



# Ingenieurgeologische Untersuchung eines Rutschhanges in der oberen Süßwassermolasse bei Alkofen (Niederbayern)

Geotechnical investigation on a landslide slope in the Upper Freshwater Molasse near Alkofen (Lower Bavaria)

Georg Stockinger<sup>1</sup>, Marion Nickmann<sup>1</sup>, Kurosch Thuro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Georg Stockinger, Dr. Marion Nickmann & Prof. Dr. Kurosch Thuro, Lehrstuhl für Ingenieurgeologie, TU München, georg\_stockinger@mytum.de

## Zusammenfassung

Im Frühjahr 1988 ereignete sich am südlichen Ortsrand von Alkofen bei Vilshofen eine Rutschung, die im Jahr 1990 reaktiviert und verstärkt wurde. Insgesamt war eine Fläche von ca. 8250 m<sup>2</sup> betroffen. Bereits in den Jahren 1990 bis 1992 sowie 2008/2009 wurden Untersuchungen zur Beurteilung des Gefährdungspotentials durchgeführt, allerdings ohne ein eindeutiges Ergebnis. Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurden erstmals alle verfügbaren Daten zusammenfassend ausgewertet, sowie zahlreiche neue Daten erhoben. Als Resultat einer morphologisch-geologischen Detailkartierung und dreier neuer Bohrungen ergibt sich, dass es sich um eine löffelförmige Rotationsrutschung mit mehreren Teilschollen handelt. Als Abscherhorizont wurde eine wassergesättigte, unkonsolidierte und undrainierte Sandschicht in einer Tiefe von 8 m unter GOK erbohrt. Die Geländebefunde weisen zudem auf einen zweiten, tiefer liegenden Bewegungshorizont unterhalb des Talniveaus hin, auf dem der gesamte Hang kriecht. Eindeutige Bewegungen des Hanges oberhalb der Anrisskante lassen sich aus den aktuellen Inklinometerdaten nicht ableiten, am ehesten deutet sich eine Bewegungstendenz des oberflächennahen Bereiches (bis 5 m unter GOK) in B-Richtung an.

**Schlüsselworte:** Hangrutsch, Rotationsrutschung, Obere Süßwassermolasse (OSM), Inklinometermessstelle

## Abstract

In spring 1988, a landslide occurred on the southern border of the village Alkofen near Vilshofen in the unfolded molasse of Lower Bavaria. Because of addition of material in 1990 the landslide was reactivated and enforced. Altogether an area of 8250 m<sup>2</sup> was applied. Already in the years 1990 to 1992 investigations were conducted to estimate the hazard potential, added by the installation of an inclinometer. The actual works focus in the compilation of all previous collected data sets, and the collection of additional data. As a result of a morphologic mapping and two drillings in the landslide debris, the main landslide body can be confirmed as a spoon-shaped and rotational slide induced by increased pore water pressure in consequence of high precipitation. The material of the slip surface has been proven to be a water-saturated, unconsolidated and undrained sand at a depth of 8 meter below surface. In the course of the investigations, the existence of a second and deeper shear horizon has been approved by a third drill hole downhill of the actual to of the slide. The material that turned out to be the sliding surface, is composed of clayey and sandy silt with a soft consistency and a friction angle of almost 31°. Despite the high shear strength the material is suited for a sliding surface because a tensed ground water conduit would cause an effect of upwelling in this layer. The analysis of the inclinometer data unfortunately does not provide any decisive results concerning the activity and actual moving direction. It seems that there is a movement of the surface layer down to a depth of 5 meters in maximum only. Actual deformations in the deeper shear horizon can not be estimated because the inclinometer pipe does not intersect this lower shear zone.

**Keywords:** Landslide, Upper Freshwater Molasse (OSM), drilling, rotational slip, tensed ground water, upwelling, Inclinometer test point

## 1 Einleitung

Im Jahr 1988 löste sich am Ortsrand von Alkofen eine Rutschscholle in Gesteinen der Oberen Süßwassermolasse. Der Großteil des Rutschareals lag auf einem landwirtschaftlich genutzten Feld, im Anrissbereich war jedoch auch ein bebautes Grundstück betroffen. 1990 wurde die Rutschung durch anthropogene Veränderungen reaktiviert. Sondierungen und eine im Jahr 2008 eingerichtete Inklinometermessstelle gaben bereits punktuell Aufschluss über den Aufbau des Hanges. Die Bewegungsmessungen über einen

Zeitraum von 1 ½ Jahren zeigten keine eindeutige aktuelle Verformung des Hanges bergwärts der Abrisskante. Die kurze Messdauer, fehlende bodenmechanische Untersuchungen und lediglich flachgründige Punktaufschlüsse schränkten jedoch die Analyse der Rutschung hinsichtlich Tiefgang und Ausdehnung sowie längerfristiger Bewegungen stark ein. Daher wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit weiterführende Untersuchungen durchgeführt, die ein genaueres Bild von Geometrie, Mechanismus und Aktivität der Rutschung ergeben sollten.

