 Geotechnische Messungen und ihre Anwendung

Standsicherheitsprobleme bei geologisch komplex aufgebauten natürlichen oder künstlichen Hängen und Böschungen erschweren oftmals die Bearbeitung mit auf theoretischen Grundlagen basierenden erdstatischen Berechnungsmethoden. Geotechnische Feldversuchsverfahren stellen hier oft das einzige Mittel dar, ein zutreffendes Untergrundmodell zu erarbeiten oder gar auf empirischem Wege die Standsicherheit einzuschätzen. Mit geotechnischen Feldversuchsverfahren können z.B. Verformungen und Verschiebungen erfasst oder auftretende Kräfte, Drücke und Wasserstände gemessen werden.

Geotechnische Messverfahren kommen generell - z.B. im Rahmen der Untersuchung von Hangbewegungen, Spezialtiefbaumaßnahmen, Erd- oder Dammbaumaßnahmen - immer dort zum Einsatz, wo die vor Ort herrschenden Verhältnisse zeit- und wirklichkeitsnah erfasst werden sollen (Abb. 1)

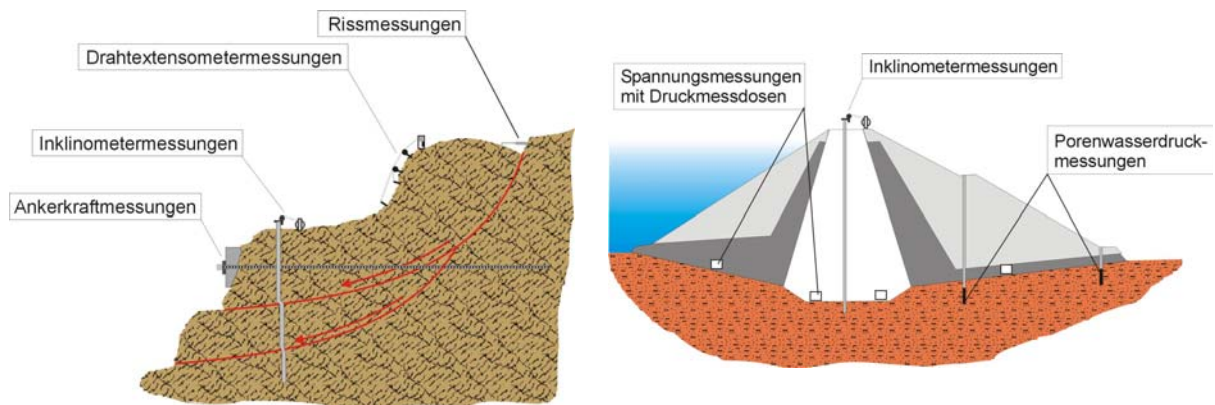


Abb. 1: Schematische Skizzen zum Einsatz geotechnischer Feldversuchsverfahren zur Überwachung von Hangbewegungen und Dämmen

Die nachfolgend beschriebenen aktuellen Projekte der IFB Eigenschenk GmbH geben einen Einblick in die vielfältigen Möglichkeiten, die geotechnische Messverfahren für die Beurteilung von Baugrundeigenschaften bieten.

<sup>1</sup> Autoren: Dipl.-Geol. Dr.rer.nat Ralf J. Plinninger, Dipl.-Ing.(FH) Markus Piendl & Dipl.-Geol. Eduard Eigenschenk, IFB Eigenschenk GmbH, Mettener Straße 33, 94469 Deggendorf

## 2 Massenbewegungen Frauenbrünnl

### 2.1 Einführung

Am westlichen Stadtrand der Stadt Straubing / Niederbayern befindet sich der Stadtteil Frauenbrünnl. Hierbei handelt es sich um ein vorwiegend aus Einfamilienhäusern bestehendes Siedlungsgebiet, das entlang der Hochterrassenkante der Donau verläuft. Die Bebauung ist dabei überwiegend im Hangbereich und am Hangfuß angeordnet und im wesentlichen in den letzten 50 Jahren entstanden.

Der Hang resultiert aus einer an dieser Stelle besonders deutlich ausgeprägten Terrassenstufe zwischen der Niederterrassenebene und den Hochterrassenschottern der Donau. Die Schotterterrassen sind grundwassererfüllt, eine generelle Grundwasserströmungsrichtung in Richtung der Donau führt zu Grundwasseraustritten (Quellen) an der Terrassenkante. Eine dieser Quellen befindet sich im Untersuchungsgebiet, wobei dem Quellwasser heilende Wirkungen zugeschrieben werden. Eine im Laufe der Zeit mit der heilwirksamen Quelle verbundene Marienwallfahrt führte im 18. Jahrhundert zum Bau einer barocken Wallfahrtskirche oberhalb der Quelle. Hieraus leitet sich auch der Name Frauenbrünnl ab, welcher als Flurbezeichnung übernommen wurde.



