

Initiale Bergzerreißung als Gefahrenherd für Bergstürze, Nährgebiet für Muren und Großrutschungen. Beispiele aus dem Naturpark Sölk­täler, Österreich.

Initial stage of DGSD (deep-seated gravitational slope deformation) as a source of rockfall, landslides and debris flow - case studies from national park Sölk­täler, Austria.

von S. HERMANN

Zusammenfassung: Am Nordrand der Niederen Tauern (östliche Zentralalpen) formen gravitativ induzierte, tiefreichende Hangbewegungen in kristallinen Schief­ern Talzuschubs- und Bergzerreißungsstrukturen. Geometrie und Ausdehnung der Hangdeformationen lassen initiale-, entwickelte- und finale Entwicklungsstufen erkennen, die entwicklungs­spezifisch unterschiedliche Formen sekundärer Massenverlagerungen provozieren. In Initialstadien birgt vor allem eine stark aufgelockerte Transferzone zu unbeeinflusstem Gebirge ein Potential für Bergstürze und Großrutschungen, ist aber auch verstärkt Angriffspunkt flächiger wie linearer Erosion. Innerhalb der gravitativ kriechenden Masse initialer und entwickelter Stadien führt intensiver Massenabtrag zu kolluvialer und alluvialer Hangschuttakkumulation am Hangfuß und erhöht die Torrentialität der Vorflut. Klippen im Hinterland der Abrißkante sind fels- und bergsturzgefährdet. In Finalstadien fördern flachgründige Rutschungen innerhalb der Sackung und Erosion an der Talzuschubsstirn die Murentätigkeit.

Abstract: Deep-seated gravitational slope deformations affecting slopes modelled in crystalline schists are widespread in the Niedere Tauern mountain chain (central Eastern Alps). Both geometry of main scarp and enlargement of sagging give idea of three evolution phases: initial, evolved and final evolution-stage. Each of them favours individual secondary mass movements. Initial stages of evolution correspond with relaxed basement rocks in lateral extension of main discontinuities, where risk of rockfall, large landslides and higher erosion rate is evident. Alluvial fans and colluvial debris which is lifting torrentiality corresponding to both initial and more evolved evolution stages is deducible from increasing denutiation. The area behind rear scarp is susceptible to rockfall again. By contrast shallow slips and erosional gullies at the convex toe are affecting complete disturbed masses in the final stage of sagging.

1. Einleitung

Hohe Reliefenergie führt vor allem in Glimmerschiefern und Phylliten zu Kriechvorgängen. Werden hunderte Millionen Kubikmeter Fels gravitativ bewegt und dadurch ganze Berghänge deformiert, spricht man von Sackung im klassische Sinne (AMPFERER, 1939; STINI, 1941; ZISCHINSKY, 1966, 1969), "sagging of mountain slope" (HUTCHINSON, 1988) oder von "deep-seated gravitational slope deformations" - DGSD (MAHR, 1977; OYAGI et al., 1994). Obwohl tiefreichende Hangdeformationen direkt wie auch indirekt ein Gefahrenpotential für Infrastruktur und Bevölkerung darstellen (MOSER & GLUMAC, 1982; CLAR & WEISS, 1965), wird ihre Identifikation als solche nur bei Großbauvorhaben vorangetrieben. Zum einen können sich langsam kriechende, tiefreichende Hangbewegungen zu Großbrutschungen entwickeln (DRAMIS & SORRISO-VALVO, 1994), und zum anderen, und das birgt die weitaus größere Gefahr, sind einmal labilisierte und aufgelockerte Talflanken verstärkt Angriffspunkt sekundären Massenabtrages (KRONFELLNER-KRAUS, 1974; SCHEIDEGGER et al., 1984). Im Folgenden werden fünf Beispiele (Abb.1) unterschiedlicher Entwicklungsstufen vorgestellt und deren begleitende Massenbewegungen und die daraus resultierenden Gefahren diskutiert.

