

I. WISSENSCHAFTLICHE ABHANDLUNGEN

Rutschungs- und Erosionserscheinungen im Naturpark Sölk-täler, ausgelöst durch ein Niederschlagsereignis vom 29. Juni 1994

Von Siegfried HERMANN* und Leander Peter BECKER*
Mit 9 Abbildungen

Angenommen am 18. Mai 1998

Summary: Field evidence of soil slips, debris flows, rock avalanches and torrent floods in northern Styria (Austria) triggered by thunderstorm precipitation. – A thunderstorm from June 29, 1994 caused numerous soil slips and close-up debris avalanches as well as a high magnitude–low frequency torrent flood in the Feister valley near the village Großsölk, northern Styria, Austria. Thereby soil slips mainly occur on man made slopes. In contrast the Feistergraben catastrophic flood event was triggered by geomorphological features and reflects both, natural dynamics of an mountainous river system as well as increasing torrentiality by alpine economic activities.

Zusammenfassung: Im Gebiet der vorderen Sölk-täler der Obersteiermark verursachten Niederschläge einer lokalen Gewitterzelle zahlreiche Lockergesteins- und Bodenrutsche sowie Murgänge an land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen. Die Dokumentation und Rekonstruktion eines HQ-100 Bemessungshochwassers des Feisterbaches im vorderen Großsölk-tal zeigt die geogen gesteuerte Erosions- und Sedimentationsdynamik eines alpinen Wildbaches, aber auch seine gesteigerte Torrentialität durch anthropogene Einflußnahme auf.

1. Einleitung

Flachgründige Rutschungen („*soil slips*“) in Lockersedimenten und Böden sind direkt mit intensivem Wassereintrag in oberflächennahe Schichten, durch Starkniederschläge oder rasche Schneeschmelze korrelierbar (ENGELN 1967; CAMPBELL 1974; MOSER 1980). Form, Größe und Typ werden gesteuert von sedimentologischen und hydrogeologischen Parametern sowie Hangneigung, Hangmorphologie und Vegetation (MOSER & HOHENSINN 1983). *Soil slips* treten immer abrupt auf und sind Ausgangspunkt von Murgängen. Sie verkörpern damit einen bedeutenden Aspekt der Hangentwicklung und erlangen Gewicht bei der Erschließung wie auch der Erhaltung alpiner Regionen als Kulturlandschaften.

Am 29. Juni 1994 verursachten Starkniederschläge in den vorderen Sölk-tälern der Obersteiermark, mit Niederschlag bis 60 mm, zahlreiche Bodenrutsche und Murgänge (Abb. 1). Von den Folgen des Unwetters am stärksten betroffen war die Ortschaft Großsölk-Feista, auch die Sölk-tal-landesstraße wurde von mehreren Murgängen verlegt. Der Feisterbach bei Großsölk führte ein HQ-100 Bemessungshochwasser und verursachte beträchtlichen Sachschaden an Gebäuden und Verkehrswegen.

Die Aufnahme und Dokumentation der rutschungs- und hochwasserbezogenen Phänomene erfolgte in den Sommermonaten 1994.