Abb. 2: Verstürzte Stützmauer unterhalb der Wallfahrtskirche Frauenbrünnl.

### 2.2 Problemstellung und Lösung mittels geotechnischer Messungen

In den letzten Jahrzehnten wurden in bestimmten Abschnitten dieses Hangbereiches ausgeprägte Schiefstellungen von Zäunen oder Stützmauern, Verkippungen von Einzelgebäuden und Sichelwuchs von Bäumen beobachtet. Es sollte nun von der IFB Eigenschenk GmbH untersucht werden, ob Kriechbewegungen des Hanges dafür verantwortlich sind. Möglicherweise ist auch ein Stützmauerversturz unterhalb der Kirche (Abb. 2) mit diesen Kriechbewegungen in Verbindung zu bringen.

In einem ersten Untersuchungsschritt wurden vorhandene geologische Unterlagen, topographische Karten, Höhenlinienkarten und Luftbilder ausgewertet, um in Verbindung mit den Ergebnissen einer Ortsbegehung die am meisten betroffenen Stellen einzugrenzen. Dabei konnten zwei Bereiche definiert werden, in denen offensichtlich die aus Kriechbewegungen

des Hanges resultierenden Schäden und Bewuchsmerkmale besonders deutlich hervortreten. Einer dieser Bereiche befindet sich dabei in unmittelbarem Umfeld der Kirche.

Basierend auf diese ersten Einschätzungen wurden sieben Bohrungen abgeteuft, welche auf die beiden kritischen Bereiche und innerhalb derer über die gesamte Böschungshöhe von rd. 10 m verteilt wurden. Die Bohrungen wurden maximal 17 m tief geführt und sollten jeweils sicher die Tertiäroberkante erreichen. Es wird davon ausgegangen, dass die Kriechbewegungen in den quartären Deckschichten, bestehend aus den Terrassenschottern und Decklehmen, stattfinden.

Sämtliche Bohrungen wurden zu Inklinometersmessstellen ausgebaut. Bei der Bewegungsbeobachtung mit dem Inklinometerverfahren werden spezielle Kunststoff-Führungsrohre in die Bohrlöcher eingesetzt und mittels Zementdämmersuspension kraftschlüssig mit dem Gebirge verbunden. Mit Hilfe einer mobilen Messsonde (Abb. 3, links) werden diese Inklinometersmessstellen befahren, wobei durch die hochgenaue Sonde die Neigungsverhältnisse im Rohr aufgezeichnet werden. Eine mit der Beobachtungszeit zunehmende Verformung des Führungsrohres in klar abgrenzbaren Teufen lässt sich als Hinweis auf aktive Bewegungen in solchen Bereichen interpretieren (Beispiel: Abb. 3, rechts).

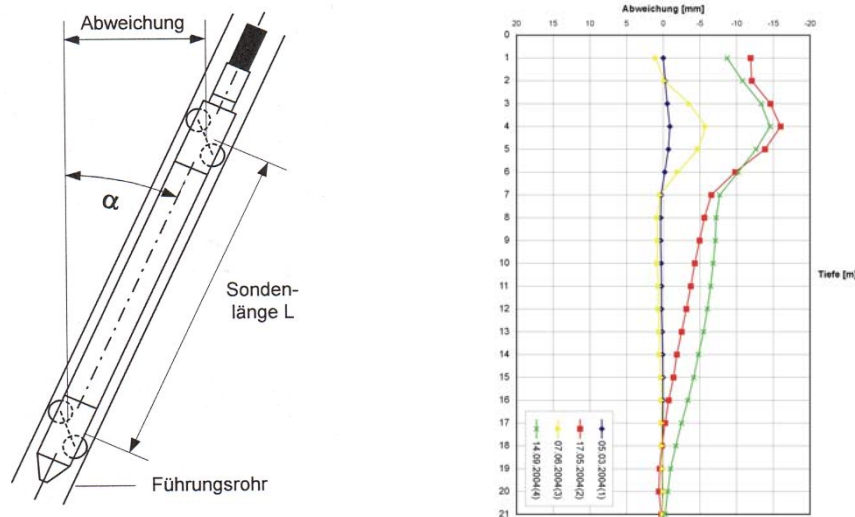


Abb. 3: Schematische Darstellung einer Inklinometersonde (links; aus Produktbeschreibung der Fa. GLÖTZL) und Beispiel für eine Inklinometerbeobachtung über einen Zeitraum von 6 Monaten, die auf Bewegungen in einer Tiefe von 4 Metern u. GOK hinweist (rechts).