## 2 Lage und Geologie des Rutschhanges

### 2.1 Geographische Lage

Das Arbeitsgebiet liegt im Landkreis Passau in Niederbayern, am südwestlichen Ortsrand von Alkofen, einem Ortsteil von Vilshofen an der Donau (Abb. 1). Der ca. 40 Meter hohe Rutschhang fällt mit einer maximalen Neigung von  $22^\circ$  nach Westen ein. Am Hangfuß, auf ca. 358 m ü. NN, entwässert der Kerschbach das Gebiet und fließt Richtung Süden in die Vils. Die Rutschung wird durch die Abrisskante auf knapp 394 m ü. NN und das Ende des Rutschungsfußes bei 364 m ü. NN begrenzt, die maximale Ausdehnung in Querrichtung beträgt 80 m.



Abb. 1: Lage der Rutschung Alkofen (Quelle: Bayernatlas).

Fig. 1: Location of the Alkofen landslide (source: Bayernatlas).

### 2.2 Geologie

Nach der geologischen Karte GK 25, Blatt Nr. 7344 Pleinting (UNGER & BAUBERGER 1991) liegt Alkofen im Bereich der Oberen Süßwassermolasse (OSM), die hier mit dem Ortenburger Schotter (*miu,O*) als ältester stratigraphischer Einheit über dem kristallinen Basement einsetzt (Abb. 2).

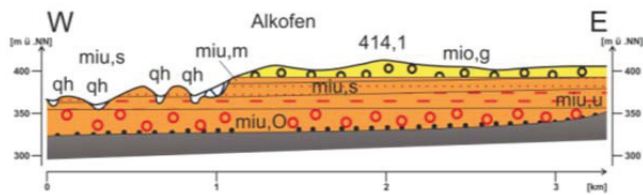


Abb. 2: Profilausschnitt der Umgebung der Rutschung Alkofen (nach UNGER & BAUBERGER 1991).

Fig. 2: Cross section of the vicinity of the Alkofen landslide (after UNGER & BAUBERGER 1991).

Unmittelbar darüber lagern die „Limnischen Süßwasserschichten“ aus dem Untermiozän. Die unterste Schicht dieser Abfolge bilden bis zu 30 m mächtige Schluffe, in die zum Teil grünliche Mergellagen eingeschaltet sind (*miu,u*). Darüber folgt eine ca. 10 m mächtige Fein- bis Mittelsandschicht (*miu,s*) in deren Hangendem schluffiger Mergel bis mergeliger Schluff (*miu,m*) ansteht. Dessen Mächtigkeit nimmt von 5 m im Osten auf 15 m im Westen zu. Über den Limnischen Süßwasserschichten folgen Ablagerungen aus dem Obermiozän. Hierbei handelt es sich um fein- bis grobklastische Sedimente, die aus dem Grundgebirge im Osten

nach Westen geschüttet wurden. Im Bereich des Rutschhanges werden die Tertiären Gesteine von quartären Bildungen bedeckt, bei denen es sich um sandige bis schluffige Lehme handelt, die als Decklehme, Lösslehme oder Fließerden bezeichnet werden.

## 3 Chronologischer Ablauf der Rutschung

### 3.1 Initialrutschung

Die erste Phase der Rutschung ereignete sich im Frühjahr 1988. Der März dieses Jahres, besonders die Wochen vom 10.03. bis 17.03. und von 21.03. bis 27.03. waren mit dem Dreifachen des Durchschnittsniederschlags der Jahre 1961-1990 außerordentlich nass, die einzelnen Tagesmaxima erreichten über 20 mm pro Tag. Abb. 3 zeigt den Zustand der Rutschung nach dem Erstabriss. Im Zentrum des Fotos ist eine deutliche Abrisskante zu sehen, die eine Sprunghöhe von knapp 3 m erreicht. Im Süden lässt sich eine Fortsetzung des Abrisses anhand der Zugrisse erahnen, ein nennenswerter Versatz ist aber noch nicht ausgebildet. Zudem deutet sich kurz unterhalb der Hauptabrisskante ein Sekundärabriss an. Im Mittelhang sind Stauchwülste zu erkennen.