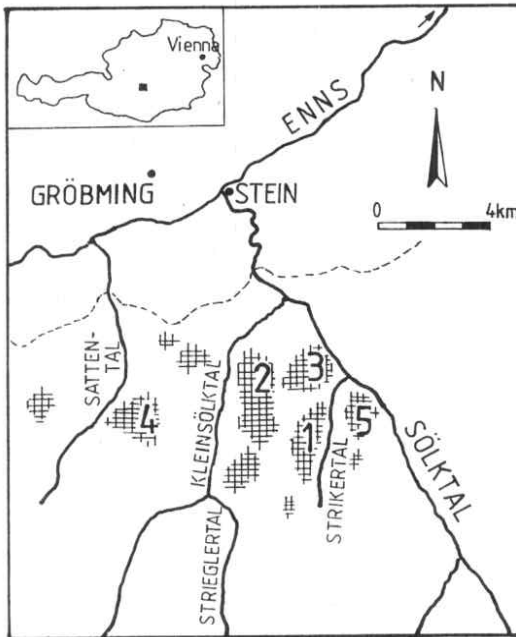


Abb.1, Fig.1: Verbreitung tiefreichender Hangdeformationen im Naturpark Sölk-täler. *Distribution of DGSD in nature park Sölk-täler.*

Kreuzschraffierte Areale werden von tiefreichenden Hangdeformationen erfasst. *Cross hatched fields represent instable slopes affected by deep-seated slope de-formations.*

- 1 Strickeralm
- 2 Kleinsölk
- 3 Großsölk
- 4 Sattental
- 5 Moditzen

Gestrichelte Linie markiert Grenzzone zwischen Wölzer Glimmerschiefer und Grauwackenzone. *Dotted line marks the border between micaschists of the muriden-complex and phyllitic schists of the Graywacke-zone.*

2. Geologie, Geomorphologie

Eine Antiklinalstruktur eines variszisch geprägten Grundgebirges baut den Hauptkamm der Niederen Tauern auf (METZ, 1962). Nach BECKER, 1981 bilden

magmatische Abkömmlinge wie Granite und Granitgneise die tiefste Einheit der Muriden (Mittelostalpinus Altkristallin). Die hangendste Sequenz ist karbonatbetont und leitet mit tektonischem Kontakt zur Nördlichen Grauwackenzone über (METZ, 1971). Dazwischen lagert der Wölzer Glimmerschiefer-Komplex, eine metasedimentäre Abfolge von Glimmerschiefern und Paragneisen mit Einschaltungen von Amphiboliten und Quarziten.

Als dominante Gefügeelemente fungieren eine engständige Schieferung und ein steilstehendes, straff NNE-SSW orientiertes Kluftsystem. Das Hauptkluftsystem scheint morphogenetisch relevant zu sein. Ihm folgt die Anlage der Haupttäler (Abb.1), wie vorderes und hinteres Kleinsölketal, Strickeretal, und Strieglertal. Alle Haupttäler zeigen Merkmale eiszeitlicher Formengebung, am Talboden der Trogtäler lagern fluvioglaziale Sedimente, entlang den Bergrücken sind Kare entwickelt.

3. Erscheinungsformen gravitativ induzierter Hangdeformationen

Drei Entwicklungsstufen tiefreichender Massenbewegungen in kristallinen Schiefen können unterschieden werden:

(1) Im Initialstadium ist deutlich eine Abrißkante mehr oder weniger durchgehend entwickelt, wobei aber ein vorgewölbter Fuß, also der Talzusub fehlt. Das Gebirge der bewegten Masse ist bereits stark aufgelockert und nach präexistenten Trennflächen entfestigt.

(2) Weiter entwickelte Hangdeformationen markieren ausgeprägte Doppelgratstrukturen mit Sprunghöhen von 50 m und mehr. Antithetisch abschiebende Verwerfungen innerhalb der Sackungsmasse fungieren als Entwässerungskanäle und leiten eine Segmentierung der Sackungsmasse ein. In Ansätzen ist der Talzusub erkennbar.

(3) Reife, finale Hangdeformationen zeigen das Bild der Sackung im klassischen Sinne und zeichnen eine typisch konkavkonvexe Morphometrie durch Massendefizit im Abrißbereich und Massenübersub im Fußbereich nach. "Chaotische" Gefügeverteilung der vom Untergrund vollkommen abgelösten und entfestigten Bewegungsmasse ist kennzeichnend.