Im laufenden Untersuchungsprogramm Frauenbrünnl werden in Abhängigkeit der tatsächlich auftretenden Kriechbewegungen Messungen in definierten Abständen durchgeführt. Es wird dabei von Messintervallen von 3 bis 6 Monaten ausgegangen. Die Messergebnisse sollen Aussagen darüber geben, ob Bewegungen stattfinden, in welchen Bereichen des Hanges und in welcher Intensität.

Begleitend zu den Messungen werden die im Rahmen der Bohrungen entnommenen Bodenproben im Labor untersucht, um die bodenmechanischen Kennwerte zu bestimmen. Basierend auf diesen Laborergebnissen darauf wird versucht, die Kriechbewegungen über einen theoretischen Ansatz in Form von Gleitkreisuntersuchungen zu erfassen.

### 3 Initialeintragsversuche für Restlöcher im Raum Hoyerswerda

#### 3.1 Einführung

Der Bereich der Oberlausitz (Freistaat Sachsen) wird seit Mitte des 20. Jahrhunderts intensiv für den Braunkohleabbau genutzt. Ziel des Bergbaus sind tertiärzeitliche Braunkohleflöze, die in mächtige Sandfolgen eingebettet sind. Die so im Raum Hoyerswerda entstandenen Tagebaue erreichen Tiefen von bis zu rund 100 Metern und wurden mit Fortschreiten des Tagebaus wieder mit den wirtschaftlich uninteressanten Sanden des Deckgebirges verfüllt. Das nahezu auf Geländeoberkante anstehende Grundwasser wurde im Tagebau selbst künstlich bis unter Grubensohle abgesenkt (Abb. 4).

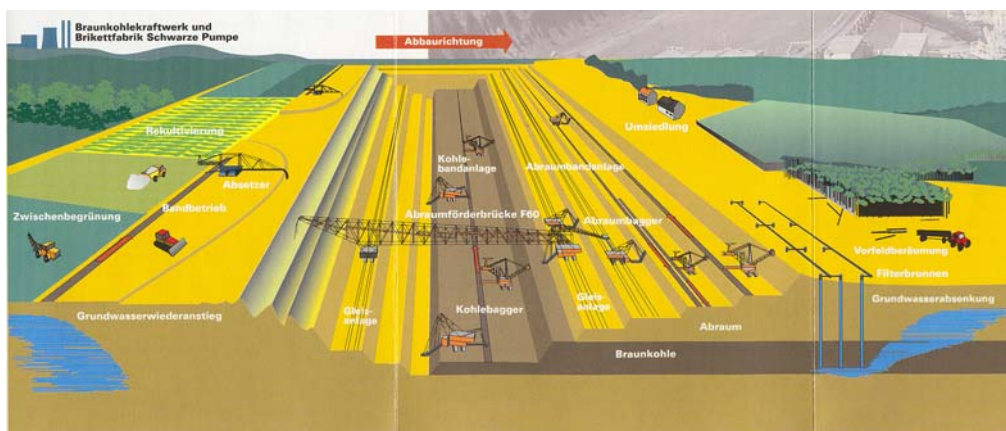


Abb.4: Schematischer Schnitt durch einen Braunkohletagebau in der Oberlausitz (Informationsschrift der LAUBAG, 1998)

Nach Ende des Bergbaus und mit Wiederanstieg des Grundwassers sind aus zahlreichen der ehemaligen Tagebaue mittlerweile reizvolle Seenlandschaften entstanden, deren Nutzung jedoch durch die ungünstigen Eigenschaften der nun wassergesättigten ehemaligen Haldenareale eingeschränkt wird: Die locker gelagerten Sande neigen bei Erschütterungen zu spontanem Versagen, dem sog. "Setzungsfließen".

#### 3.2 Problemstellung und Lösung mittels Initialeintragsversuchen

Als empirische Methode zur Einschätzung der Standsicherheit solcher ehemaligen Kippenbereiche sind im Auftrag der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltung (LMBV)

"Initialeintragsversuche" konzipiert und durchgeführt worden, bei denen die tatsächliche Reaktion des Untergrunds auf kontrolliert eingebrachte Erschütterungen beobachtet wird.

Durch die IFB Eigenschenk GmbH wurden von Oktober bis Dezember 2004 in Zusammenarbeit mit dem Ingenieurbüro G.U.B. Zwickau Initialeintragsversuche an 23 Versuchsfeldern im Bereich der Restlöcher Mortka und Silbersee durchgeführt.