Abb. 3: Erstreckung der Rutschung nach dem ersten Abriss 1988 (Foto: ASEN, Blickrichtung nach Osten).

Fig. 3: Extension of the landslide after the first event 1988 (Foto: ASEN, viewing direction is East).

Bereits mit dem ersten Anbruch wurde die Mauer, die das bebaute Grundstück begrenzte, z.T. mitgerissen (im Bild links über der Mitte). Eine Stromleitung, die den Rutschbereich überspannte, wurde ebenfalls von dem Ereignis betroffen, der Strommast unmittelbar oberhalb der Abrisskante neigte sich um knapp  $5^\circ$  nach Osten.

### 3.2 Reaktivierung der Rutschung

Bis ins Jahr 1990 war die Rutschung ruhig. Um die betroffene Fläche zu sanieren, wurden im Frühjahr 1990 knapp 2000 m<sup>3</sup> Abraummateriale im Anrissbereich der Rutschung aufgeschüttet. Kurz danach setzten gravierende Bewegungen ein, wobei das aufgebrauchte Material auf der reaktivierten Rutschung vollständig mit abrutschte (Abb. 4). Die Höhe der Hauptabrisskante vergrößerte sich auf 5 m. Hangabwärts bildeten sich mehrere bis zu 1,5 m hohe, deutlich abgegrenzte Sekundärabrissrisse. Im Gegensatz zur ersten Rutschung bildete sich eine ausgeprägte Rutschungszunge, die in Richtung Südwesten über die Grasnarbe auslief.





Abb. 4: Erstreckung der Rutschung nach der Reaktivierung 1990 (Foto: ASEN, Blickrichtung nach Osten).

Fig. 4: Extension of the landslide after the reactivation in 1988 (Foto: ASEN, viewing direction is East).

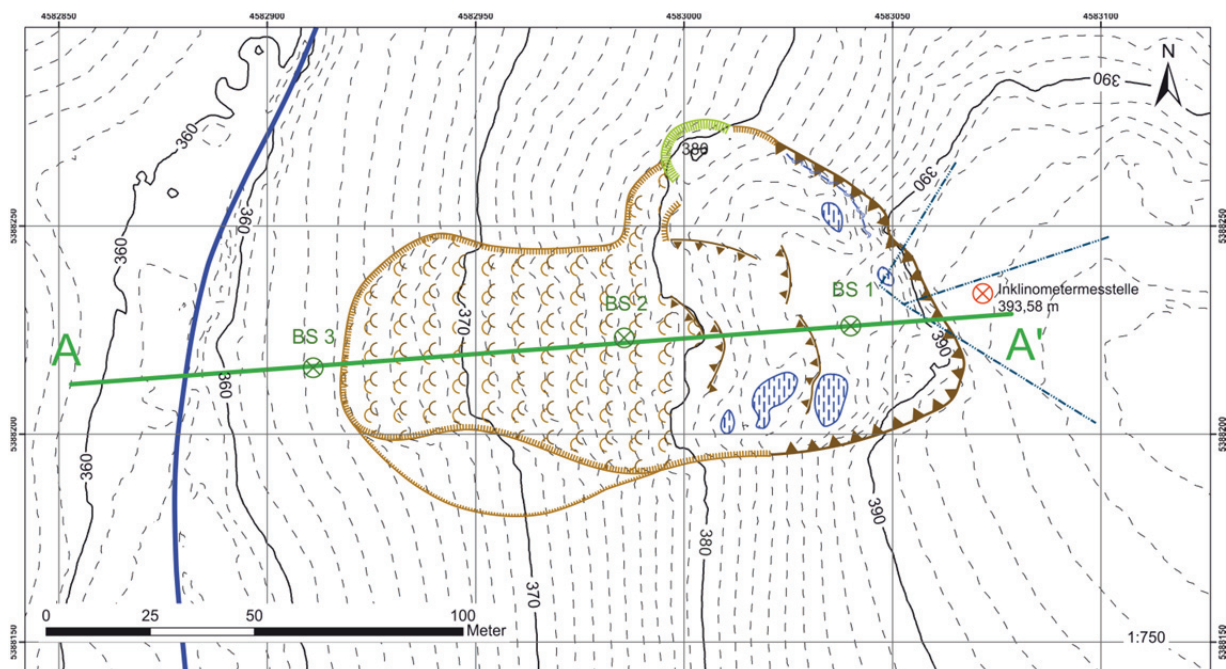
### 3.3 Gegenwärtiger Zustand der Rutschung