Im bearbeiteten Areal stellen die Hangdeformationen Strickeralm und Moditzen Initialstadien, die Hangdeformation Kleinsölk ein entwickeltes Stadium und die Hangdeformation Großsölk ein Finalstadium dar. Innerhalb der Hangdeformation Sattental sind alle drei Entwicklungsstufen verwirklicht.

3.1. Hangdeformation Strickeralm/Moditzen - Initialstadium

Eine vereinfachte geotechnische Karte des mittleren Strickertales (Abb.2) verdeutlicht den Einfluß instabiler Hänge auf Sedimentationsprozesse und Talentwicklung. Am Westhang fallen die Glimmerschiefer in den Berg ein. Auf etwa 1600 m Seehöhe sind Ansätze einer Trogschulter erhalten. Gering eingeschnittene Erosionsrinnen, die sich

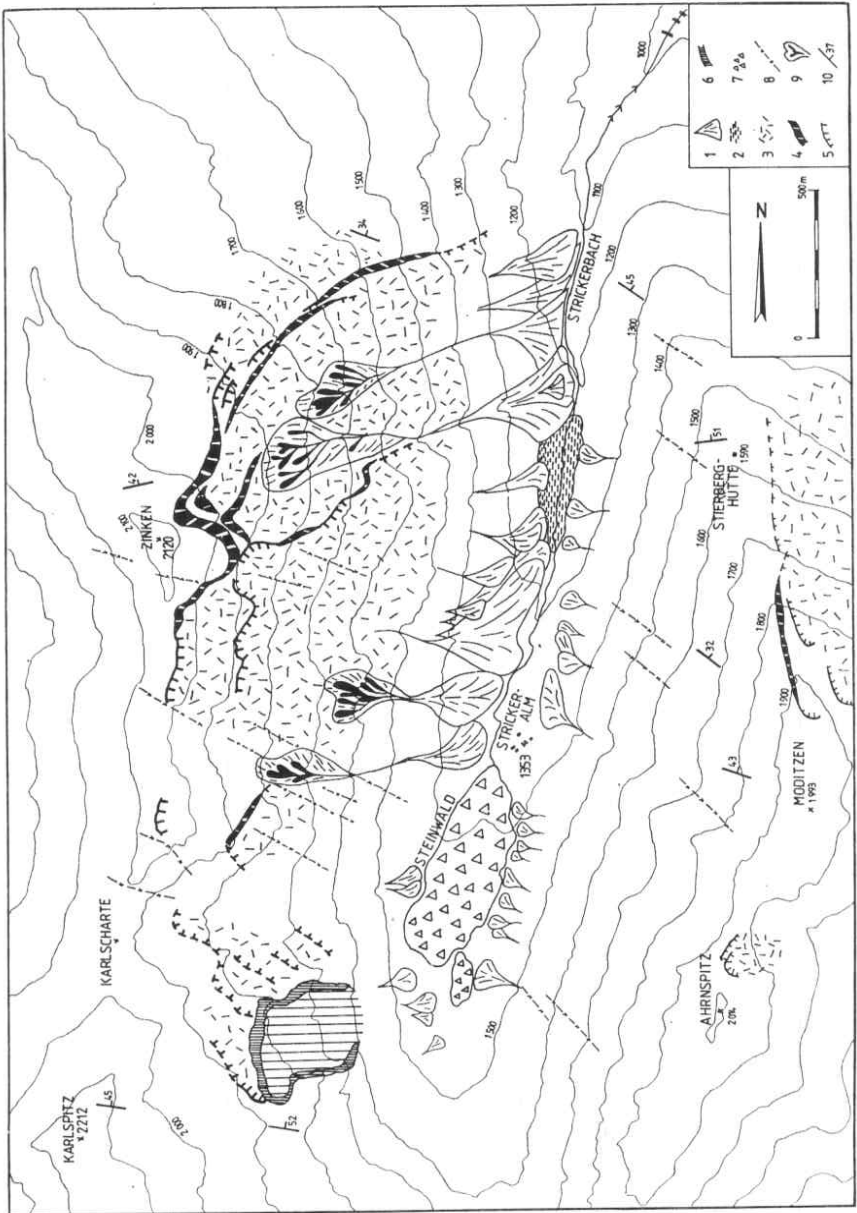


Abb.2, Fig.2: Geotechnisches Kärtchen des mittleren Strickertales (Lage siehe Abb.1) zeigt die Bildung großer Schuttfächer am Fuß instabiler Hänge. *Geotechnical scatch map of central Strickerbach-valley illustrating accumulation of debris like sediments at the toe of instable slopes, for location see Fig.1.*

