©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

UNSERE TÄLER WACHSEN ZU - KENNTNISSE UND AKTUELLE FORSCHUNGEN.

SPREADING SLOPES AND CLOSING UP OF VALLEYS – GENERAL KNOWLEDGE AND RECENT RESEARCH ACTIVITIES.

Siegfried Willibald HERMANN[1]

ZUSAMMENFASSUNG

Nachdem durch unerkannte, riesenhafte Massenbewegungen (Sackungen) oftmals Probleme im Tunnel- Straßen- und Talsperrenbau aufgetreten waren, veröffentlichte der Alpenforscher und Ingenieurgeologe Josef Stini im Jahre 1941 eine Abhandlung über schrumpfende Berge und sich schließende Täler. Darin prägte er den Begriff des Talzuschubes. In diesem Aufsatz werden nach einer Einleitung jene Begriffe, die mit dem Phänomen Talzuschub und Sackung in Zusammenhang stehen erläutert sowie eine kurze Darstellung der Entwicklung und Anwendung von Untersuchungsmethoden gegeben. Im zweiten Abschnitt werden die kennzeichnenden morphologischen Merkmale und Gefahrenpotentiale gegensätzlicher Typen, die häufig im kristallinen Grundgebirge der Ostalpen auftreten, aufgezeigt.

ABSTRACT

In the year 1941 Josef Stiny, a famous austrian engineering geologist published several aspects with troubles that occured by maltreating spreading mountain slopes through building activities. Therein, the term closing up of valley segments was created. In this contribution (i) the more typical terms, that describe the morphological characteristics together with the evolution of methods to understand the phenomenon, will be described. (ii) Opposite modes of occurrence will be examined that frequntly were discoverd along hazard mapping in the basement units of the Eastern Alps.

1. EINLEITUNG

„...alles fließt...“, bemerkt Josef STINI im Einleitungskommentar seiner Veröffentlichung „Unsere Täler wachsen zu“ in der Zeitschrift Geologie und Bauwesen, im Jahre 1941 und verweist dort auf das natürliche Phänomen *„...schrumpfender, sich schließender Täler ...“*. Er beschreibt *„...das Leben der Täler“*. Gemeint ist das Leben der Täler im aktuo-geologischen Sinne, insbesondere der andauernden morphologischen Veränderungen eiszeitlich geformter Talflanken. Stini behandelt die *„...unwillkommenen Lebensäußerungen von Hängen, die sich leicht der Aufmerksamkeit des Ingenieurs und des Baufachmannes entziehen ...“ jedoch dem Fachgeologen sind sie ja nicht unbekannt“*. In seinem Aufsatz beschreibt er Talabschnitte, die langsam und *„...versteckt...“* zuwachsen und versucht damit die Aufmerksamkeit, von den seit jeher beachteten Bergstürzen, auf bisher wenig beachtete, langsam ablaufende, aber zum Teil riesenhafte Massenbewegungen im Fels zu lenken. Er verweist schon damals auf die große Bedeutung dieser *„...Felsgleitungen größten Maßstabes...“* für den Talsperrenbau und den

[1] Univ. Ass. Mag. Dr., Karl-Franzens Universität Graz, Institut für Geologie und Paläontologie, Heinrichstrasse 26, A-8010 Graz, Tel.: 0043 316 380 5594, Fax: 0043 316 380 9870, Email: siegfried.hermann@uni-graz.at

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

Straßenbau. In Anlehnung an die Klassifikation von Massenbewegungen von Heim (1932), verwendet Stini die Bezeichnung Felsschlipfe.

Im folgenden wird eine geraffte Übersicht der morphologischen Charakteristika von Talzuschüben und Sackungen gegeben. Neben Begriffserklärungen und einer kurzen Darstellung der Erforschungsgeschichte illustrieren einige Beispiele dieses Phänomen. Weiters wird versucht auf das Spektrum von „Nebenwirkungen" hinzuweisen. Felsstürze, Murgänge oder Rutschungen scheinen gehäuft an Sackung und Talzuschub gekoppelt zu sein. Damit erlangen diese Bedeutung für die holozäne Entwicklungsgeschichte inneralpiner Talungen.