22 Jahre nach dem Rutschereignis hat die Vegetation, hauptsächlich bestehend aus Birken und Sträuchern, bereits die ganze Rutschfläche überwachsen. Durch den Bewuchs ist der Umriss der Rutschung nur noch vermutbar. Der südliche Ausläufer wurde landwirtschaftlich rekultiviert. Um die Bebaubarkeit des an den Abrissbereich bergwärts angrenzenden Grundstücks zu untersuchen, wurde 2008 eine Inklinometermessstelle eingerichtet, die in der Karte in Abb. 5 markiert ist.

## 4 Durchgeführte Untersuchungen

Folgende Untersuchungen wurden im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt:

- **Kartierung:** Die Kartierung umfasste eine morphologische Detailaufnahme des Geländes. Hierbei wurden, wie in Abb. 5 zu sehen, alle markante Rutschungsstrukturen aufgenommen.
- **Bohrungen:** Aufbauend auf die Kartierung wurden drei Bohrpunkte festgelegt, um den Aufbau des Rutschhanges genauer zu erkunden (Lage s. Abb. 5). Bohrpunkt BS 1 wurde 10 m in den Hauptrutschkörper abgeteuft, BS 2 konnte mit einer Endtiefe von 8 m in den Rutschungsfuß gelegt werden und BS 3 wurde mit Verdacht auf einen zweiten, tieferen Rutschhorizont unterhalb der Rutschung bis auf 9 m gebohrt.
- **Messung der Inklinometer-Messstelle:** Ergänzend zu den Messungen aus den Jahren 2008–2009 wurden von 2010 bis 2012 jährlich im Frühsommer weitere Messungen durchgeführt und ausgewertet.
- **Bodenmechanische Versuche:** An relevanten Horizonten des aus den Bohrungen gewonnenen Materials wurden Wassergehalt, Korngrößenverteilung und Zustandsgrenzen sowie die Scherfestigkeit mittels eines Rahmen-scherversuchs (CD-Versuch, 4 Laststufen) bestimmt.



#### Legende

- |                |                    |                                    |                     |                |
|----------------|--------------------|------------------------------------|---------------------|----------------|
| ⊗ Inklinometer | — Abfluss          | — Rutschmassenbegrenzung           | — Kerschbach        | ⊞ Akkumulation |
| ⊗ Bohrungen    | ▾ Abrisskante      | — ehemalige Rutschmassenbegrenzung | — Grundstücksgrenze | ▨ Staunässe    |
| — Profilinie   | ▾ Sekundärabrissse | — Stauchkomplex                    |                     |                |

Abb. 5: Ergebnis der morphologischen Kartierung mit rutschungsrelevanten Strukturen und Bohrpunkten.

Fig. 5: Result of the morphologic mapping with slide relevant structures and points of drilling.

## 5 Ergebnisse der Untersuchungen

### 5.1 Morphologie der Rutschung

Abb. 5 zeigt die im Rahmen der aktuellen Untersuchung erstellte Detailkarte des Rutschhanges. Das Top befindet sich auf ca. 388 m ü. NN, der Rutschungsfuß auf ca. 363 m ü. NN. Die größte Ausdehnung mit einer Länge von ca. 150 m zeigt der Rutschbereich in Bewegungsrichtung (Ost-West). In Nord-Süd-Richtung konnte eine maximale Breite von knapp 80 m erfasst werden. Insgesamt bedeckt die Rutschung eine Fläche von 8250 m<sup>2</sup>.

Die Hauptabrisskante ist auf einer Länge von ca. 130 m kartierbar. Zudem konnten mehrere Sekundärabrisskanten mit Längen von 13–25 m bestimmt werden, die die Rutschmasse in mehrere Schollen zerlegen. Sie sind i.d.R. Nord-Süd orientiert, nur im nördlichen Teil des Rutschkörpers läuft eine Sekundärabrisskante nahezu Ost-West. Zwischen den Schollen konnten anhand von Winterschachtelhalmen (*Equisetum hiemale*) mehrere Stellen von Staunässe kartiert werden. Außerdem findet man im Norden der Rutschung zwischen Abrisskante und Hauptrutschkörper eine Rinne, die von einem episodischen Abfluss ausgewaschen wird.

