

Wissenschaftliche Beiträge



Eine rezente Großrutschung im Kleinen Sölkta der zentralen Obersteiermark

Leander Peter BECKER und Siegfried HERMANN

Mit 12 Abbildungen

Zusammenfassung

Eine etwa 3,5 Mio. m³ umfassende Rutschmasse im Kleinen Sölkta der Obersteiermark, entwickelt in Hangschutt über kristallinem Grundgebirge, zeigt seit 1979 erhöhte Aktivität. Das Verformungsverhalten dieser aktiven Translationsrutschung ist durch umfassende geodätische sowie geotechnische Messungen (Schlauchwaage, Inklinometer) dokumentiert und belegt jahreszeitlich und niederschlagsbedingte Bewegungsraten. Die potentielle Gefahr von großen Massenbewegung liegt in ihrer unabschätzbaren Eigendynamik bei extremen Witterungseinflüssen unter fatalen Begleiterscheinungen wie Murestöße oder Überflutungen. Unter diesen Aspekten muß das Gefahrenpotential der Großrutschung bei Kleinsölk als ein evidentes und beachtliches betrachtet werden.

Summary

Nearby the village Kleinsölk within the mountainous Obersteiermark-district (Austria) an active landslide of about 3,5 million cubicmeters rock slope debris, derived from kristalline basement rocks is observed since 1979. Seasonal- and rainfall triggered deformation of this translatory type landslide is documented through geodetic as well as geotechnical instrumentation. The potential risk of this large scale landslide causes as is possible transformation into hazardous downslope movement accompanied by torrential flood events, under influence of highest precipitation.

Einleitung

Etwa 2 km südlich der Ortschaft Kleinsölk (Abb.1), der Kernzone des Naturparkes Sölkta der Obersteiermark werden seit 1979 in der orographisch rechten Talflanke deutliche Bewegungen eines im Mittel etwa 250 m breiten

Schuttkörpers (Abb.2) festgestellt. Rezent reicht die oberste Abriszkante dabei bis zur Höhenkote 1530 m (KOLLE, 1997). Der tiefste Stirnbereich, der Fuß der Rutschung liegt derzeit bei 940 m. Dies ergibt, bei einer mittleren Hangneigung von 34° eine Gesamtlänge der Rutschmasse von rund 900 m. Daraus errechnet sich bei einer mittleren Mächtigkeit von 15 m ein Gesamtvolumen der Massenbewegung von mindestens $3,4 \times 10^6 \text{ m}^3$.

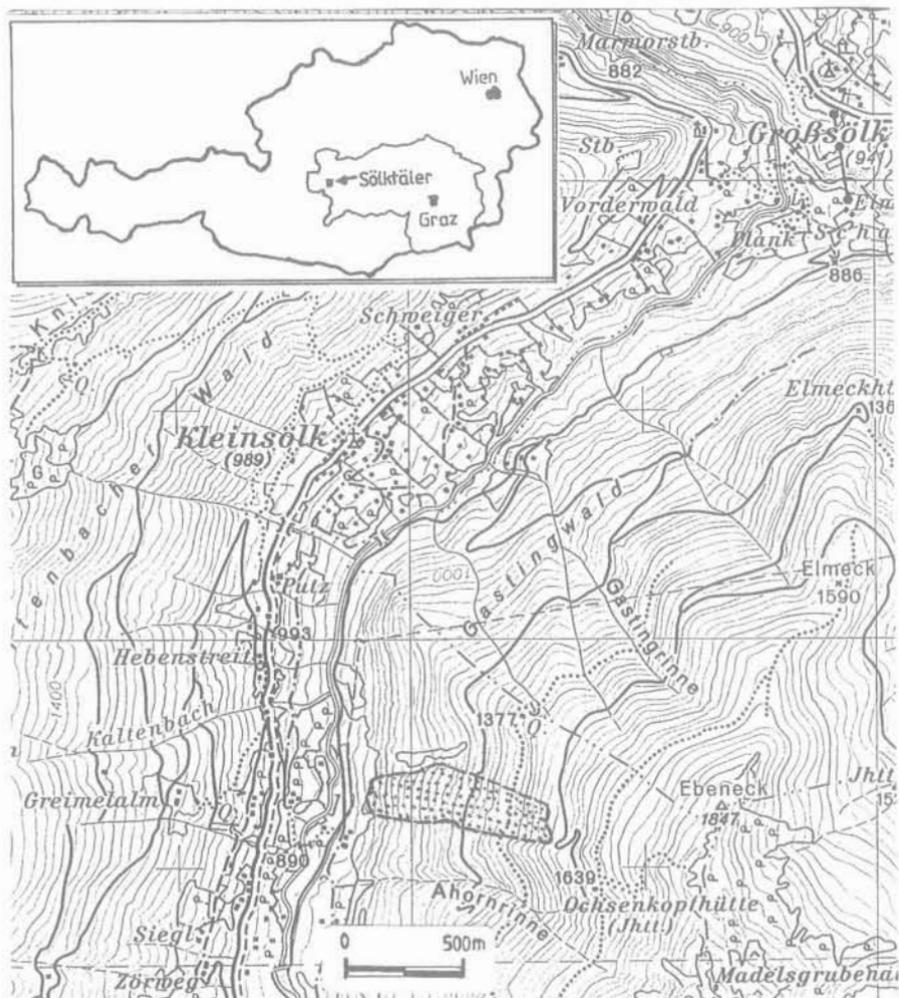


Abb. 1: Das punktierte Areal (Bildmitte) markiert die Rutschung "Kleinsölk". Ausschnitt aus der topographische Karte Österreichs, Blatt ÖK 128, Gröbmging. Insert: Lage der Sölktrailer innerhalb der Obersteiermark.