2. BEGRIFFSABGRENZUNG UND ERFORSCHUNGSGESCHICHTE

Ausgehend von Berichten über unerwartet auftretende Probleme im Straßen- Tunnel- und Talsperrenbau in den alpinen Regionen Österreichs und der Schweiz, wurden in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts erstmals genauere Untersuchungen an offenbar nicht stabilen Hängen durchgeführt. So schildert etwa Grengg (1935) dass beim Bau der Sperre Pack (Koralm, Steiermark) *„...tief in den Bergleib hinabreichende Zugrisse und Gleitfugen..."* im Bereich der Sperreneinbindungsstelle *„... unter einem Betriebsdrucke bis zu 40 atü mit einer Mörtelhochdruckpumpe verkittet und verheilt..."* werden mußten. Der Gebirgskundler Ampferer berichtet von sich öffnenden Reißgräben an Graten und Rändern von Plateaus der Tiroler Bergwelt. Er erläutert in diesem Zusammenhang erstmals die Formen und Merkmale von Bergzerreißung (Ampferer, 1939, 1940). Ampferer warnt schon damals vor Bauvorhaben in *„...allmählich zerreißenden und auseinanderfallenden Bergen"*. Stini (1941) erkennt nun den Zusammenhang von Bergzerreißungen und Doppelgratbildungen des Oberhanges und konvex gewölbter Bereiche des Unterhanges als zusammengehöriges System. Er prägt den Begriff „Talzuschub" für *„...Bergstürze, die nicht die Reife von Bergstürzen erreicht haben"*. Diesem Erkenntnis folgend, berichten eine Vielzahl von Wissenschaftern über morphologische Phänomene von Kriechhängen. Mit steigender Anzahl bekannt werdender Beispiele zeigt sich nun, dass eine Vielfalt dieser Form von Massenbewegungen gegeben ist. So spricht etwa Stini von *„...Plattengleitung großen Stils..."* wenn auch nach der Bewegung das Streichen und das Fallen der Schichten wenig verändert ist. Zischinsky (1966 und 1969) beschreibt einen weiteren Typus großer Massenbewegungen, den er als „Sackung" oder sackenden Talzuschub bezeichnet. Er stellt die Sackung den Felsgleitungen und den gleitenden Talzuschüben gegenüber. Als besonderes Merkmal der Sackung definiert Zischinsky die bruchlose Verformung des Hanges in Zusammenhang mit einer Rotation der Gesteinsschichten im Sinne großmaßstäblichen Hackenwerfens, also hangauswertiges verdrehen vornehmlich steil einfallender Gesteinszüge. Holz (1966) weitet den Terminus Talzuschub aus. Er bezeichnet auch langsame Bewegungen im Lockergestein als Talzuschub und bezieht sich dabei auf Beobachtungen von Verformungen in känozoischen Ton- Mergelfolgen. Müller (1963) rechnet auch das Zuwachsen von Klammen und Schluchten aufgrund Kippen mächtiger Felstafeln dem System Talzuschub zu.
Nachdem nun die Erscheinungsformen gut bekannt waren beschäftigt sich ein Gruppe von Geowissenschaftern mit theoretischen Untersuchungen. Mit Ansätzen der Kontinuumsmechanik versuchte man Modelle zur Mechanik tiefreichenden Hangbewegungen zu erarbeiten (Häfeli, 1967; Brückl & Scheidegger, 1972). An diesen Lösungsansätzen müssen jedoch Vereinfachungen vorgenommen oder Sonderfälle herausgegriffen werden. Das führt dazu, dass die in der Natur auftretenden Fälle unzureichend oder nur teilweise modelliert

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

werden konnten. Ergänzend dazu werden nun Bewegungsmechanismen auch mit analogen Modellen nachvollzogen (z.B.: Fürlinger, 1972).
Bedeutende Erkenntnisse zum räumlichen und zeitlichen Bewegungverhalten von Talzuschüben erbrachten detailierte geodätische Beobachtungen in Verbindung mit geotechnischen Untersuchungen (z.B.: Moser & Glumac, 1983, Hauswirth et al., 1979).
Seit einigen Jahren werden zu Verformungsanalysen an Talzuschüben neben photogrammetrischen Auswertemethoden auch extraterrestrische Daten, etwa Satelliten-Radardaten oder „differential GPS" herangezogen. Diese ermöglichen es, flächendeckende Bewegungsvektoren am Talzuschub zu errechnen (Kääb, 1999, Rott et al., 1999, Varnes et al., 2000).

In den Ostalpen ist die Großhangbewegung Gradenbach im oberen Mölltal Kärntens das am genauesten untersuchte Fallbeispiel. Dieser aktive Talzuschub wird seit mehr als 35 Jahren kontinuierlich überwacht. Ausgangspunkt der Untersuchungen waren Katastrophen in den Jahren 1965 und 1966, als nach heftigen Niederschlägen am Ausgang des Gradenbaches ein Schwemmkegel um bis zu 12 m aufgeschüttet wurde. Ursache der heftigen Murgang-tätigkeiten des Gradenbaches waren starke Ufererosionen am Ausgang einer Schluchtstrecke, die durch einen aktiven Talzuschub bedingt ist. Massive Abtragungen im Fußbereich des Talzuschubes aktivierten in den folgenden Jahren den gesamten Hang von etwa 3,5 km^2 Ausdehnung. Am Kamm, mehr als 1000 Höhenmeter über dem Talbereich, entwickelte sich eine Zone intensiver Bergzerreißung. Langgestreckete Mulden, Gräben, Zerrungen und Kluftgassen entwickelten sich. Im Mittelabschnitt des Hanges formten sich an Rutschungskompartimenten Abrisse und Setzungstreppen, Buckelwiesen und Wülste. Im Talbereich wurden Wildbachsperren zerdrückt.
Seit dem Beginn geotechnischer Messungen im Jahre 1972 wurden einzelne Hangabschnitte um bis zu 15 m versetzt. Die Raumlage der Versatzvektoren ist uneinheitlich. Im oberen Hangbereich sind vor allem vertikale, im unteren Hangbereich vor allem horizontale Versatzbeträge meßbar. Hangauswärts gerichtete Bewegungen im unteren Hangabschnitt führen zu einer Einengung des Talquerschnittes, dem Talzuschub. Zeitreihenuntersuchungen ergaben zudem, dass die Aktivität des Talzuschubes eng mit dem Wasserhaushalt der Hangflanke korreliert (Weidner und Moser, 2000) und eine zyklisch regressive Kurve beschreibt. Schneeschmelze in den Monaten Mai, Juni bedingt den Anstieg der Bergwässer und beschleunigt die Hangbewegungen, während in den Herbst- und Wintermonaten nur geringe Bewegungen auftreten (jahreszeitlich bedingte, zyklische Bewegungen). Die höchste Jahressumme der Bewegungen wurden in den Jahren nach den Katastrophenjahren gemessen, seit damals nimmt die Bewegungsintensität ständig ab (regressive Bewegungstendenz).