Der Akkumulationsbereich zeichnet sich durch ein unregelmäßiges Gelände aus verschiedenen Stauchwülsten aus, die aufgrund der dichten Vegetation nicht einzeln auskartierbar sind. Insgesamt erhebt sich der gesamte Bereich bis zu 1,5 m über die ursprüngliche Geländehöhe. Am nördlichen Rand der Rutschung befindet sich ein gesonderter, konvex ausgebildeter Stauchbereich, der sich durch seine Höhe von ca. 3 m von der restlichen Akkumulationsfläche unterscheidet.

### 5.2 Aufbau des Untergrundes

Aus den abgeteufte Bohrungen und dem Bohrprofil der Inklinometermessstelle kann der Aufbau des Untergrundes abgeleitet und der Schichtfolge von UNGER & BAUBERGER (1991) zugeordnet werden (Abb. 6)

#### 5.2.1 Auswertung der Bohrprofile

Die ungestörte Schichtfolge (Inklinometerbohrung bergwärts) besteht unter dem etwa 20 cm mächtigen Mutterboden bis zur Endtiefe bei 20 m hauptsächlich aus Ton, der nur kleinräumig Nebengemengteile von Schluff, Sand und Kies aufweist. Eine Ausnahme bildet eine ca. 0,5 m mächtige, sandige Kies- bzw. kiesige Sandschicht in einer Tiefe von 9 m. In dieser rolligen Schicht konnte gespanntes Grundwasser nachgewiesen werden.

**Bohrung BS 1** im Anrissbereich der Rutschung schloss zunächst 2 m aufgefülltes Material auf, bei dem es sich um die mit abgerutschte Aufschüttung von 1990 handelt. Darunter folgen teils sandige Tone und Schluffe. In einer Tiefe von 8 m unter GOK wurde locker gelagerter, stark wasserhaltiger Sand angebohrt, der im Bohrloch nach dem Abschluss der Bohrung relativ schnell um 1,7 m unter GOK anstieg und auf gespanntes Grundwasserspiegel in dieser Schicht hinweist. Im Liegenden der Sandschicht folgt wiederum sandiger Ton, der auch in **Bohrung BS 2** unter einer geringmächtigen Sandbedeckung bis in auf 375 m ü. NN erbohrt. Darunter folgte bis zur Endteufe bei 8 m zunächst schluffiger Sand, darunter sandiger Schluff. Beide Schichten waren bergfeucht und dicht gelagert.