1 Fächer, fan; 2 Seeton und Moorbildung, warves and moorland; 3 Entfestigtes Gebirge, relaxed basement rocks; 4 Hauptabriß, main scarp; 5 Ausstriche von Diskontinuitäten, yielding and dislocation surfaces; 6 Abbruchrische Bergsturz, break off of rockfall; 7 Bergsturzmasse, rockfall debris; 8 Störung oder Kluffzone, set of joints and fault; 9 Plaike, plaike; 10 Einfallswinkel der Schieferungsflächen, dip angle of schistosity.

nach NW-SE verlaufenden Kluftzonen bzw. Störungen orientieren, erzeugen in Verzahnung mit kolluvialen Ablagerungen nur kleine Schuttkegel. Am Osthang fallen Gesteine bei spitzwinkeligem Geländeverschnitt hangauswärts. Das Relief ist unruhig, Verebnungen sind in mehreren Niveaus bis in den Kambereich des Zinken ausgebildet. Eine über die gesamte Westflanke verfolgbare Abrißkante mit Sprunghöhen bis 35 m markiert eine großflächige, tiefreichende Hangbewegung, an deren Hangfuß mächtige Schuttkegel den Talboden überschütten. Ein Kegel, der von einem Erosionstrichter und einer daran gekoppelten Plaike aus der zentralen Abrißzone genährt wird, reicht bis an den Gegenhang. An diesem Schuttkegel wurde der Strickerbach im Holozän zumindest zeitweise aufgestaut (Seetone, Vermooring). Im Nordabschnitt geht der Hauptabriß in eine Zerrzone über. Dort ist im aufgelockerten Gebirgsverband verstärkt lineare Tiefenerosion mit Ansätzen zu Plaikeln zu beobachten. Im Südabschnitt unterbrechen Kluftzonen den Hauptabriß. Unterhalb der Karlscharte fächert der Hauptabriß in mehrere Segmente auf. Genau in diesem Bereich liegt die Abbruchnische eines wahrscheinlich im 18. Jahrhundert abgegangenen Bergsturzes (geschätztes Volumen: $4,5 \times 10^6 \text{ m}^3$), dessen Sturzmaterial im Steinwald nahe der Strickeralm lagert.

Am Kamm der Moditzen markiert ein 300 m langer Graben den Abriß einer in das Große Sölketal gerichteten Hangdeformation. Richtung Hangfuß verbreitet sich diese auf 1100 m. Der gesamte Hang ist bei konstanter Hangneigung unruhig gewellt. Lateral zeichnet eine Erosionsfurche eine lineare Auflockerungszone nach, welche das Ablationsgebiet von Murengängen darstellt. Zuletzt wurde die Sölketal Bundesstraße im Juni 1994 vermurt.

3.2. Hangdeformation Kleinsölk - Entwickeltes Stadium

Über 350 Hektar werden von der Hangdeformation Kleinsölk erfaßt. Zwei mächtige Erosionstrichter innerhalb der Sackung entsorgen aufgelockertes Material. Die hinter dem Kamm ausstreichende Hauptabrißkante mit Sprunghöhen bis zu 55 m bildet auf über 1500 m Länge eine imposante kammparallele Doppelgratstruktur. Zweigabschiebungen im Kambereich wie auch antithetisch abschiebende Verwerfungen (Abb. 3) im Mittelteil segmentieren den Sackungskörper (HERMANN, 1996), die interne Auflockerung der Segmente bleibt aber gering. In lateraler Fortsetzung der Hauptabrißkante und seitlich der Sackung wird der Versatzbetrag in einer 300 m breiten Zerrzone kompensiert. Dort ist das Gebirge tiefgründig nach finiten Elementen des Schieferungs- und Hauptkluftgefüges grobblockig zerlegt und nährt eine aktive Großbrutschung. Von ihrer Abrißkante gehen Felssturz- und Steinschlagereignisse (Quader bis 10 m^3) aus. Innerhalb der Großbrutschung sind translatorische Kriechströme kleinere Murengänge

und Gleitkörper aktiv. Am übersteilten Fuß der Großrutschung setzt nach einer Sekundärrutschung flächenhafte Erosion an. Am Südrand der DGSD Kleinsölk treten feinplättrige phyllitische Glimmerschiefer auf. Die Zerrzone ist dort eng begrenzt und formt einen Erosionstrichter mit dem bezeichnenden Namen "Bröckelgraben", in dessen Mittelabschnitt ein Lawinen- und Murenwarnsystem installiert ist.