Heute sind in den Alpen eine Vielzahl derartiger Hangbewegungen bekannt, etwa 70 Beispiele aus dem österreichischen Anteil der Alpen, etwa 200 aus den italienischen Westalpen (Mortara and Sorzana, 1987) und etwa 150 aus den französischen Westalpen (Vegnon et. al., 1999). Die Studien von Mortara and Soranza (1987) belegen, dass durchschnittlich 2,5% aller Hänge in alpinen Gebieten von großen, tiefreichenden Hangbewegungen und Talzuschüben erfasst sind. Der Großteil dieser wird jedoch als inaktiv oder ruhend eingestuft. An ruhenden Sackungshängen sind rezente Bewegungen morphologisch gleichsam nicht bemerkbar. Es treten keine Narben in der Vegetationsdecke auf. Lang anhaltende, geringe Bewegungsraten sind aber an Phänomenen wie Buckelwiesen, verlegte Rinnsale, Trockentälern oder dem sogenannten „betrunkenen Wald" erkennbar. Die jährliche Bewegungssumme inaktiver oder ruhender Sackungen beträgt wenige Millimeter bis Centimeter (z.B. Varnes et al., 2000).
Pilotstudien in den Niederen Tauern (Hermann et al., 2001) zeigen ähnlich häufiges Auftreten von Sackungshängen (Abb.1). Schließt man auf ein entsprechende Häufigkeit im den

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

gesamten Alpen, können über 500 Talzuschüben allein in den österreichischen Alpen erwartet werden. Nur etwa 15% wären demnach bisher bekannt.

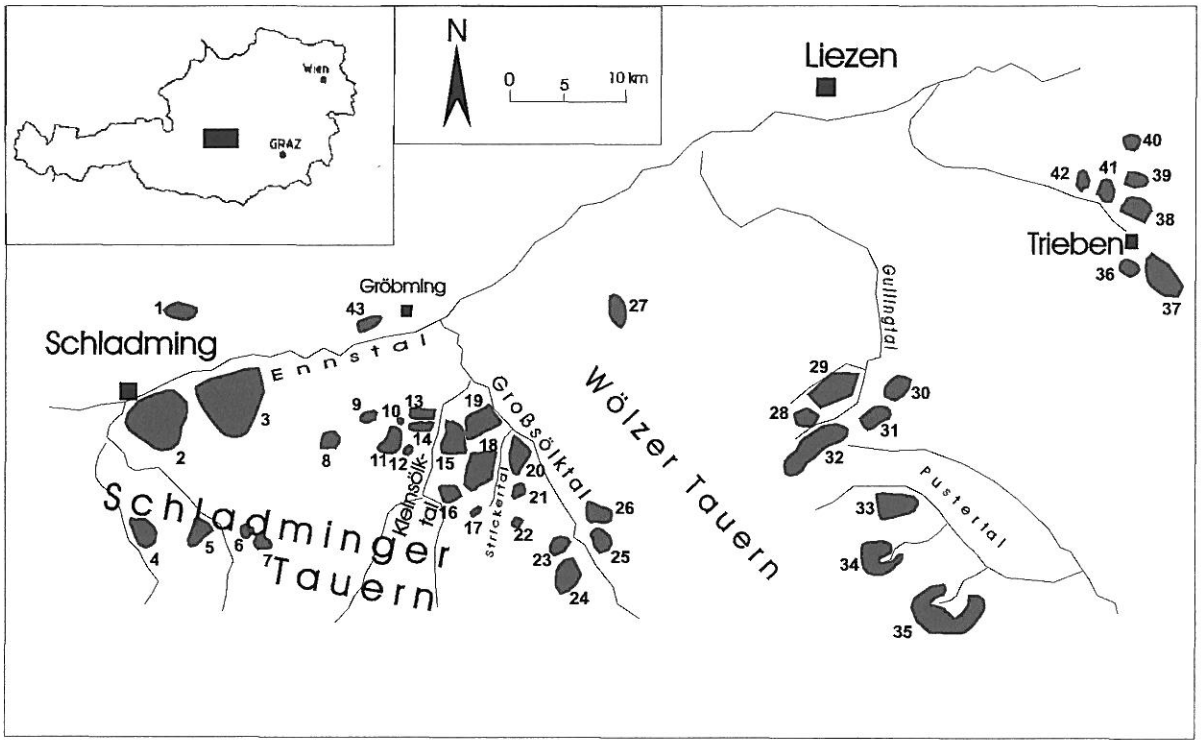

Abb. 1: Verbreitung tiefreichender Hangbewegungen in den Niederen Tauern (Wissensstand: Juni 2002). Kleinere Vorkommen (unter 1 km^2 Ausdehnung) zeigen meist nur Phänomene der Bergzerreißung (z.B. Nr. 8, 17, 21). Große Vorkommen von 1 bis 3 km^2 Ausdehnung (z.B. Nr. 19, 20, 24, 29) und sehr große Vorkommen bis 10 km^2 Ausdehnung (Nr. 2, 3, 29, 37) stehen mit ausgeprägten Talzuschubsstrukturen in Verbindung.