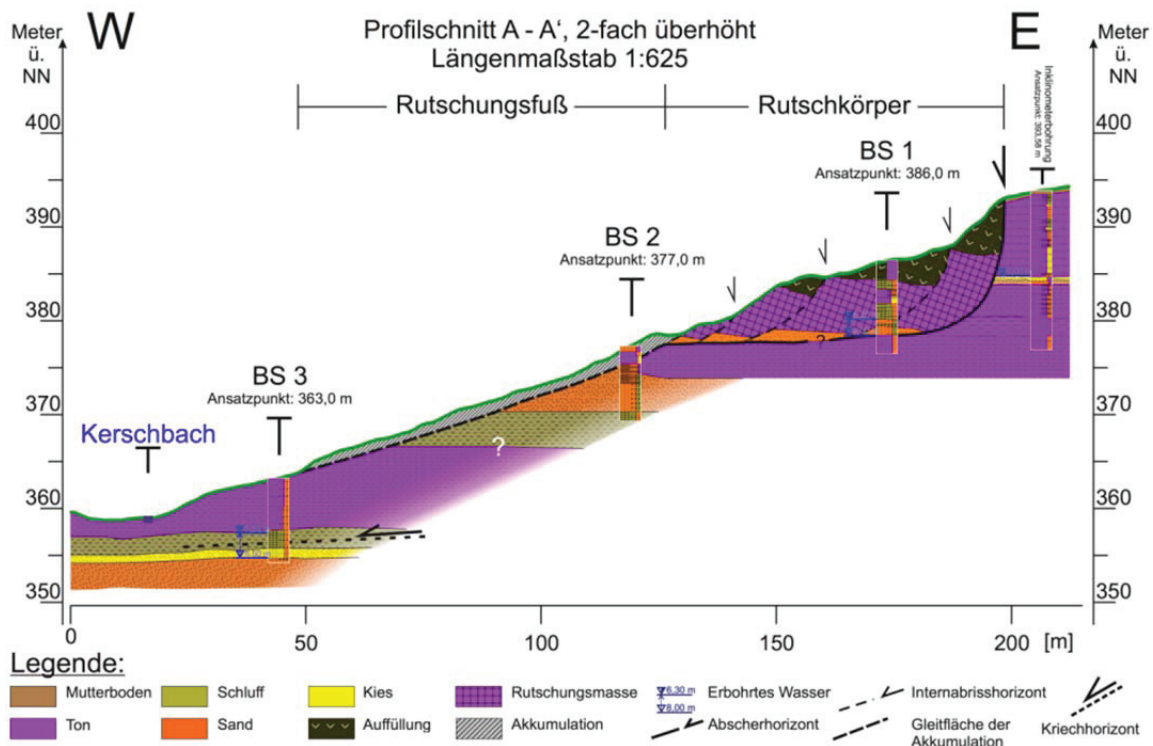


Abb. 6: Profil des Rutschhanges mit ausgewiesenen Bereichen der Rutschung.

Fig. 6: Cross section of the slope with specified landslide parts.



Da sich BS 2 und BS 3 nicht überlappen, kann die Mächtigkeit der Schluffschicht nicht genauer bestimmt werden. Sie wird unterlagert von steifem, sandigem Ton, der in **Bohrung BS 3** bis in eine Tiefe von 5,5 m unter GOK erbohrt wurde. Darunter folgt ein 0,5 m mächtiger, grauer, weicher, sandig-toniger Schluff, der große Mengen an 0,5–2 mm großen Schneckengehäusen enthält. Der Schluff setzt sich noch 1,5 m weiter nach unten fort, weist aber keine Schneckenhäuser mehr auf und ist ockerfarben. Darunter folgt eine knapp 1 m mächtige, sandig-tonige Kiesschicht, die sich durch eine auffällige lockere Lagerung auszeichnet und die komplett mit Wasser erfüllt ist. Unter ihr wurde eine dünne, ebenfalls nasse und locker gelagerte Sandschicht erbohrt. Sie wird bis zur Endteufe bei 9 m unter GOK von mitteldicht gelagertem Sand unterlagert.

### 5.2.2 Korrelation mit der Schichtfolge

Die Schluffschicht aus BS 3 in 6 m Tiefe kann aufgrund ihrer Schneckenresten eindeutig der ältesten Süßwasser-schicht *miu,u* nach UNGER & BAUBERGER (1991) zugeordnet werden. Die darüberliegenden Sande aus BS 2 entsprechen demzufolge der Sandschicht *miu,s*, die darüberliegenden Tone der „Schluffschicht“ *miu,m*. Bei den grobklastischen Sedimente in BS 3 ab 9 m Tiefe handelt es sich vermutlich bereits um die Ortenburger Schotter. Damit konnten im Wesentlichen die Schichtfolge und die Mächtigkeiten nach UNGER & BAUBERGER (1991) bestätigt werden.

### 5.3 Bodenmechanische Kennwerte der rutschungsrelevanten Schichten

Bodenmechanische Untersuchungen wurden einerseits an der Sandschicht, die in BS 1 in einer Tiefe von 8 m unter GOK erbohrt wurde (P1), zum anderen am Schluff, der in BS 3 in 6 m unter GOK ansteht (P2), durchgeführt. Die Tabelle 1 fasst die Ergebnisse zusammen.

Tab. 1: Zusammenstellung der bodenmechanischen Ergebnisse.  
Tab. 1: Compilation of the soil mechanical results.

Probe	P1	P2
Entnahme / Tiefe	BS 1 / 8,0 m	BS 2 / 6 m
Ansprache	Sand	Schluff
Anteile S/U/T [%]	60,2 / 39,8 (T+U)	25 / 58 / 17
DIN 14689 T1	S, u*, t'	U, s, t
DIN 18196	SU*	TL
Wassergehalt [%]	36,7	23,6
Reibungswinkel [°]	n.b.	30,8

Somit weist Probe P1 für einen Sand einen extrem hohen Wassergehalt auf. Mit einer angenommenen Porenzahl von 0,66 (PRINZ & STRAUSS 2006: 28) ergibt sich eine Sättigungszahl  $S_r = 1,5$ , der Sand ist demzufolge stark übersättigt. Bei Probe P2, nach DIN 14689 als sandig-toniger Schluff klassifiziert, handelt es sich nach DIN 18196 um einen leichtplastischer Ton (TL) mit weicher Konsistenz. Der im Rahmenscherversuch ermittelte Reibungswinkel  $\varphi = 30,8^\circ$  ist für diese Bodengruppe charakteristisch.