Ein typisches Versuchsfeld (siehe Abb. 5) besteht dabei aus folgenden Komponenten:

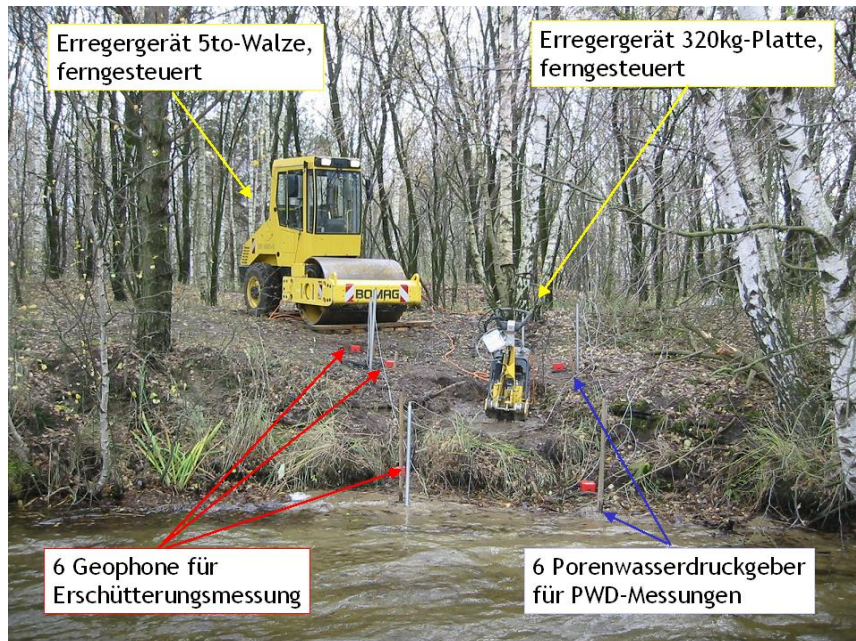


Abb. 5: Versuchsfeldauslegung eines typischen Initialeintragsversuchs, von der Seeseite gesehen.

- ferngesteuerte Erschütterungsgeneratoren (Rüttelplatte, Vibrationswalze)
- Erschütterungsmess-System aus bis zu 6 Geophonen
- Porenwasserdruckmess-System aus bis zu 6 in den Untergrund eingedrückten Porenwasserdruckgebern

Die Versuchsvorbereitungen wurden dabei unter erheblichen Sicherheitsauflagen durchgeführt. Um die Gefährdung für alle Beteiligten zu minimieren, wurden Rüttelplatten und Walze aus bis zu 200 m ferngesteuert, für alle Arbeiten im Gefahrenbereich bestand Schwimmwestenpflicht. Ein auf einem Boot postierter Rutschungsbeobachter überwachte zusätzlich die im Uferbereich der Restlöcher durchgeführten Versuche während der gesamten Versuchsdauer.

Während des Versuchs selbst wurde mit vorsichtig gesteigerten Erschütterungseinträgen und bei ständiger Überwachung der Messergebnisse das Verflüssigungspotenzial des anstehenden Bodens empirisch beurteilt. Überstieg der gemessene Porenwasserdruck im Boden ein kritisches Maß, so war dies das Abbruchkriterium für den Initialeintragsversuch.

Mit Hilfe von Kalibrierungen, die zu Beginn der Untersuchungen zwischen den Erschütterungsgeneratoren und natürliche auftretenden Erschütterungsquellen, wie z.B. dem Vorbeifahren eines Geländewagens, springenden Menschen, etc. aufgestellt wurden, war mit dieser Versuchsserie eine zielführende und effektive Beurteilung der Standsicherheit der ehemaligen Kippenbereiche möglich.

## **4 Schlussbemerkung**

Die beiden exemplarisch dargestellten Projekte geben einen Einblick in die vielfältigen Aufgabenstellungen, bei denen der Einsatz geotechnischer Felduntersuchungsmethoden eine effektive und realistische Beurteilung von Standsicherheitsproblemen erlaubt. Gerade bei heterogenen Untergrundverhältnissen und unklaren Bruchmechanismen stellen geotechnische in-situ-Messungen oft das einzige Mittel dar, ein geotechnisch und mechanisch zutreffendes Modell vom Untergrund zu entwerfen und geeignete Sanierungsmaßnahmen zu ergreifen.

## **5 Danksagung der Autoren**

Wir bedanken uns bei den Auftraggebern der beiden beschriebenen Projekte für das Einverständnis zur Veröffentlichung der dargestellten Daten.