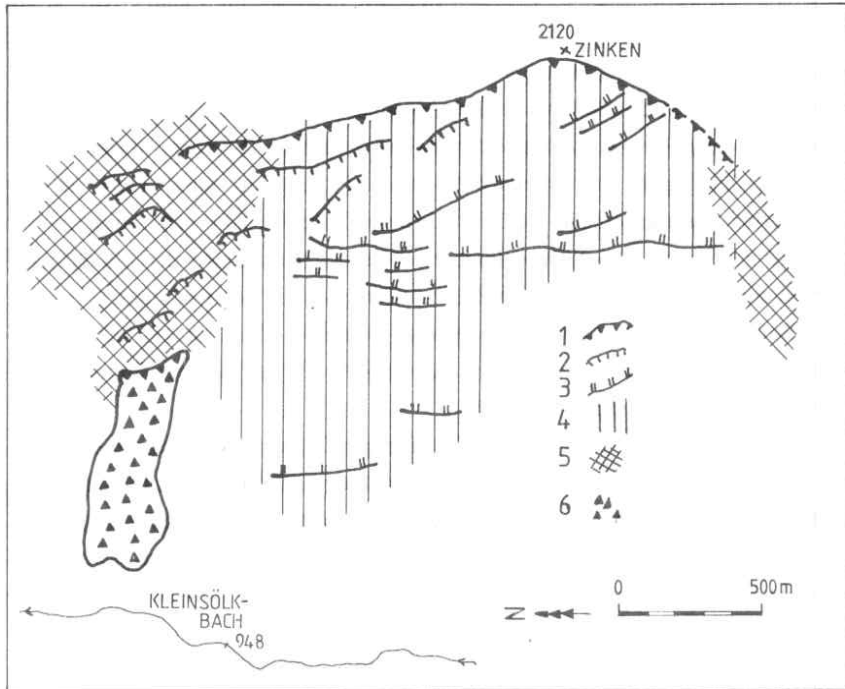


Abb.3, Fig.3: Vereinfachte Darstellung der Hangdeformation Kleinsölk, (Lage siehe Abb.1). Simplified map of DGSD Kleinsölk, for location see Fig.1.

1 Hauptabrißkante, *main scarp*; 2 Absetztrepfen und Gräben, *trenches*; 3 antithetische Verwerfungen, *uphill facing scarps*; 4 gravitativ deformierte Hangbereiche, *instable slope regions*; 5 stark aufgelockertes Gebirge, *intensely relaxed basement rocks*; 6 Großrutschung Kleinsölk, *Kleinsölk avalanche*.

3.3. Hangdeformation Großsölk - Finalstadium

Eine durch Massendefizit bedingte Hohlform markiert den Abrißbereich der Sackung Großsölk. Der Fuß ist etwa 300 m in das Großsölkthal vorgeschoben. Die durchschnittliche Neigung von 22° belegt gegenüber benachbarten stabilen Hängen mit 35° bis 40° Neigung deutliche Abflachung. Primäre Gefügeelemente zeigen chaotische Orientierungen in der stark durchfeuchteten, lockergesteinsähnlichen Bewegungsmasse. Quellbäche die dem Oberhang entspringen, infiltrieren im

Mittelabschnitt in Verebnungen. Oberhalb des ehemaligen Hauptabriebbereiches erfassen Zerrklüfte die übersteilte Kammregion und bedingen rückschreitende Gebirgsauflockerung. Innerhalb der Sackungsmasse sorgen Teilbewegungskörper für eine treppenförmige Hangtopographie. Am Hangfuß zeugen Rinnen und kleinere Fächer von intensiver Abtragung.