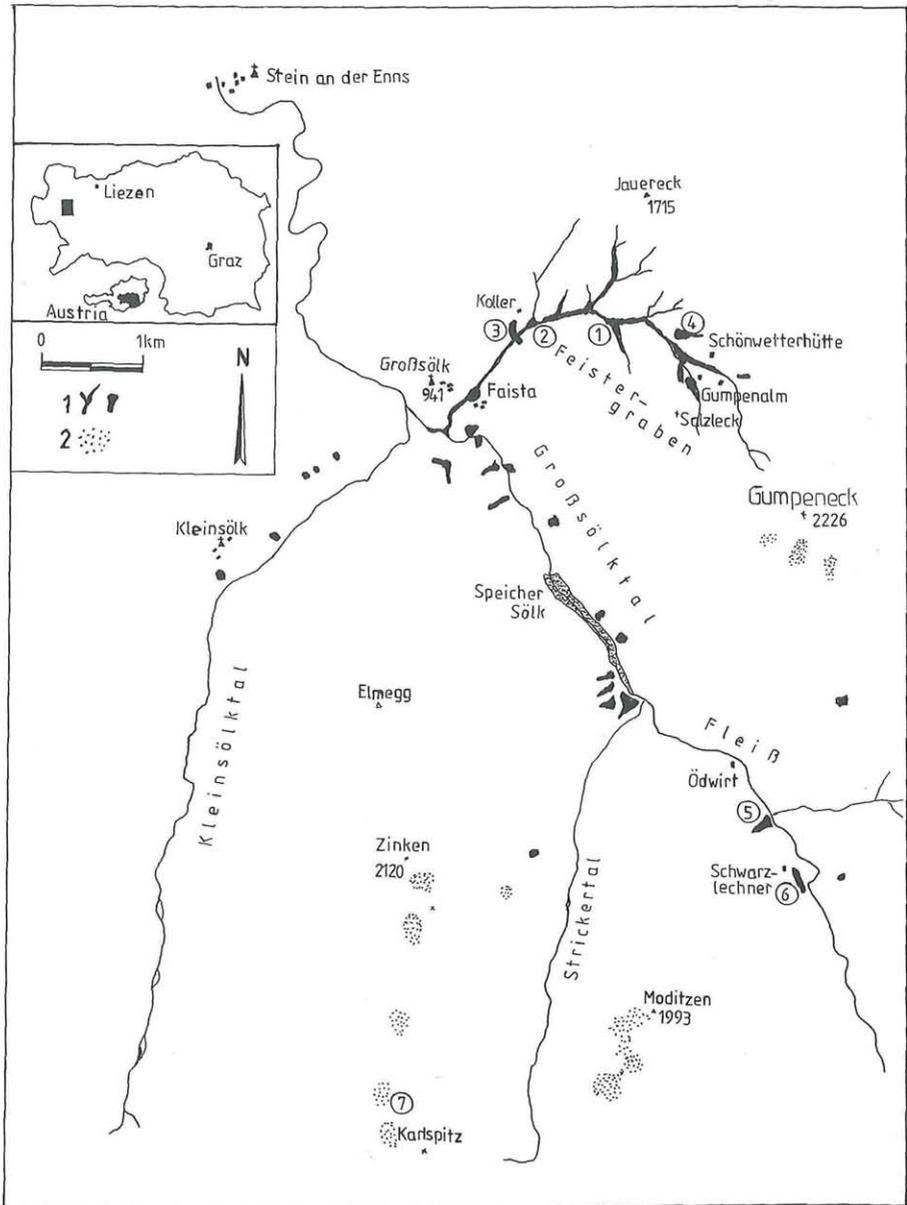


Abb. 1: Verbreitung der durch das Unwetter vom 29. Juni 1994 ausgelösten Massenbewegungen im Bereich der vorderen Sölktäler, Blatt ÖK 128 Gröbming. 1. Feilenanbrüche und Uferunterspülungen im Feistergraben und Rotations- bzw. Translationsbodenrutsche mit Murgängen, 2. flächenhafte Bodendestruktionen in Almregionen. Insert: Lage des Aufnahmegebietes. Disposition of soil slips and erosional phenomena triggered by the thunderstorm of June 29, 1994 within the Austrian topographic map sheet ÖK 128 Gröbming. 1. Erosional phenomena of flood prone Feistergraben and soil slip events followed by debris flows, 2. wide ranging destroyed soils in alpine regions. Insert: Localisation of investigated area in upper Styria, Austria.

Lage in Abb. 1/ Location in Fig. 1	Phänomen	phenomenon	siehe/see for
1	Ufereinbrüche	erosion on riverside	Abb. 3/Fig. 3
2	Sedimentfang	trapped sediment from debris flow	Abb. 4/Fig. 4
3	Mure Gehöft Koller	debris flow	Abb. 5/Fig. 5
4	Mure Schönwetterhütte	sandy rock avalanche deposits	Abb. 6/Fig. 6
5	Waldabbruch	single point induced debris flow	Abb. 7/Fig. 7
6	Bodenrutsche Schwarzlechner	soil slips	Abb. 8/Fig. 8
7	Almbodendestruktion Karlsitz	planar destruction of soils	Abb. 9/Fig. 9

2. Geologisch geomorphologischer Überblick

Die von Osten nach Westen verlaufenden Marmorzüge im Bereich von Kleinsölk, Größsölk und des Gumpeneck bilden den Übergang von polyphas-metamorphen Schiefern des Mittelostalpinen Kristallin (BECKER 1981a, b; FRANK 1987; FRITSCH 1952, 1953; METZ 1976; TOLLMANN 1987) zum Oberostalpin (Ennstaler Phyllite) (PRIEWALDER & SCHUMACHER 1976; METZ 1971). Die Haupttäler folgen tektonisch angelegten Strukturelementen. Sie zeigen morphologische Charakteristika glazialer Formgebung mit deutlich U-förmiger Talmorphometrie. Den kristallinen Untergrund bedecken im Talboden eiszeitliche Schotterfluren, feinklastische Stausedimente, Moränen und kolluviale wie alluviale, nacheiszeitliche Ablagerungen, an den Hangflanken ausgedehnte Hangschutt- und Verwitterungsschürzen sowie entfestigtes Material großer Massenbewegungen (HERMANN 1996, 1997). Bis 100 m tief erodierte, würmzeitliche Talfüllungen in den Haupttälern, sowie Schluchtenbildungen am Ausgang von Hängetälern zeugen von nacheiszeitlicher Ausräumung und Tieferlegung des spätglazialen Talniveaus. Seitentäler, wie etwa der Feistergraben oder der Plöschmitzgraben zeigen dendroide Entwässerungsmuster: ihre Talprofile sind V-förmig und die Talsohle ist geringmächtig mit Alluvionen, wie Bohrungen im unteren Feistergraben belegen, bedeckt. Landwirtschaftlich intensiv genutzt werden Terrassenebenen und -flanken und konkav auslaufende Kolluvialkörper im Talbereich einerseits und glaziale Verebnungsstufen und Hangschuttflächen geringer Neigung in Hangbereichen andererseits.