3. FALLBEISPIELE AUS DEN NIEDEREN TAUERN.

Abbildung 1 zeigt das Vorhandensein von über 40 Großhangbewegungen in den nördlichen Niederen Tauern auf. Diese wurden seit dem Jahr 1994 durch Luftbild- und Geländekartierungen im Rahmen von Diplomarbeiten und Dissertationen (Rauth, 1996, Madritsch, 1999, Fahrnberger, 2000, Hermann, 1997) aufgenommen. Zuvor war in diesem Areal nur ein Beispiel eines aktiven Talzuschubes, jener im Wolfsgraben bei Trieben (Abb.1, Nr. 36) bekannt (Alker et al., 1969). Weiters wurde der Hang bei Schladming (Abb.1, Nr. 2) als ruhende Sackung vermutet (mündl. Mitteilungen Prof. Van Husen Dirk). Alle übrigen in Abbildung 1 dargestellten Vorkommen stellen ebenso ruhende Sackungskörper dar.

3.1. Talzuschub Schladminger Alm / Sattental

Südlich von Gröbming mündet die Satten unter Ausbildung eines Schwemmfächers in die Enns. Das Sattental ist als glaziales Hängetal ausgebildet. Den Eingang zum Sattental formt eine Klamm. Der mittlere und hintere Abschnitt des Sattentales formt ein mächtiges, glaziales Trogtal. Den breiten Talboden teilt eine Verengung in zwei Abschnitte. Ein Talzuschub von

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

den rechtsseitigen Hängen im Bereich der Schladminger Alm zeichnet für diese Engstelle verantwortlich (Abb.2).