3.4. Hangdeformation Sattental (alle Stadien)

Mehrere Stadien nebeneinander beinhaltet die in das Sattental gerichtete Hangdeformation. Von Norden nach Süden steigt die gravitativ bedingte Turbation des bewegten Körpers. Der südliche Bereich zeigt in phyllitischen Glimmerschiefern das Bild eines tiefreichend kriechend-fließenden Hanges. Am Kamm sind mehrere Abrißstufen entwickelt. Innerhalb der Kriechmasse sind zahlreiche Verebnungstreppen und Nackentälchen ausgebildet. Der Hangfuß agiert talzuschubend und bedingt gemeinsam mit kolluvialer Vorschüttung eine Verengung des Sattentales. Den Mittelteil markiert eine fortgeschrittene Sackung, deren Abrißkante eine Felsklippe von 40 m bis 60 m hinterläßt. Rückwärtig der Klippe treten Klufgassen und Zerrklüfte auf, deren Verschnitt mit den Haupttrennflächen potentielle Gleitkeile (Volumen bis ca. 30.000 m³) erzeugen. Den Nordrand erfasst eine initiale Hangdeformation mit deutlich rotational angelegter Hauptbewegungsbahn. Deren laterales Ausstreichen markiert eine sichelförmig hangabwärts gebogene Steinschlag- und Lawinenrinne, an der im Sommer 1995 eine Verbauung errichtet wurde.

4. Diskussion und Gefahrenpotentiale

Die Tatsache, daß alle vorgeführten Beispiele gravitativer Hangbewegungen in Glimmerschiefern auftreten und sich deutlich in ihrer Ausdehnung, Geometrie, Form der Abrißkante und Hangneigung unterscheiden, macht eine rein lithologische Kontrolle unwahrscheinlich. Die Unterschiede werden somit auf genetische Entwicklungsstufen zurückgeführt.

An den Beispielen Strickeralm und Moditzten ist belegt, daß die Deformation von hangauswärts fallender Foliation unterstützt wird. Hingegen verlaufen die Bewegungen der Hangdeformationen Kleinsölk und Sattental senkrecht zur Schieferung und folgen dem NNE-SSW streichenden Hauptklufsystem. Die Hangdeformation Sattental zeigt, daß das engständige Schieferungsgefüge quasi als Katalysator agiert. Unterhalb einer durchgehenden Abrißkante (gleichaltrige Bewegungen) ist in phyllitähnlichen Schiefnern eine Hangdeformation des Finalstadiums einer initialen Hangdeformation in massig quarzitischen Glimmerschiefern gegenübergestellt. Das zeigt, daß geologische Parameter wie Lagerung, Klufgefüge,

und Schieferungsdichte neben der lithologisch- petrographischen Determination von Bedeutung sind, da sie eine gravitativ induzierte Hangbewegung steuern können. Das primäre geologische Risiko durch eine katastrophale Beschleunigung gravitativ deformierter Hanganteile scheint sehr gering. Aus der Literatur ist bis dato kein derartiger Fall bekannt. Die angeführten Beispiele zeigen aber, daß gerade initiale Stadien verstärkt Angriffspunkte exogener Dynamik darstellen. Innerhalb wie auch in einem "mobilen Gürtel" außerhalb der eigentlichen Hangbewegung treten verstärkt sekundäre Massenumlagerungen auf.

Gefahren ausgehend von der Abrißkante:

Die Hangdeformationen Kleinsölk und Sattental kennzeichnen besonders hohe und schroffe, nahezu senkrechte Hauptabrißkanten. Aus diesen Steilstufen im obersten Dehnungsbereich kippen große Kluftkörper. Weiters erzeugen Verschnitte von flachen, E-W streichenden Klüften mit Zerrklüften rückwärtig der Klippe potentiell felssturzgefährdete Gleitkeile.

Gefahrenpotentiale an Randzonen und Transferzonen:

An allen beobachteten Großhangbewegungen stellen vordergründig die Übergangsbereiche von gravitativ bewegtem zu unbewegtem Gebirge Gefahrenbereiche dar, wobei auch hier geologische Parameter die Form der Denudation bestimmen.