### 5.4 Aktuelle Bewegungen im Anrissbereich

Die Bewegungsmessungen im Inclinometerrohr bergseitig der Rutschung zeigen, dass nennenswerte Verschiebungen maximal bis zu einer Tiefe von 5 m auftreten. Die größten Versatzbeträge finden unmittelbar an der Oberfläche statt, in die Tiefe hin nimmt der Versatz stetig ab.

In Abb. 7 sind die Bewegungsvektoren der Geländeoberfläche über den Messzeitraum dargestellt. Die A-Achse zeigt die Bewegungen in Hangrichtung an, die B-Achse das senkrechte Äquivalent. Der Nullmessung wurde der Nullpunkt zugeteilt, die darauffolgenden Messungen sind die relativen Versätze hierzu. Deutlich zu sehen ist, dass die meisten Punkte eine Bewegung der Oberfläche in SW-Richtung anzeigen, also nicht exakt in Fallrichtung des Hanges.

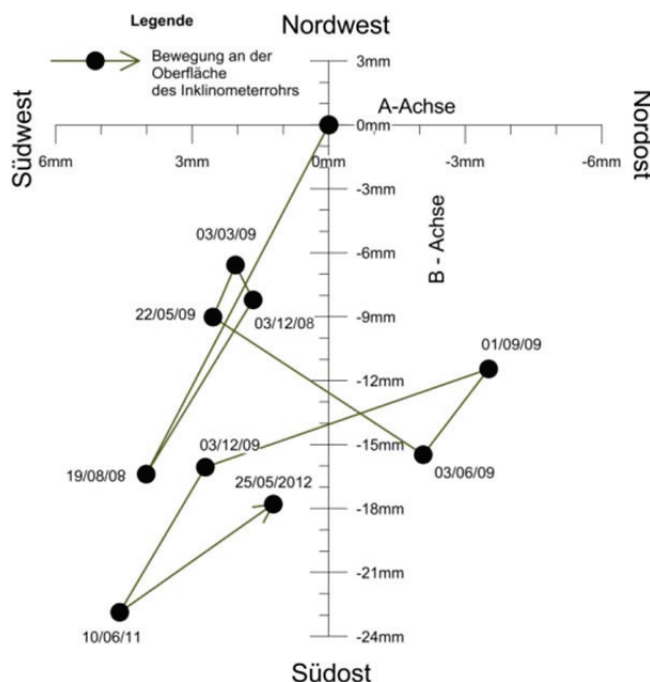


Abb. 7: Inclinometermessstelle – Deformationen 2009 – 2012.  
Fig. 7: Inclinometer – deformations 2009 – 2012.

Allerdings zeigen die Messpunkte starke Schwankungen nicht nur im Bewegungsbetrag, sondern auch in der Bewegungsrichtung, so dass sich eine Art „spiralförmiger“ Verlauf abzeichnet, der quasi ein „Rückspringen“ des Bohrloches bedeuten würde. Eine jahreszeitliche Abhängigkeit der Bewegungsrichtung konnte anhand der Zeitreihenanalysen ausgeschlossen werden. Als Grund für die unerwarteten Bewegungen ist vielmehr die Verfüllung des Ringspaltes mit Sand in Kombination mit schwankenden Grundwasserspiegeln zu vermuten.

### 6 Interpretation des Rutschhanges

Geometrie des Rutschhanges und Mechanismus der Rutschung sind in Abb. 6 graphisch interpretiert. Die Schichten im Profil entsprechen der Bodenansprache im Feld und den im Labor ermittelten geotechnischen Kennwerten.



## 6.1 „Alte“ Rutschung

Die Untersuchungsergebnisse belegen, dass es sich bei der Rutschung aus den Jahren 1988–1990 um ein löffelförmiges Rotationsgleiten handelt, worauf bereits die konkav ausgebildete Abrisskante und die Sekundärrisse, wie in Abb. 6 zu sehen, hindeuten. Nach VARNES (1978: 12) muss bei einer Rotationsrutschung ein Versatz an einer Gleitfläche stattfinden, auf die plausibel geschlossen werden kann. Im vorliegenden Fall wird dieser Rutschhorizont durch die in der Bohrung BS 1 in 8 m Tiefe angetroffene Sandschicht (P1, Kap. 5.3) gebildet. Die weiche bis steife Konsistenz der im Hangenden erbohrten bindigen Schichten weist auf eine Auflockerung durch die Rutschung hin. Der Ton im Liegenden der Sandlage war halbfest und somit vermutlich nicht von den Bewegungen betroffen.