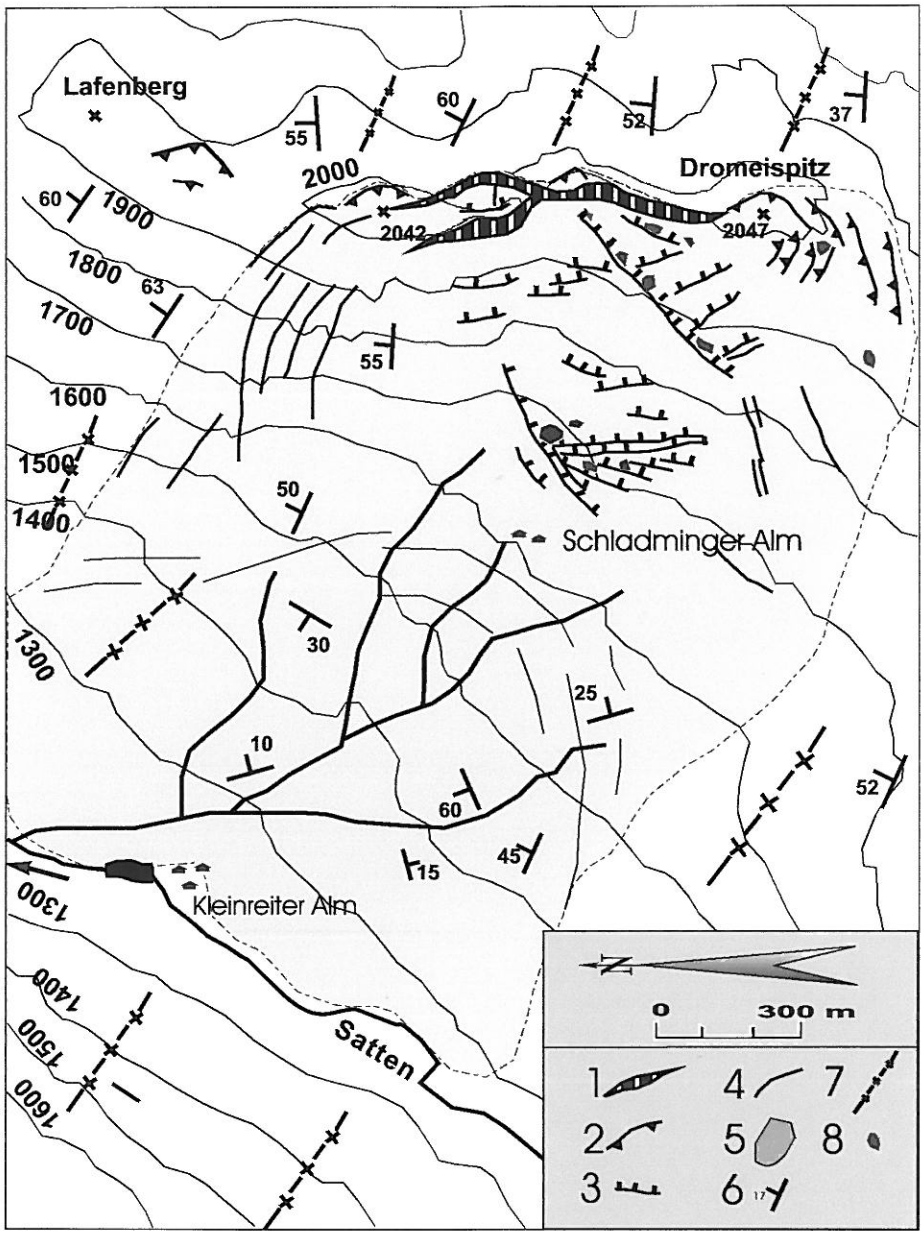

Abb.2: Vereinfachte Karte der Sackung Sattental/Schladminger Alm (Nr. 11 aus Abb.1). Eine morphologische Gliederung in drei Hangbereiche ist gegeben: (i) Oberhang mit Abrißkanten, Doppelgrat und Bergzerreißung, (ii) flacher Mittelhang mit hangparallelen Leisten und Gräben, an die Nackenseen gekoppelt sind, (ii) Unterhang mit Talzuschub. Derartige Merkmale sind für reife Sackungen kennzeichnend. Legende: 1 ausstreichende Fläche des Hauptabrisses, 2 Zweigabrißkante im Bereich der Bergzerreißung, 3 hangparalleler Graben, 4 sekundäre Absetzkante, 5 See, 6 Fallen der Hauptfoliation, 7 Störung, 8 Nackensee.

Der Talzuschub drängt den Fluß Satten auf einer Länge von etwa 2 Kilometer an die linke Talseite. Talaufwärts ist eine Alluvialebene, gleichsam als natürlicher Stauraum der „Talsperre Talzuschub" entwickelt. Am Beginn der Ebene, nahe der Kleinreiter Alm besteht ein natürlicher Stausee. Der talabwärtige Anteil der Talzuschubsmasse ist von der Satten teilweise erodiert und bildet eine Schluchtstrecke.

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

Der Talzuschub im Sattental bildet den Fuß einer großräumigen Sackung, die bis in die Kammregion des Dromeispitz (2047 m) reicht. Am Kamm ist eine bis 50 m hohe Abrißkante einen Kilometer weit zu verfolgen. Im Zentralteil quert der Abriß die Kammlinie und bildet einen Doppelgrat. An der bis 70° steilen Klippe treten kleinere Felstürze auf. Die Randzonen der Abrißkante leiten in Bereiche der Bergzerreißung über. Dort treten weit geöffnete Klüfte, Kluftgassen und Zerrgräben auf.
Den flachen Mittelhang der Sackung segmentieren zahlreiche hangparallele, kurze aber auch lang aushaltende Gräben. Sie stehen mit kleinen Tümpeln und teilweise vermoorten Depressionen in Verbindung (Abb. 3). An die Schnittpunkte derartiger Gräben sind Quellaustritte gekoppelt, etwa jene Quellen die einen See oberhalb der Schladminger Alm speisen (Abb.2). Der relativ flache Unterhang weist innerhalb des Talzuschubes ein verzweigtes Grabennetz auf. Diese Gräben sind episodisch wasserführend und teilweise als Murgangrinnen aktiv.

Abb. 3: Die Profilline des Hanges unterhalb des Dromeispitzes (dicke schwarze Linie) der Sackung Sattental/ Schladminger Alm segmentieren zahlreiche kleinere Gräben (Schnee gefüllte Rinnen in Bildmitte). An diese sind kleine Senken mit Mooren und Nackenseen gebunden (gestrichelt umrandete Bereiche). Die Gräben werden als hangeinwärts gerichtete Verwerfungen (die Pfeile geben die Versatzrichtung des jeweils oberen Hangsegmentes an) gedeutet. Sie zeigen eine Art Kollaps des Oberhanges an. Blickrichtung Süden, Aufnahme August 1996.

Die Sackung unterhalb des Dromeispitzes ist als reife, entwickelte und ruhende Sackung anzusprechen. Im besonderen zeichnen sich reife Sackungsmassen durch eine deutliche Verflachung des Hanges aus. Gegenüber den benachbarten, stabilen Hängen ist in diesem Fall die durchschnittliche Hangneigung von 35° auf 22° herabgesetzt. Auch jene, glazial geformten Merkmale, wie Trogschulter, Trogwand und Hochkare, sind verwischt.