Abb. 2: Blick auf den instabilen Westhang im vorderen Kleinsölktal unterhalb des Ebeneck, von der gegenüberliegenden Talflanke (Greimelalm) aus betrachtet, Aufnahme Sommer 1995. Die langgestreckte Rutschung Kleinsölk (Bildmitte) begrenzen lateral und im oberen Abrißbereich aktive Erosionsherde (helle Areale). An der Rutschungsstirn markieren vegetationslose Bereiche den Abriß der Sekundärrutschung.

Die Großmassenbewegung liegt im Glimmerschiefer-Komplex des mittelostalpinen Kristallins der Niederen Tauern (BECKER, 1981). Aufschlüsse seitlich und oberhalb der Rutschung zeigen quarzitische Glimmerschiefer mit wechselndem Granatanteil. Geringmächtige Züge von Hornblendschiefer bis Grobkornamphibolite können eingeschaltet sein. Die dominanten Schieferungsflächen streichen E-W bis NW-SE bei mittelsteilem N- bis NE Einfallen. Eine steil nach N einfallende Achsenflächenschieferung überprägt die ältere Hauptfoliation und steht mit Kleinfalten flach E - W orientierter Faltenachsen in Verbindung.

Die Hauptklufscharen streichen E-W mit steilem N- bis saigerem Einfallen (K1), weiters NE-SW ebenfalls mit steilem Einfallen nach SE oder NW (K2). Die oben genannten Schieferungsflächenscharen fungieren mechanisch auch als Haupttrennflächen (K3).

2. Genese der Rutschung

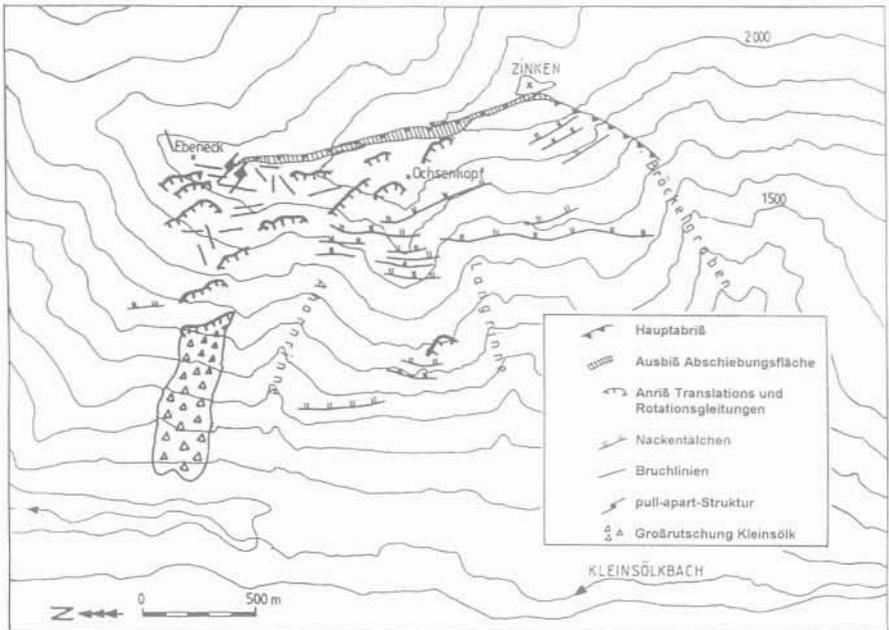


Abb. 3: Vereinfachte morphostrukturelle Karte der orographisch rechten Hangflanke des Kleinsölktales. Die rezent aktive Rutschmasse liegt im Randbereich einer übergeordneten Massenbewegung, der Sackung Zinken-Ebeneck. Nährgebiet der Rutschung ist ein tiefreichend entfestigtes Gebirge in der lateralen Zerrzone nördlich der Doppelgratstruktur der genannten Sackung.