Am Beispiel der DGSD Kleinsölk tritt das Moment der Schieferungsdichte deutlich hervor. Eine breit entwickelte nördliche Zerrzone. in massigen bis weitständig geklüfteten Glimmerschiefern steht einer schmalen südlichen Auflockerungszone in feinblättrig- phyllitischen Glimmerschiefern gegenüber. An der Hangdeformation Sattental markiert eine Steinschlag- und Lawinenrinne den stark aufgelockerten Bereich einer breiten Transferzone. An der Hangdeformation Strickeralm liegt die Abbruchnische eines Bergsturzes in lateraler Extension der Hauptabrißkante. An der Großhangbewegung Moditzen ist keine laterale Auflockerungszone ausgebildet. Dort wird die Bewegung an einer Störungszone, an der der Gesteinsverband bereits entfestigt ist, abgefangen.

Gefahren ausgehend von der Kriechmasse:

Die initiale Deformation des Gebirges aktiviert einerseits präexistente Trennflächen, erzeugt aber andererseits neue Bruchstrukturen, wodurch insgesamt das Gebirge in kleinere Komponenten zerlegt und ein Vielkörpersystem gebildet wird. Dadurch ist das Gebirge gegenüber Verwitterung und Erosion anfälliger. Entlang des gesamten Westhanges des unteren Kleinsölktales sind nur im Bereich der Hangdeformation Erosionstrichter entwickelt. Sie können direkt mit der Hangbewegung in Verbindung gebracht werden. Am Beispiel Strickeralm zeigt sich die Erosionsanfälligkeit an

Plaikenbildungen im oberen Hangbereich. Ihre enorme Schuttproduktion läßt am Hangfuß mächtige Fächer entstehen und prägt entscheidend die Talentwicklung.

Im Finalstadium liegt die Sackung als stark aufgelöste Kriechmasse mit erhöhtem Feinkornanteil vor. Die durchschnittliche Hangneigung ist stark abgeflacht, wobei durch Auflösung in Teilgleitkörper zusätzliche Verebnungen im Mittelabschnitt entstehen können. Im Fall Großsölk sind konzentrisch angeordnete Setzungstrepfen feststellbar, deren Begrenzungen wiederum mit Erosionsfurchen in Verbindung stehen. Sie waren im Juni 1994 zusammen mit Hangfuß einschnidungen Ausgangspunkt von Vermurungen im Bereich des Sanderbeckens der Staustufe Großsölk.

Auswirkungen auf externe Gebiete

Die Sedimentakkumulationen als Vorschüttung des Fußes fungiert als wesentlicher Feststofflieferant der Vorflut. Ein typisches Beispiel dafür liefert das Strickertal. Am 4. Oktober 1896 (mündl. Mitt. Ortsansässiger) baute der Strickerbach, genährt von Schuttkegeln der Hangdeformation im Mittleren Talboden, als Folge eines Unwetters am Ausgang des Strickertales, an seiner Einmündung in das Große Sölketal einen bis an den Gegenhang reichenden Schwemmfächer auf. Der Großsölkbach wurde gestaut und der Talboden auf mehr als 1,5 km Länge überflutet. Schließlich wurde der natürliche Damm durchbrochen worauf ein Schlammstrom noch im 10 km flußabwärts gelegenen Stein/Enns (siehe Abb.1) Verwüstungen anrichtete. Nach weiteren Vermurungen der Jahre 1965/66 wurden am Unterlauf des Strickerbaches Wildbachsperrn errichtet.

5. Schlußfolgerungen

Tiefreichende Hangdeformationen wurden in der Vergangenheit stets mit dem Phänomen des Talzuschubes in Zusammenhang gebracht. Von Hanginstabilitäten deren Talzuschübe infrastrukturelle Einrichtungen gefährden (MOSER, 1993), liegen auch umfangreiche Untersuchungen vor. Die vorgelegten Studien zeigen, daß tiefreichende Hangdeformationen nicht immer mit Talzuschüben in Verbindung stehen. Speziell die Verbreitung von Hangdeformationen im Initialstadium, die keinen Talzuschub und oft auch nur unterentwickelte Bergzerreißungsphänomene zeigen, wird bei weitem unterschätzt. Deren stark aufgelockerte Gebirgshänge stellen Exponate exogener Dynamik und damit verbunden, ein nicht beurteilbares aber evidentes, geogenes Risikopotential dar. Sie steuern nicht zuletzt wegen ihrer Häufigkeit alpine Erosionsprozeße und beeinflussen Hangmorphologie und rezente Talentwicklungen.