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

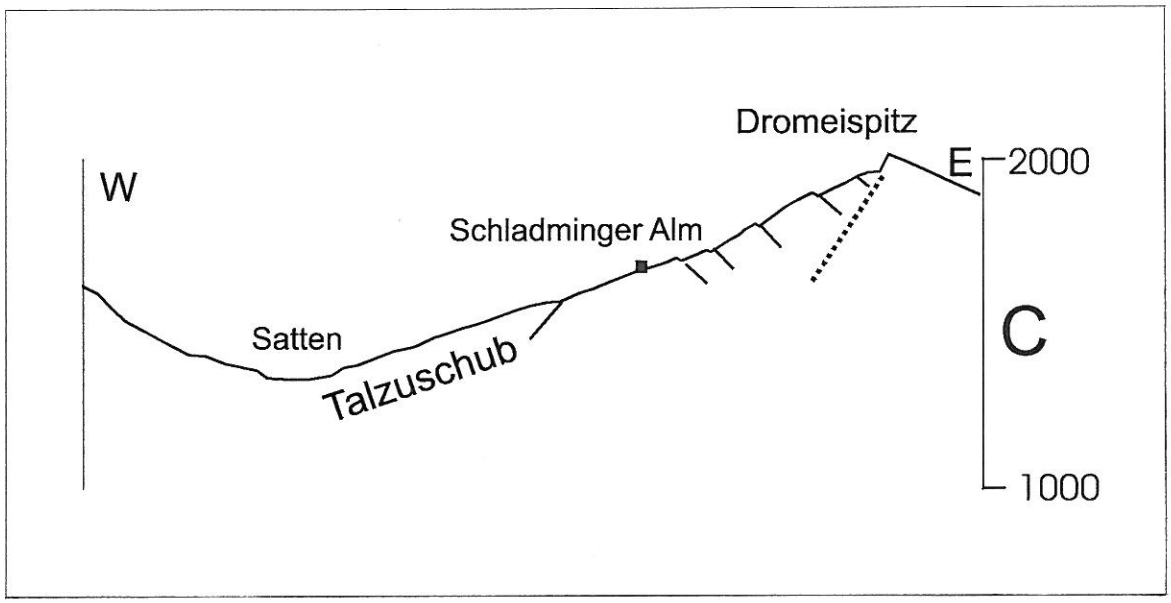

Abb. 4: Das Hangprofil der Sackung Schladminger Alm / Sattental zeigt das typische Bild einer Sackung im fortgeschrittenen Stadium: (i) durchschnittlich nur 25° Neigung, (ii) Trogschulter und Trogwand fehlen, (iii) ein Talzuschub schafft einen vorgewölbten Hangfuß, (iiii) der Oberhang kollabiert an mehreren hangeinwärts fallenden Verwerfungen. Die Klippe am Dromeispitz markiert die Hauptverwerfung der Sackung.

3.2. Sackung Ochsenkopf / vorderes Kleinsölktal

Bei der Ortschaft Stein an der Enns mündet die Sölk, am Ausgang der Sölktal Schlucht, in die Enns. Am Eingang der Sölktaschlucht gabelt sich Tal in das Große Sölktal und das Kleinsölk Tal. Entlang des Großen Sölktales wird eine Störung vermutet (Tollmann, 1977). Es verläuft auffallend geradlinig in NW Richtung. Das vordere wie auch das hintere Kleinsölk sind exakt in NNE Richtung orientiert und folgen einer Schar alpiner Großklüfte (Hermann, 1997).
Den Kamm zwischen dem Großen Sölktal und dem Kleinsölk Tal verformen mehrere Sackungskörper (Hermann et al., 2001). Die größte davon destabilisiert die rechtsseitige Hangflanke im vorderen Kleinsölk Tal. Etwa 3 km südlich der Ortschaft Kleinsölk spaltet eine imposante Doppelgratstruktur den Kamm auf einer Länge von 1.700 Metern (Abb.5). Zwischen den beiden Graten ist ein sogenanntes Kammtal entwickelt. Es bildet eine langgestreckte, trockene Senke ohne Gerinne, denn der Untergrund dieses Tales ist von offenen Spalten und Klüften durchzogen. Das nördliche Ende des Tales leitet es in eine breite Zone intensiver Bergzerreißung über. Hangabwärts entwickelt sich daraus eine aktive Rutschung. Diese Rutschung erfasst 3,5 Millionen m^3 Fels- und Lockergestein und zeigt seit 1979 erhöhte Aktivität (Becker und Hermann, 1998). Für talabwärts gelegene Siedlungen, etwa Kleinsölk oder Stein an der Enns liegt das Gefahrenpotential dieser Großrutschung in einer denkbaren, raschen Beschleunigung unter extremen Niederschlagsereignissen und nachfolgenden Murgangwellen und Flutungen. Derzeit provoziert aber die Rutschung lediglich Steinschlag und kleinere Murgänge.
Im zentralen Anschnitt der Doppelgratstruktur, im Bereich der Bergkuppe Ochsenkopf, wurde der talseitige Hang an der Hauptverwerfung um bis 50 Meter abgeschoben. Unterhalb des Ochsenkopf sind, gleichsam als Ausgleichsbewegungen zur Hauptverwerfung, zahlreiche kleinere, sogenannte antithetische Verwerfungen entstanden (Abb.6).

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 5: Doppelgratstruktur der Sackung Ochsenkopf / vorderes Kleinsölktal. Ein langgestrecktes asymmetrisches Trockental (Bildmitte) spaltet den Kamm. Es markiert die Hauptverwerfung, durch die der Bergrücken Ochsenkopf um 50 Meter nach links (Westen) abgeschoben wurde.