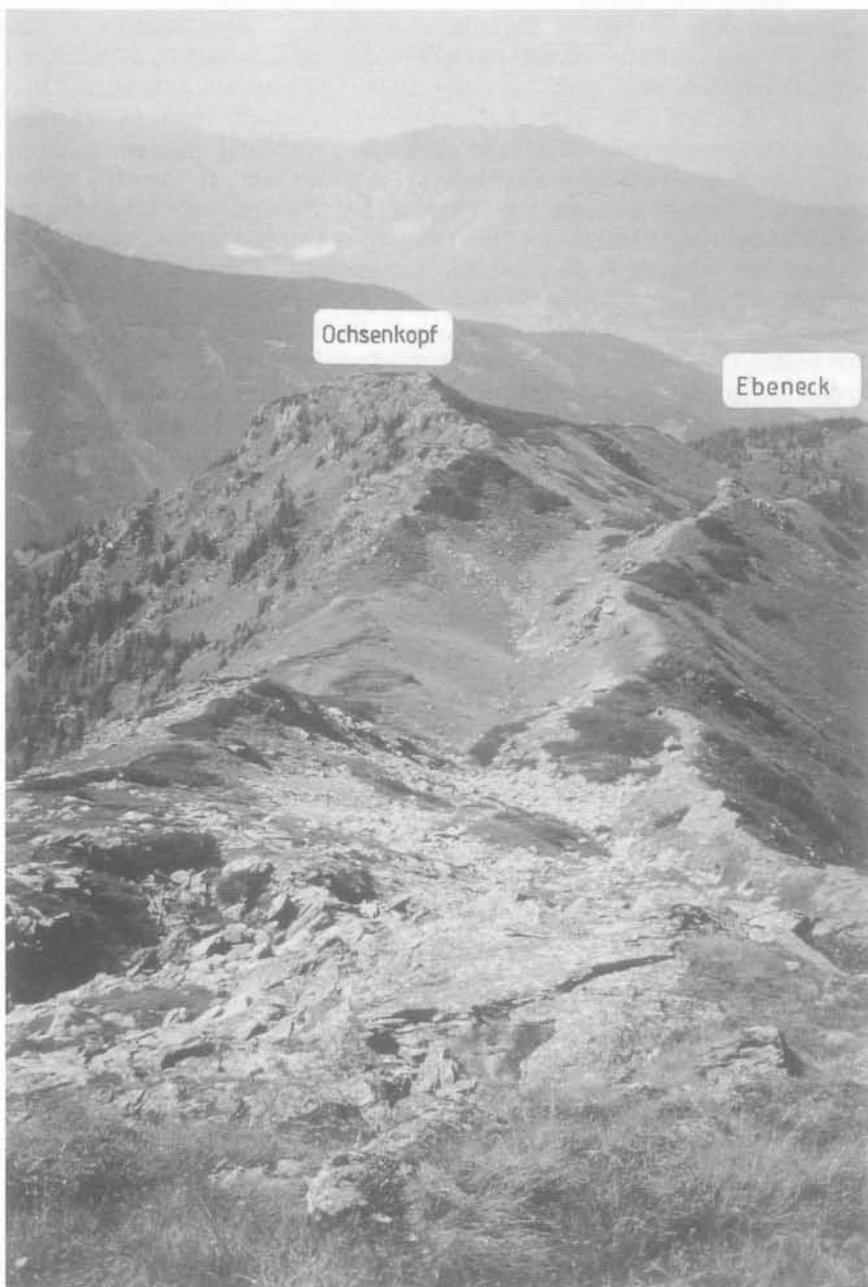


Abb. 4: Doppelgratbildung im Kammgebiet nördlich des Zinken, Blickrichtung Norden, im Hintergrund das Ennstal bei Gröbming und die Kammspitze der Nördlichen Kalkalpen. Der "Ochsenkopf" ist entlang der Kammtalung um etwa 40 m gegen Westen (links) abgeschoben.

Die primäre Ursache dieser Großmassenbewegung, eine typische Translationsrutschung, dürfte in der sich nachpleistozän entwickelnden, tiefreichenden Hangdeformation, einer großflächigen Sackung zwischen Zinken (2-120 m) und dem Ebeneck (Abb.3) zu suchen sein (HERMANN, 1996, 1997). Dabei hat sich der ursprüngliche Grat um rund 45 m Richtung Westen abgesetzt, sodaß heute ein markanter Doppelgrat vorliegt (Abb. 4). Durch Eisschmelze übersteilte Talflanken und der Wegfall der Eismassen als Widerlager destabilisierten die Felsflanken bis in den Kambereich. Kriechende Bewegungen entlang breiterer Abschiebungszonen setzten ein und verursachten neben dem Materialdefizit in höheren Hangbereichen konvexe Flankenschnitte oberhalb des heutigen Talniveaus. Diese Sackungsmasse ist heute zwar stabil, doch kam es in den übersteilten Flanken und speziell in der nördlichen Randzone der Sackung, dort wo das Trennflächengefüge stabilisiert ist, zur Ausbildung eines selbständigen Bewegungskörpers (Hermann, 1997). Dessen Form ist bereits auf älteren Karten und Luftbildern erkennbar, die Bewegungsgeschwindigkeiten dürften aber sehr gering gewesen sein.

Erst im Jahre 1976 veränderte ein starker, breitflächiger Windbruch das weitere Verhalten des Rutschkörpers. Die starken Vibrationen zur Zeit des Windbruches (einem leichten Erdbeben gleichzusetzen), die momentane Auflockerung des Schuttkörpers und die Zerstörung des geschlossenen Waldbodens hatten zur Folge, daß die nachfolgenden großen Niederschlagsmengen der Jahre 1978 und 1979 konzentriert in den Bodenschichten einsickern konnten und dabei eine Reaktivierung des labilen Bereichs auslösten. Ein Oberflächenabfluß im Bereiche der Rutschmasse war ebenso wenig gegeben wie eine Wasseraufnahme durch Wurzeln oder Verdunstung durch Vegetation und Boden. Die eindringenden Meteorwässer wie auch die intensive Schneeschmelze im Frühjahr 1979 sättigten die Rutschmasse und reduzierten die Scherparameter (Kohäsion und innere Reibung) in der basalen Bewegungszone, der Gleitfläche, und bauten zusätzlich einen Strömungsdruck auf. Dies führte zu Abschiebungen des auf der Höhe der Schichtlinie 1.250 m liegenden Forstweges ("mittlerer Weg") um drei Meter innerhalb weniger Wochen (mündl. Mitteilung von Oberförster Karl Peitler der Forstverwaltung Großsölk).

3. Geotechnische Maßnahmen, Bewegungsüberwachung

Nach mehreren Begehungen in den Jahren 1979/80 wurde gemeinsam mit der STEWEAG, die eine Gefährdung ihres knapp unterhalb der Rutschmasse liegenden Hangkanals sah, ein umfangreiches geodätisches Meßprogramm aufgestellt. Insgesamt wurden im September 1980 neun Meßstellen markiert, die jeweils vom Gegenhang kontrolliert werden. Zu Beginn wurden bis zu

viermal pro Jahr Messungen, ab 1991 eine Kontrollmessung, jeweils nach der Schneeschmelze, durchgeführt. Bis zum Jahr 1996 liegen so insgesamt 30 Messungen vor. Die Geologische Karte (Abb.5) zeigt auch die Lage der einzelnen Meßpunkte.