6. Dank

Mein Dank gilt Prof.Dr.L.P.BECKER für fachkundliche Hilfestellungen und sachliche Hinweise bezüglich der Großbrutschung Kleinsölk. Für thematische Anregungen danke ich Dr. FRITZ, Prof. FENNINGER, Prof. HOLZER, Dr. UNZOG und Mag.RAUCH.

7. Literatur:

- AMPFERER, O. (1939): Über einige Formen der Bergzerreißung: - Sitz. Berg. Akad. Wiss., 148, 1-14.
- BECKER, L.P. (1981a): 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. (1981b): Die baueologische Aufnahme der Sperrenaufstandsfläche beim Bau der Bogenstaumauer Sölk/Stmk. - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 27, 7-18, Wien.
- CLAR, I.E. & WEISS, H.P. (1965): Erfahrungen im Talzusub des Magnesit-Bergbaues auf der Millstätter Alpe. - Berg- und Hüttenm. Mh., 110, 447-460, Wien.
- DRAMIS, F. & SORRISO-VALVO, M. (1994): Deep-seated gravitational slope deformations, related landslides and tectonics. - Eng. Geol., vol. 38, nos. 3-4, 231-243, elsevier, Amsterdam.
- HERMANN, S. (1996): Strukturen tiefeichender Hangdeformationen - Modellfall gravitativ induzierter Abschiebungen. - Tagungsband TSK VI, Salzburg (in press).
- HUTCHINSON, J.N. (1988): General report: Morphological and technical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. - 5th. Int. Symp. Landslides, vol. 1, 3-35, Lausanne.
- KRONFELLNER-KRAUS, G. (1974): Die Wildbacherosion im allgemeinen und der Talzusub im besonderen. - In: 100 Jahre Forstliche Bundesversuchsanstalt, 309-342, Wien.
- MAHR, T. (1977): Deep-reaching gravitational deformations of high mountain slopes. - Bull. Int. Assoc. Eng. Geol., 16, 121-127, Krefeld.
- METZ, K. (1962): Das ostalpine Kristallin im Bauplan der Nordost-Alpen. - Geol. Rdsch., 52, 210-226, Stuttgart.
- METZ, K. (1971): Das Problem der Grenzzone zwischen Wölzer Glimmerschiefern und Ennstaler Phylliten. - Carinthia II, Sdh. 28, 159-166, Klagenfurt.
- MOSER, M. (1993): Was wissen wir über Talzuschübe. - Geotechnik, Sdbd. zur 9. Tagung Ingenieurgeologie, 4-14, Stuttgart.
- MOSER, M. & GLUMAC, S. (1983): Geotechnische Untersuchungen zum Massenkriechen in Fels am Beispiel des Talzuschubes Gradenbach (Kärnten). - Verh. Geol. B.-A., 1982/3, 209-241, Wien.
- OYAGI, N., SORRISO-VALVO, M., VOIGTH, B. (1994): Introduction to the Special Issue of the Symposium on Deep-seated Landslides and Large-scale Rock Avalanches. - Eng. Geol., 38, 187-188, elsevier, Amsterdam.
- SCHEIDEGGER, E.K., HAUSWIRTH, E.K., LAHODYNSKY, R. (1984): Geowissenschaftliche Untersuchungen als Grundlage für Schutzmaßnahmen im Bereich des Mödritschbaches. - Tagungspublikation Interprävent, Bd. 2, 9-20, Villach.
- STINI, J. (1941): Unsere Täler wachsen zu. - Geol. und Bauwes., 13, 71-79, Wien.
- ZISCHINSKY, U. (1966): Bewegungsbilder instabiler Talflanken. - Mitt. Ges. Geo. Berbaustud., 17, 127-168, Wien.
- ZISCHINSKY, U. (1969): Über Bergzerreißung und Talzusub. - Geol. Rdsch., 58/3, 974-983, Stuttgart.

Anschrift: Univ. Ass. Mag. Siegfried HERMANN
Karl-Franzens-Universität Graz
Institut für Geologie und Paläontologie
Heinrichstraße 26
A - 8010 Graz