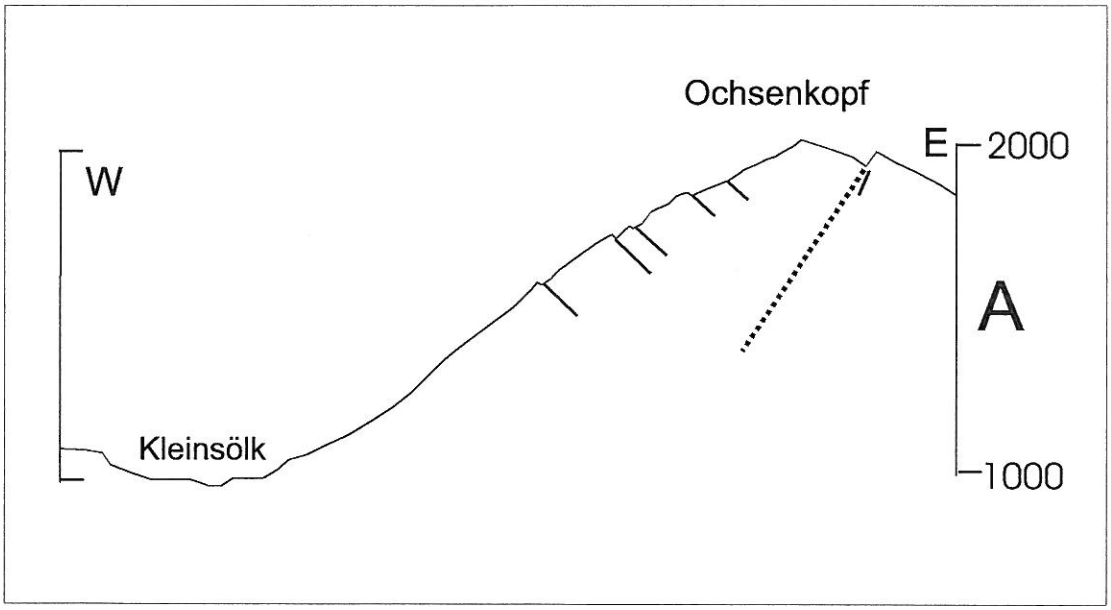

Abb. 6: Das Hangprofil der Sackung Ochsenkopf / vorderes Kleinsölk Tal zeigt das typische Bild einer Sackung im Anfangsstadium: (i) das Hangprofil zeigt gegenüber stabilen, benachbarten Hängen keine Verflachung (durchschnittliche Hangneigung: 35°), (ii) markante Gratbildungen, Zweifachgrat und konvexes Hangprofil, (iii) glaziale Formen wie Trogschulter sind noch reliktisch erhalten, (iiii) ein Talzuschub am Fuß fehlt. Östlich des Ochsenkopfes markiert ein asymmetrisch entwickelter Zweifachgrat, die nach Westen gerichtete Abschiebung (Hauptverwerfung). Zahlreiche kleinere Verwerfungen unterhalb des Ochsenkopfes bilden hangparallele Leisten und Gräben.

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

4. ZUSAMMENFASSUNG UND DISKUSSION

Im untersuchten Gebiet der Niederen Tauern treten große, langsam kriechende Hangbewegungen (Sackungen) häufig in Erscheinung (Abb.1). Im betrachteten Areal erfassen die Sackungen etwa 3 % der gesamten Landfläche. In einigen Gebieten treten Sackungen jedoch gehäuft auf. Hier scheint ein Zusammenhang zu glazialen Zungenbecken der großen Nebengletscher des Ennsgletschers gegeben zu sein. Änliche Beobachtungen wurden auch für Zungenbecken am Alpennordrand diskutiert (Van Husen, 1981).
Generell können zwei Endglieder von Sackungen unterschieden werden: Sackungen im Anfangsstadium (Profil, Abb. 6) mit dem Hauptmerkmal morphologisch markanter Hauptverwerfungen (Zweifachgrate) und Sackungen im reifen Stadium (Profil, Abb. 4) mit dem Phänomen des Talzuschubes.
Mehr als 90% der untersuchten Fälle weisen derzeit nur sehr geringe Aktivität auf. Die direkte Gefahr ist gering, wohl aber kann gezeigt werden, dass sekundäre Abtragserscheinungen im Bereich von Sackungen intensiver in Erscheinung treten. So sind etwa an Klippen von Abrißkanten Felsstürze zu beobachten, Zonen intensiver Bergzerreißung gelten als Nährgebiet für Rutschungen und als Abbruchgebiet von Bergstürzen (Hermann, 1996). Diese treten an den Beispielen Nr. 4, 15, 23, 24, 29 aus Abbildung 1 auf. Besonders deutlich ist auch zu erkennen, dass innerhalb der Sackungskörper, insbesondere innerhalb von Talzuschüben, eine verstärkte Murgangtätigkeit gegeben ist (Abb.1: Nr. 3, 5, 18, 19, 36).

Bisher konnte nur ein Bruchteil aller Talzuschübe und Sackungen gründlich untersucht werden. Gesteigerte Grundlagenforschungen, unter Anwendung moderner Methoden (GPS, Radarinterferrometrie, digitale Photogrammetrie, Strukturgeologie, etc.), werden helfen die Phänomene zuwachsender Täler besser zu verstehen. Auch wenn deren Bedeutung für das Leben und Bauen in den Alpen schon Stini anno 1941 erkannte, so entzieht sich auch heute vielen dass *„...alles fließt..."* in Bereichen *„...schrumpfender, sich schließender Täler..."*. Deshalb wäre es auch heute wichtige, flächendeckend den Zustand alpiner Täler zu erforschen.

ANHANG 1: LITERATUR

Alker, A., Haas, H.L., & Homann, O. (1969): Hangbewegungen in der Steiermark. – Mitt. Mus. Bergbau Geol. Techn. Joanneum, 30, 111-143, Graz.

Ampferer, O. (1939): Über einige Formen der Bergzerreißung. – Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Kl., 148, 1-14.

Ampferer, O. (1940): Zum weiteren Ausbau der Lehre von Bergzerreißungen. - Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Kl., 149, 51-70.

Becker, L.P. & Hermann, S. (1998): Eine rezente Großrutschung im Kleinen Sölktal. - Mitt. Ref. Geol. Und Paläont. Landesmuseum Joanneum, SH 2, Graz.

Brückl, E. & Scheidegger, A.E. (1972): The rheology of spatially continous mass creep in rock. – Rock Mechanics, 4, 237-250, Wien, Springer.