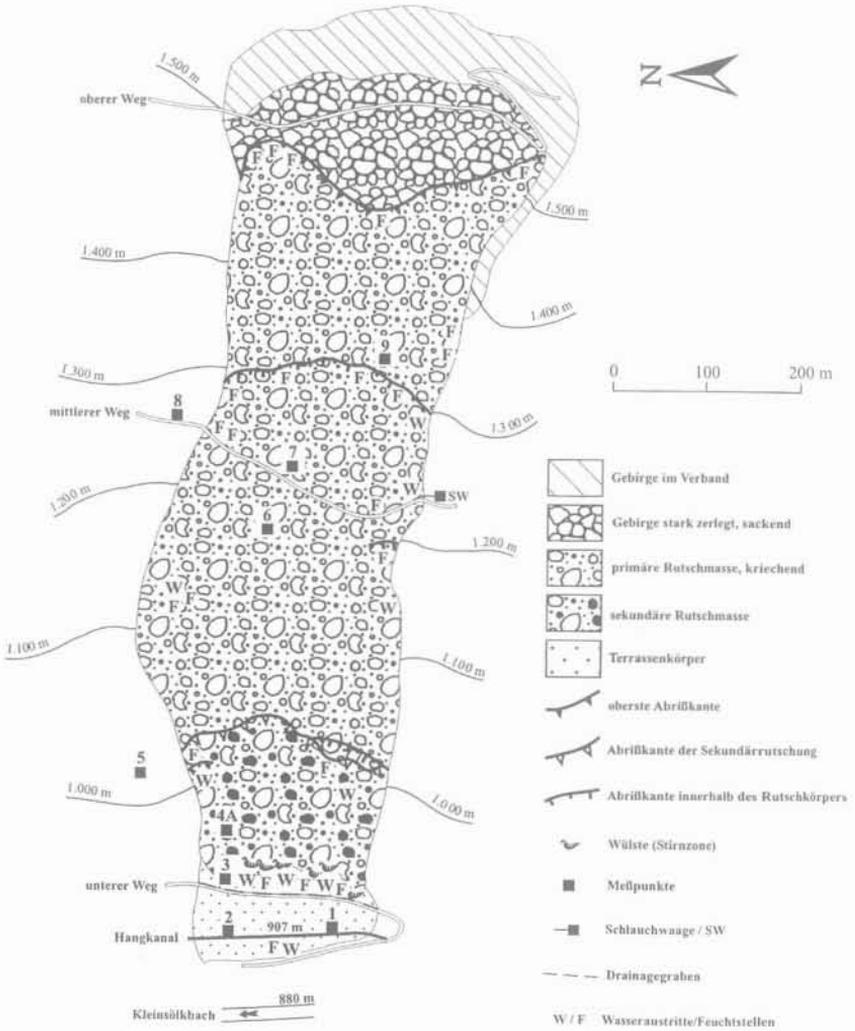


Abb. 5: Geologische Karte der Rutschung Kleinsölk, leicht verändert nach KOLLE, 1997.

Die Punkte 1 und 2 sind am Hangkanal unterhalb der Rutschung fixiert, die Punkte 3, 5 und 8 liegen seitlich und die Punkte 4, 4a, 6, 7 und 9 innerhalb des Rutschkörpers. Jene außerhalb der Rutschung liegenden Punkte zeigen

nur sehr geringfügige Positionsveränderungen (Abb. 6). Diese sind vornehmlich auf Bewegungen des Fixpunktes A im "stabilen" Gegenhang zurückzuführen und zeigen im Durchschnitt 1 - 2 cm Verschiebungsbetrag pro Jahr an. Der Punkt 4 (Messung 1989 eingestellt) bzw. sein Ersatzpunkt 4a liegen im übersteilten Stirnbereich der Rutschung. Deren recht hohe Versatzbeträge geben Bewegungen von Sekundärverschiebungen der Stirnzone wieder. Das Bewegungsverhalten im Mittelabschnitt der Rutschung ist an den Meßpunkten 6, 7 und 9 abzulesen. Demnach hat sich die Schuttmasse von 1979 bis 1997 bis zu 11 m talwärts bewegt, wobei die maximalen Versatzbeträge am Südrand der Rutschung zu beobachten sind. Diesen Trend, der eine leichte rechtssinnige Internrotation zur Folge hat, verdeutlichen die Setzungsmessungen an der 1992 installierten "Schlauchwaage" (elektronische Druckmessung) am mittleren Weg. Während die Absetzung des Weges in der südlichen Scherzone des Rutschungsrandes seit 1992 über 3,40 m betragen hat (Abb.7, Abb.8, Abb.9), zeigt die geodätische Vertikalmessung des Punktes 6, am Nordrand der Rutschung gelegen, eine Absetzung von nur 1,90 m.

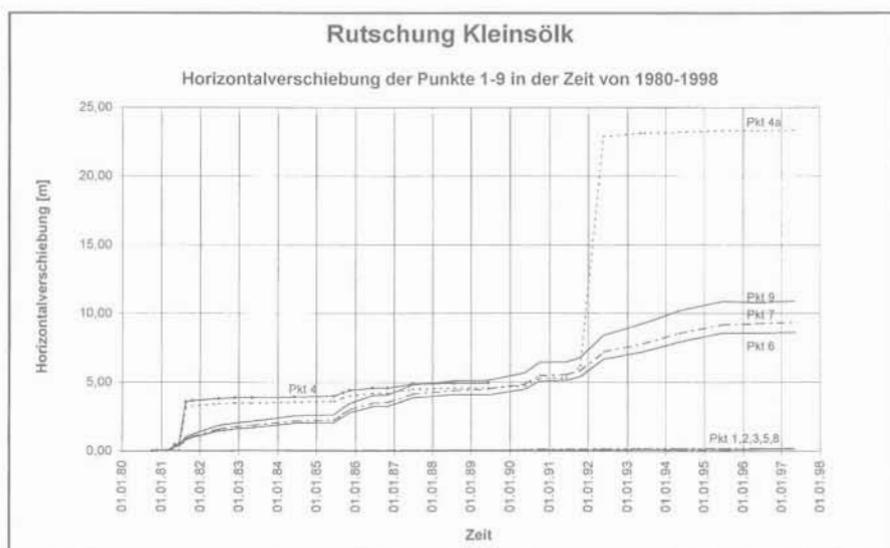


Abb. 6: Horizontalverschiebung der geodätischen Meßpunkte von 1980 bis 1998. Deutliche Bewegungsschübe sind 1985 und 1992 gegeben. Die Punkte 4 und 4a liegen am Fuß der Rutschung, innerhalb der Sekundärverschiebung und belegen die höchsten Versatzbeträge (1992 etwa 23 m). Die Punkte 6, 7 und 9 dokumentieren das Verformungsverhalten im Mittelabschnitt und sind repräsentativ für das Gesamtbewegungsverhalten. Die Punkte 1, 2, 3, 5 und 8 liegen außerhalb der Rutschmasse.