Die nachgewiesene lockere Lagerung und die Wasserübersättigung des Sandes ist gleichbedeutend mit einem unkonsolidierten Zustand, der gespannte Grundwasserspiegel lässt auf ein undrainiertes System schließen. Durch den Porenwasserüberdruck ist bei in solchen Böden der innere Reibungswinkel null, die Kohäsion in Sand als sehr gering anzusehen.

Mechanik und Ablauf der Rutschereignisse 1988 können folgendermaßen gedeutet werden:

- Getriggert wurde das Primäreignis durch die langen und starken Niederschläge im Frühjahr 1988. Dadurch kam es zum Anstieg des Porenwasserdruckes im Boden und zu vermehrtem Auftrieb in der Sandlage.
- Die treibenden Kräfte überschritten die äußerst geringe Scherfestigkeit und es kam zum Bruch an der Abrisskante.
- Während des gravitativen Versagens nahm der Porenwasserdruck infolge der Durchtrennung und stellenweisen Freilegung und Drainage der Sandlage ab, der Auftrieb wurde drastisch verkleinert, so dass sich der Hang rasch stabilisierte. Zudem stellte sich der Masse der Widerstand des im Akkumulationsbereich angehäuften Materials entgegen.

Die Materialaufbringung im Jahr 1990 brachte diese Kräfte wieder aus dem Gleichgewicht. Die zusätzliche Last erhöhte die Hangabtriebskraft und brachte Druck auf die Sandlage auf. Aufgrund der Wassersättigung konnte diese nicht komprimiert werden, es baute sich erneut ein Porenwasserdruck auf, der die Scherfestigkeit minimierte und zur Reaktivierung der Rutschung führte. Die Sekundärabbrüche entstehen, wie der Hauptabriss, durch die Überschreitung der Zugkräfte bei der Rotationsbewegung. Angesichts der angenommenen horizontalen Lagerung der Sandschicht, muss sich der horizontale Abscherhorizont auf ca. 378 m ü. NN befinden.

## 6.2 Tiefere Kriechbewegungen

Auf einen zweiten, tieferen Kriechhorizont deutet die Tatsache hin dass der Hang konstant in den Bach drückt, so dass dieser regelmäßig ausgehoben werden muss. Dieser Kriechhorizont wurde durch die Bohrung BS 3 in einer Tiefe von 7,5 m unter GOK erfasst. Der erbohrte sandig-tonige Schluff (P2) wird von einer gesättigten, gespannten Grundwasser führenden Kies- und Sandschicht unterlagert.

Ein Kriechen in diesem Bereich wird ermöglicht, da das gespannte Grundwasser die Basis des Schluffs aufweicht und eine weiche Konsistenz bewirkt. Der relativ hohe Reibungswinkel von  $30,8^\circ$  aus dem Rahmenscherversuch könnte durch eine fehlende Drainierung der Schicht im Anstehenden verringert werden. Zudem sorgt das gespannte Wasser für einen Auftrieb, während die Masse des Hanges gravitativ auf den weichen Schluff drückt. Die nur langsame Kriechbewegung kann auf die nur minimale Schichtneigung sowie den Widerstand des Hanges auf der Gegenseite zurückzuführen sein.

## 7 Ausblick

Der „alte“ Rutschkörper selbst zeigt keine aktiven Bewegungen an, jedoch könnten starke Triggerereignisse, wie z.B. Starkniederschläge oder erneute Massenauflast die Rutschung reaktivieren, da der Abscherhorizont nach wie vor vorhanden ist. Oberhalb der Rutschung zeigen die Inclinometermessungen keine klare Bewegungstendenz, allerdings könnte die in der Inclinometermessstelle erbohrte Sandlage auf lange Sicht eine ähnliche Funktion erfüllen wie im Rutschhang selber. Die tieferen Bewegungen werden von den Messungen nicht erfasst, dauern aber sicherlich noch an.

## Literatur

- PRINZ, H. & STRAUB, R. (2006): Abriss der Ingenieurgeologie. – 4. Auflage, 671 S., München (Spektrum Akad. Verlag).
- UNGER, H.J. & BAUBERGER, W. (1991): Geologische Karte von Bayern 1:25000, Blatt 7344 Pleinting, mit Erläuterung – Bayerisches Geologisches Landesamt, München.
- VARNES, D.J., (1978): Slope movement types and processes. – In SCHUSTER, R.L., & KRIZEK, R.J., (Eds.): Landslides – Analysis and Control: National Research Council, Washington, D.C., Transportation Research Board, Special Report 176: 11–33.