Fahrnberger, W. (2000): Morphogenese des Paltentales zwischen Rottenmann und Wald am Schoberpass. – Unveröff. Dipl. Arb. Natruwiss. Fak. Univ. Graz.

Fürlinger, W. (1972): Mechanismus einer Hangbewegung in Quarzphylliten und dessen Kontrolle im gefügeäquivalenten Modellversuch. – Geol. Rdsch., 61/3, 871-882, Stuttgart.

Grengg, H. (1935): Die Talsperre Pack. – Wasserwirtschaft und Technik, Heft 1, 1-3.

Häfeli, R. (1967): Kriechen und progressiver Bruch in Schnee, Boden, Fels und Eis. – Schweizerische Bauzeitung, 85, Heft 1, 1-9, Zürich, Jegher & Ostertag.

©Erkudok Institut Gmunden; download unter www.biologiezentrum.at

Hauswirth, E.K., Pirkl, H., Roch, K.H. & Scheidegger, A.E. (1979): Untersuchungen eines Talzuschubes bei Lesach (Kals, Osttirol). – Verh. Geol. B.-A.1979/2, 51-76, Wien.

Heim. A. (1932): Bergsturz und Menschenleben. – Vierteljahrschr. Naturf. Ges. Zürich, 77/Beiblatt 20: 1-218, (Frentz & Wasmuth).

Hermann, S. (1996): Initiale Bergzerreißung als Gefahrenherd für Bergstürze, Nährgebiet für Muren und Großrutschungen. Beispiele aus dem Naturpark Sölktäler, Österreich. – Interprävent 1996, Bd. 1, 409-418, Villach.

Hermann, S. (1997): Tiefreichende Hangdeformationen im Kristallin der Niederen Tauern. - Unveröff. Diss. Natruwiss. Fak. Univ. Graz.

Hermann, S.W., Madritsch, G., Rauth, H. & Becker, L.P. (2001): Modes and structural conditions of large scale mass movements (Sackungen) on crystalline basement units of the Eastern Alps (Niedere Tauern, Austria). – Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, 130, 31-42, Graz.

Kääb, A. (1999): Early recognition of high mountain hazards: new techniques and applications. – Phys. Chem. Earth (B), 25/9, 765-770.

Holz, H.W. (1966): Talzuschub an flachen Hängen. – Geol. Mitt. Aachen, 6 (1965), 87-114.

Madritsch, G. (1999): Aktive und inaktive Massenbewegungen in den Wölzer Tauern im Raum Lachtal/Pusterwald. – Unveröff. Dipl. Arb. Natruwiss. Fak. Univ. Graz.

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, 1983.

Mortara, G. & Sorzana, P.F. (1987): Fenomeni di deformazione gravitativa profonda nell `arco alpino occidentale. Considerazioni litostrutturali e morfologiche. – Boll. Soc. Geol. It., 106, 303-314.

Müller, L. (1963): Der Felsbau, Bd. I, 624 pp., Stuttgart (Enke).

Rauth, H. (1996): Bergzerreißung und Talzuschub am Beispiel Brennkogel/Gulling, Steiermark. – Unveröff. Dipl. Arb. Natruwiss. Fak. Univ. Graz.

Rott, H., Scheuchl, B., Siegel, A. & grasemann, B. (1999): Monitoring very slow slope movements by means of SAR Interferometry – A case study from a mass waste above a reservoir in the Öztal Alps, Austria. – Geophys. Res. Lett. 1999, 26, 1629-1632.

Stini, J. (1941): Unsere Täler wachsen zu. – Geologie und Bauwesen, 13/3, 71-79, Wien (Springer).

Tollmann, A. (1977): Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh.., 153/1, 1-27, Stuttgart.

Van Husen, D. (1981): Verbreitung, Ursachen und Füllung glazial übertiefter Talabschnitte an Beispielen in den Ostalpen. – Eiszeitalter und Gegenwart, 29, 9-22.

Varnes, D.J., Coe, J.A., Godt, J.W., Savage, W.Z. & Savage, J.E. (2000): Measurement of ridge-spresding movements (Sackungen) at Bald Eagle Mountain, Lake County, Colorado, II: continuation of the 1975-1989 measurements using a Global positioning System in 1997 an 1999. – USGS Open-File Report 00-205, on-line edition 2000.

Vengeon, J.M., Couturier, B. & Antoine, P. (1999): Deformations gravitaires post glaciaires en terrains metamorphiques. Comparaison des indices de deformation du versant sud de la Toura (Saint-Christophe-en-Oisans, France) avec le phenomene de rupture interne du versant sud du Mont Sec (Sechilienne, France). – Bull. Eng. Geol. Env., 47, 387-395.

Weidner, S & Moser, M. (1998): Influence of hydrology on sagging of mountain slopes (Talzuschübe) – New results of time series analysis. – Proceed. 8th Int. IAEG Cong., 1259-1267, Rotterdam.

Zischinsky, U. (1966): Bewegungsbilder instabiler Talflanken. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 17, 127-168, Wien, 1967.

Zischinsky, U. (1969): Über Sackungen. – Rock Mechanics, 1, 30-52, Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Gmundner Geo-Studien

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Hermann Siegfried

Artikel/Article: Unsere Täler wachsen zu - Kenntnisse und aktuelle Forschungen. 69-78