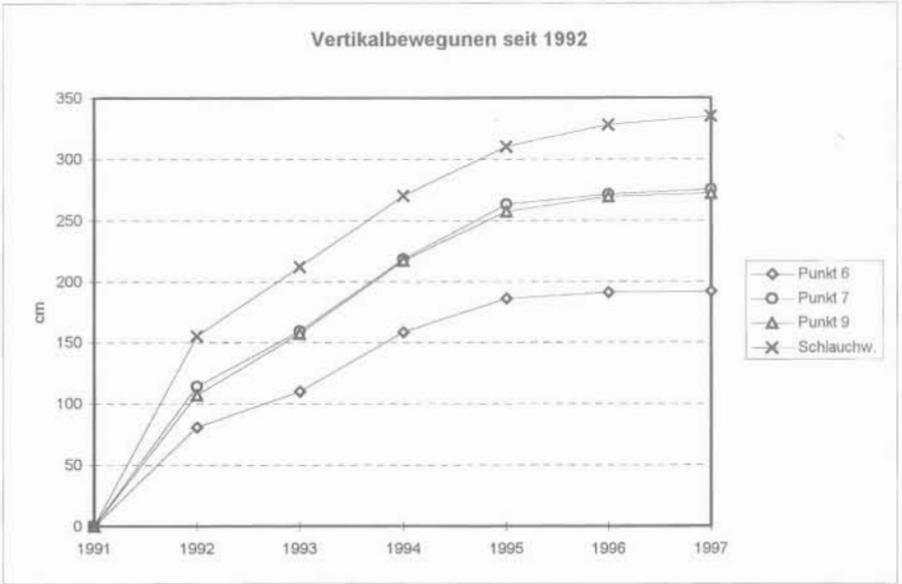


Abb. 7: Vertikalbewegungen der geodätischen Meßpunkte 6, 7 und 9 sowie der am mittleren Weg installierten Schlauchwaage seit 1992. Die unterschiedliche Versatzbeträge entlang der Meßlinie der Punkte 6, 7, 9 zeigen rechtssinnige Interrotation der Rutschung an.



Abb. 8: Versetzung des "mittleren Weges" entlang der südlichen Scherzone um ca. 12 m, Aufnahme 1992. Im Hintergrund die Ortschaft Kleinsölk, auf der Verebnung einer Terrasse gelegen.



Abb. 9: Klaffende, gestaffelt angeordnete Zerrspalten am Südrand der Rutschung, im Bereich des mittleren Weges, zeigen die hohe Aktivität im Jahre 1992, sowie Scherdeformation am Rand der Rutschung an.

Die Schlauchwaage zeigt aber als permanent messendes System auch das tatsächliche Verformungsverhalten der Rutschmasse. Abb.10 zeigt den Zusammenhang von Setzungsrate und Niederschlag im Zeitraum April-Mai des Jahres 1992 auf, worin die Setzungen von 12. April bis zum 27. April nur geringfügig zunehmen. Mit dem Anstieg der Temperaturen Ende April

erhöhen sich die Bewegungen aufgrund einsetzender Schneeschmelze und gleichzeitiger Niederschläge (am 29. April etwa 40 mm, zum Teil als Schneeregen) zusehends. Obwohl dann im Mai nur noch einzelne, geringfügige Niederschläge zu verzeichnen waren, bewegte sich die jetzt wasserangereicherte Masse bis zu 1,60 m im Monat Mai. Dies bedeutet eine mittlere Geschwindigkeit von beachtlichen 5 cm/Tag. Der maximale Versatz in dieser Bewegungsphase betrug 8,7 cm/Tag.

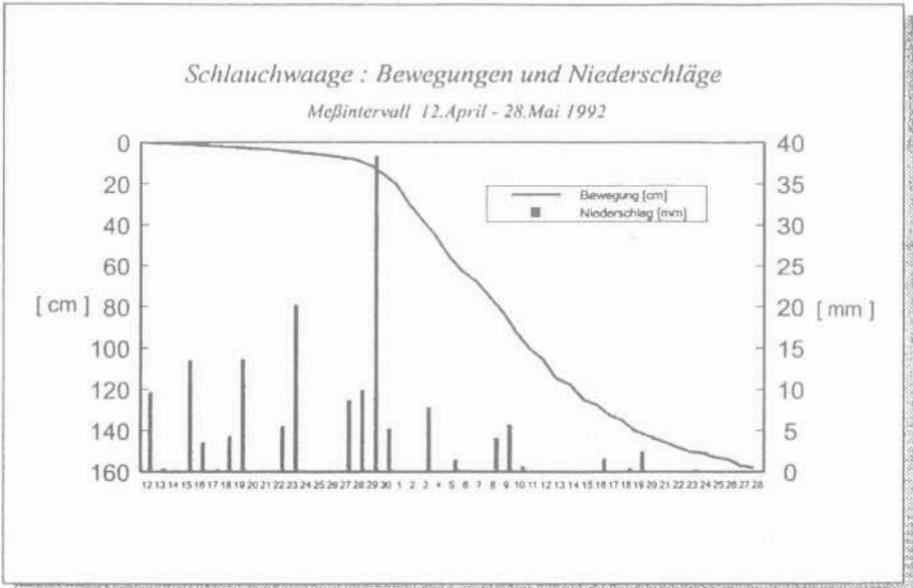


Abb. 10: Detailausschnitt der Vertikalbewegungen der Schlauchwaage im Zeitraum April/Mai 1992 mit einem Gesamtversatz von über 150 cm, den Niederschlägen gegenübergestellt. Die Bewegungen setzen Mitte April ein (Schneeschmelze) und beschleunigen Ende April, nach vier Regentagen (aus KOLLE, 1997).

Anfang des Jahres 1991 wurden am mittleren Weg drei Kernbohrungen (P1, P2, P3) und zwei Hammerschlagsondierungen (P4, P5) niedergebracht. Die Kernbohrungen reichen bis mehrere Meter in den anstehenden Fels, einen stark verfalteten, quarzitischen Granatglimmerschiefer mit Amphibolit-einschlüssen. Im Überlagerungsbereich, der überwiegend aus schluffigsteinigem bis blockigem Hangschutt besteht, konnten mehrere Strecken von tonigen Schluffen bis Schluffton mit scherbigen Komponenten unterschiedlicher Konsistenz, ausgeschieden werden.

Die Bohrungen P1, P2 und P3 wurden mit Inklinometerstrecken bestückt. In der Bohrung P1 liegt die Oberkante des Gleithorizontes in einer Teufe von 11 m, in der Bohrung P2 und P3 bei 17 m bzw. 17,5 m (Abb.11). Der Gleithorizont liegt demnach innerhalb der Hangschuttmasse und nicht im

Übergangsbereich von Hangschutt zum anstehenden Fels. Liegend des Gleithorizontes wurde trockener, meist steiniger Schutt bis Blockwerk, welches als älteres Bergsturzmaterial gedeutet werden kann, erbohrt.

Wie das Profil entlang des mittleren Weges zeigt, ist die Querschnittsform des Rutschkörpers asymmetrisch (Abb. 11). Die südliche Flanke dürfte durch die, am oberen Weg ausbeißende Mylonitzone, die unter 40° gegen NNE einfällt, markiert sein. Diese Annahme konnte auch durch refraktionsseismische Untersuchungen (MAURITSCH, 1991; ARNDT et al., 1997) bestätigt werden.

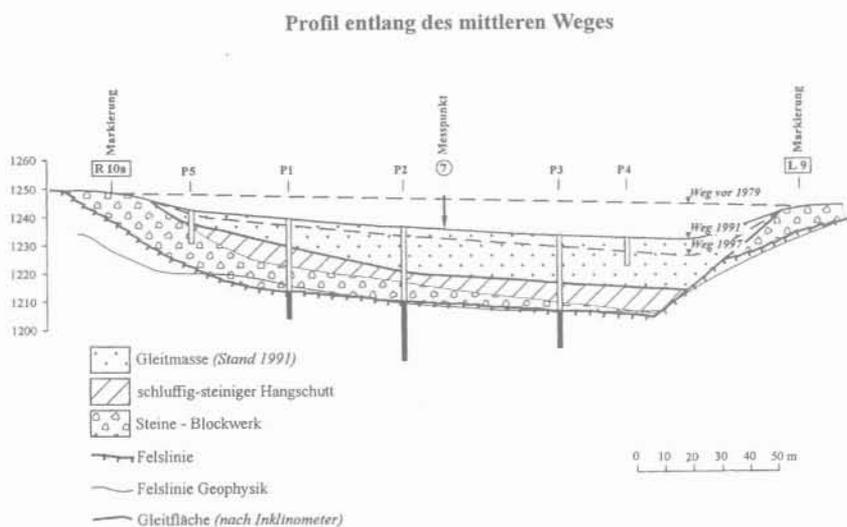


Abb. 11: Profilschnitt quer zur Rutschung entlang des mittleren Weges. Deutlich ist die Asymmetrie des Rutschkörpers in rinnenförmigem Untergrund erkennbar.

Die Bohrungen P1 bis P5 wurden zusätzlich als Pegel (Piezometer) ausgebaut. Ein zusammenhängender Hangwasserspiegel konnte jedoch nicht beobachtet werden. Im Zeitraum von Juni bis November 1991 waren die Bohrungen meist trocken, lediglich an den Bohrlochenden dürften sich geringe Mengen Sickerwasser angesammelt haben. Im Zeitraum von Mai bis Juni 1992 waren zwar höhere Wasserstände meßbar, doch waren zu diesem Zeitpunkt die Pegelrohre wie auch die Inklinometer bereits abgeschert, sodaß "es sehr wahrscheinlich ist, daß dabei, infolge Scherverschiebung, eine Abdichtung eintrat und daher das von oben, vermutlich durch die Muffen der Pegelrohre einsickernde Wasser nicht nach unten abfließen konnte" (SCHÖBER, 1992).

Im Herbst 1992 wurde am Fuß der Rutschung, oberhalb des unteren Weges, ein bis 2 m tiefer Drainagegraben ausgebildet (siehe Abb. 5). Damit sollte einerseits ein Einsickern der aus dem Rutschkörper austretenden Wässer in den liegenden, noch stabilen Terrassenkörper verhindert werden, andererseits bot sich damit aber auch die Möglichkeit einer weiteren Aufklärung der Bewegungsursachen, indem man nun z.B. das Verhältnis der Bewegungstendenz zur Wassermenge oder Strömungsdruckwirkungen im Fußbereich untersuchen konnte. An einem Kontrollschacht am Ende der Drainagestrecke werden seit Jänner 1993 Wasserabflußmessungen durchgeführt und ausgewertet (ARGE Geotechnik-Messtechnik, Prodingler & Pötscher, Graz). Diese zeigten, daß während der Wintermonate die Schüttungen bei nur 0,05 bis 0,4 l/sec liegen. Im Frühjahr steigen die Schüttungen bedingt durch Schneeschmelze und zum Teil auch durch höhere Niederschläge bis über 2 l/sec an. Die bislang höchste Schüttung wurde am 29. Juni 1994 gemessen und korreliert mit 60 mm Niederschlag schwerer Unwetter, die im nahe gelegenen Großsölk und Feistergraben schwere Sachschäden verursachten (HERMANN & BECKER, 1998). In den Sommer- und Herbstmonaten betragen die Schüttungen durchschnittlich 0,1 bis 1,2 l/sec und zeigen eine direkte Abhängigkeit von Niederschlagsereignissen.

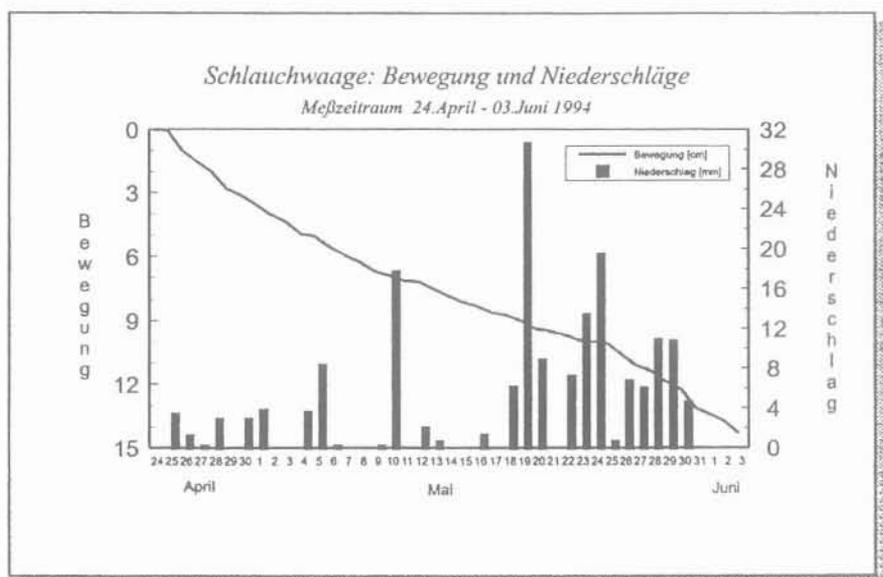


Abb. 12: Die Vertikalbewegungen der Schlauchwaage geben im Beobachtungszeitraum April/Juni 1994 keinen deutlichen Zusammenhang mit Niederschlägen wieder (aus KOLLE, 1997).

Bisher konnte jedoch kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Bewegungsrate der Rutschung und abfließender Bergwassermenge erkannt werden, auch weil seit Beginn der Abflußmessungen größere Verformungen nicht auftraten. Zudem waren mehrere Defekte an der Schlauchwaage eingetreten.

Jedoch korrelieren die Sommerniederschläge mit den gemessenen Abflußmengen des Drainagesystems positiv. So haben etwa im Monat Juni 1993 die regenfreien Tage einen Abfluß von 0,1 - 0,15 l/sec gezeigt. An Regentagen erwirkten 10 mm Tagesniederschlag bis 0,4 l/sec Abfluß, 15-20 mm Tagesniederschlag etwa 0,5 bis 0,8 l/sec Abfluß und 20-36 mm Tagesniederschlag 1,0 - 1,2 l/sec Abfluß. Im Juli 1993 lag der Basisabfluß an regenfreien Tagen bei 0,25 bis 0,4 l/sec, bei Regen mit 15-20 mm Tagesniederschlag stiegen sie auf 0,5 - 1,0 l/sec und bei 25-30 mm Tagesniederschlag auf 1,2 - 1,5 l/sec Abfluß an. Die Setzungen waren in diesem Zeitraum allerdings sehr gering. Die Schlauchwaage zeigte im Juni und Juli 1993 Vertikalbewegungen von insgesamt nur 4 cm an. Das entspricht einer Bewegungsrate von durchschnittlich 0,7 mm/Tag.

Anfang Mai 1994 lag der Basisabfluß unter dem Einfluß der Schneeschmelze bei 0,4 l/sec und fiel dann bis Monatsmitte auf 0,25 l/sec zurück. Bedingt durch die Anhäufung von Niederschlägen vom 18. bis 30. Mai (Abb. 12) stieg der Abfluß auf 0,4 l/sec an. Die Regentage mit 10 mm bis 20 mm Tagesniederschlagssummen bedingten ein sofortiges Ansteigen der Abflußwerte auf 1,0 und 1,5 l/sec. Im selben Zeitraum schwankten auch die Setzungsgeschwindigkeiten und könnten einen Zusammenhang zwischen Niederschlägen bzw. Basisabfluß und Bewegungsraten anzeigen. Die Bewegungen betragen nämlich zu Beginn wie auch am Ende des Monats unter erhöhtem Basisabfluß (0,4 l/sec) 4,3 mm täglich. In der Monatsmitte betragen die Bewegungen, bei niedrigem Basisabfluß (0,25 l/sec), durchschnittlich 2,6 mm/Tag.

4. Ausblick

Das zukünftige Bewegungsverhalten des Rutschkörpers kann nur grob abgeschätzt werden. Es wird vor allem davon abhängen, in welchem Verhältnis die klimatischen Einflußfaktoren zusammenwirken werden. Durch die globalen Klimaveränderungen können extrem ungünstige Witterungsbedingungen nicht ausgeschlossen werden. Die Spitzenwerte der täglichen Niederschlagssummen lagen in den letzten 15 Jahren im Kleinen Sölketal bei 30 bis 60 mm. Zum guten Glück waren es stets große Sommerregen, die sich nicht mit Schneeschmelzphasen überlagerten.

Im alpinen Katastrophenjahr 1987 blieb das kleine SölktaI von extremen Niederschlägen verschont. Wir erinnern uns aber an die Hochwasserereignisse von Juli und August in den Bundesländern Tirol, Salzburg und Oberösterreich sowie der westlichen Steiermark im Raum Koralm und Deutschlandsberg (AULITZKY, 1988; KRAVOGEL, 1988). Damals verursachten über 100 mm Tagesniederschlagssummen im Zusammenspiel mit der spät einsetzenden Schneeschmelze Überschwemmungen, Muren, Rutschungen und Bergstürze. In den Schweizer Alpen haben mehrere Tage anhaltende Unwetter, mit Tagesniederschlagssummen bis zu 150 mm, Schäden in einem noch nie dagewesenen Ausmaß hinterlassen (GÖTZ et al., 1988). Dem großen Bergsturz am Monte Zandila im Veltlinal Oberitaliens gingen 800 mm Niederschlag in einer Woche, unter extrem erhöhter Gletscher- und Schneeschmelze, voraus (BECKER & LITSCHER, 1988; GOVI, 1988).

Das gleichzeitige Zusammenwirken solcher Extremereignisse würde bei der Rutschung im Kleinen SölktaI bedenkliche Folgen haben. Nicht auszuschließen wäre dann ein rasches Abgleiten der gesamten Rutschmasse bis in den Talbereich mit einer Aufbrandung der Schuttmassen auf den Gegenhang. Eine dammähnliche Sperre würde entstehen, welche die Wassermengen aus dem rund 120 km² großen Einzugsgebiet des Kleinsölktales aufstauen könnte. Bei anschließender Erosion des Dammes könnte sich eine Flutwelle entwickeln, die für die talabwärts gelegene Ortschaft Stein a.d. Enns eine nicht zu unterschätzende Gefährdung bedeuten könnte.

Das hier beschriebene Ereignis gibt den hoffentlich nicht eintretenden Extremfall ("worst case-Szenario") dieser möglichen Naturkatastrophe wieder und diente als Grundlage für den, vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung, der Abteilung für Katastrophenschutz und Landesverteidigung ausgearbeiteten Katastrophenschutzplan.

Im Kapitel 3 wurden die bisher ausgeführten Meß- und Kontrollsysteme beschrieben. Wünschenswert wäre, vor allem um ein gut funktionierendes Frühwarnsystem errichten zu können, die Installierung eines informatikunterstützten, automatischen und permanenten Messsystems. Mehrere Parameter, wie Tagesniederschläge und Tagestemperaturen in verschiedenen Höhenlagen, Vertikalbewegungen der Schlauchwaage, Verformungen mittels Extensometer, Gleitmikrometer, Auto-Servotheodolit (Robotertheodolit) sowie die Abflußmengen am Ende des Drainagegrabens sollten berücksichtigt sein.

Literatur

ARNDT, R., RÖMER, A. & SEIBERL, W. (1997): Geophysikalische Untersuchungen auf Hangbewegungen, Fallbeispiele aus Österreich. - Mitt. IAG-Boku, Reihe Angew.Geowiss, Heft 8, 23-49, Wien.

- AULITZKY, H. (1988): Sommerhochwässer 1987 in Tirol - Naturkatastrophen oder fehlende Vorbeugung. - Österr. Wasserwirtschaft, 40, Heft 5/6, 118-122, Wien.
- BECKER, L. P. (1981): Zur Gliederung des obersteirischen Altkristallins (Muriden). Mit Bemerkungen zu den Erzvorkommen in den einzelnen Kristallinkomplexen. - Verh. Geol. B.-A., 1981 (2), 3-17, Wien.
- BECKER, L. P. & LITSCHER, H. (1988): Der Bergsturz vom Monte Zandila, Veltlintal. - Felsbau 6/2, 75-77, Essen.
- GÖTZ, A., PETRASCHECK, A. & ZELLER, J. (1988): Vorläufige Analyse der Elementarkatastrophen des Jahres 1987 in der Schweiz. - Österr. Wasserwirtschaft, 40, Heft 5/6, 141-149, Wien.
- GOVI, M. (1988): Hochwasser und Bergstürze im Veltlin im Juli 1987. - Österr. Wasserwirtschaft, 40, Heft 5/6, 149-152, Wien.
- HERMANN, S. (1996): Initiale Bergzerreiung als Gefahrenherd für Bergstürze, Nährgebiet für Muren und Großrutschungen. Beispiele aus dem Naturpark Sölkäler, Österreich. - Interpraevent 1996, Bd. 1, 409-418, Villach.
- HERMANN, S. (1997): Tiefreichende Hangdeformationen im Kristallin der Niederen Tauern. - Unveröff. Diss. Naturwiss. Fak. Univ. Graz, 191+36 S., 75 Abb., 4 Tab., 37 Taf., 6 Beilagen, Graz.
- HERMANN, S. & BECKER, L. P. (1998): Rutschungs- und Erosionserscheinungen im Naturpark Sölkäler, ausgelöst durch ein Niederschlagsereignis vom 29. Juni 1994. - Mitt. Naturw. Ver. Stmk., eingereicht.
- KOLLE, R. (1997): Geotechnische Analyse zur rezenten Großrutschung Kleinsölk (Stmk). Unveröff. Diplomarbeit Naturwiss. Fak. Univ. Graz., 81 S., Graz.
- KRAVOGEL, A. (1988): Vorläufige Analyse der Hochwasserereignisse des Jahres 1987. - Österr. Wasserwirtschaft, 40, Heft 5/6, 152-156, Wien.
- MAURITSCH, H. J. (1991): Geophysikalische Untersuchungen an der Hangrutschung "Klein Sölk". - Bericht am Inst. für Geophysik Leoben.
- SCHOBER, W (1992): Unveröff. Gutachten, Zwischenbericht 1992 im Auftrag der STEWEAG, Graz.

Anschrift der Verfasser:



Univ.-Prof. Dr. Leander P. BECKER Univ.-Ass. Dr. Siegfried HERMANN
 Institut für Geologie und Paläontologie, Karl-Franzens Universität Graz,
 Heinrichstr. 26, A-8010 Graz.