3. Hochwasserereignis Feisterbach – Ursache und Rekonstruktion

In den frühen Nachtstunden des 29. Juni 1994 verursachte der hochwasserführende Feisterbach in den Ortschaften Größsölk und Feista beträchtlichen Sachschaden (Berichte aus „Die Krone“ vom 1. Juli 1994, „Kleine Zeitung“ vom 1. Juli und 10. Juli 1994, „Der Ennstaler“ vom 29. Juli 1994). Dabei wurden Grundmauern einiger Bauernhöfe schwer beschädigt, mehrere Keller überflutet, die Dorfkapelle, ein Wirtschaftsgebäude, einige Brücken und Stege sowie mehrere Wildbachsperrern von Sturzfluten zerstört. Während Sicherungsarbeiten wurden zwei Personenkraftwagen, sowie ein Löschtankkraftwagen der örtlichen Feuerwehr ein Raub der Fluten.

Nach Augenzeugenberichten sollen wolkenbruchartige Starkregen, am späten Nachmittag einsetzend, bis in die Mitternachtstunden angedauert haben. Ein „von Westen aus dem Ennstal heranziehendes Gewitter“ habe sich „an den Westhängen des Gumpeneck eingenistet.“ Die Landesmeßstationen des Hydrographischen Landesdienstes Nr. 1076

Niederschlag Naturpark Sölk­täler, Juni 1994

Quelle: Hydrograph. Landesabt. Stmk.

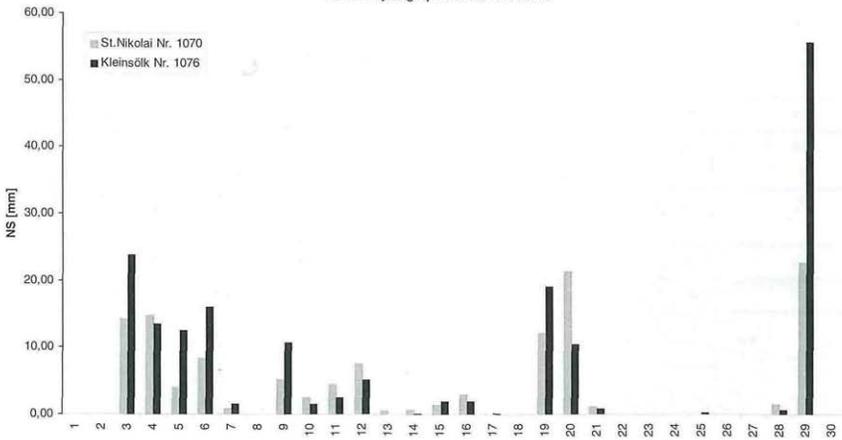


Abb. 2: Niederschlagswerte der hydrographischen Landesmeßstellen im Zeitraum Juni 1994. Nr. 1076 (Kleinsölk) und Nr. 1070 (St. Nikolai im Großsölk­tal, 15 km südlich Großsölk). Die starken Differenzen vom 29. Juni zeigen die lokale Niederschlagskonzentration in den vorderen Sölk­­tälern an.

Precipitation during June 1994 from village Kleinsölk (for location see Textfig. 1) and St. Nikolai (15 km south of village Großsölk). Strong differences in both locations on June, 29 indicates both, local significance of thunderstorm and maximum precipitation in the region of villages Kleinsölk/Großsölk and mount Gumpeneck.

(St. Nikolai) und Nr. 1070 (Kleinsölk) registrierten das Starkregenereignis (Abb. 2) mit 22,8 mm Niederschlag in der etwa 12 km entfernten Ortschaft St. Nikolai im hinteren Großsölk­tal und mit 55,7 mm Niederschlag in der nur 3 km westlich von Großsölk/Feista gelegenen Ortschaft Kleinsölk. Diese starken Unterschiede weisen auf die nur lokale Bedeutung des Ereignisses hin. Im Bereich des 2226 m hohen Gumpeneckmassives, dem Zentrum der Gewitterzelle, müssen, verstärkt durch Staueffekte, die Niederschläge aber weit höhere Werte erreicht haben.

Der Feisterbach entspringt dem Karboden des Gumpenkares nördlich des Gumpeneck, einer mit Grundmoränen, kleinen Moränenstauseen und -mooren bedeckten Hochebene zwischen 1700 m und 1900 m Seehöhe. Am Ausgang des Karbodens bildet ein Marmorzug vom Typus „Sölker Marmor“ eine Karschwelle, an die eine Stauebene gebunden ist. Am Abend des Unwetters fluteten Oberflächenwässer des nur 1,20 km² kleinen Einzugsgebietes des Gumpenkares diese Stauebene. Schließlich schwappte der Karschwellensee über und ergoß sich, nach Augenzeugenberichten der Sennerinnen und Sennen der oberen Gumpenalmhütte, als „100 m breiter Strom über die Alm­wiesen der Karschwelle“, mündete dann in den bereits hochwasserführenden Oberlauf des Feisterbaches und initialisierte damit einen Hochwasserstoß.

Der Hochwasserstoß aus dem Gumpenkar führte im Oberlauf, im Bereich der unteren Gumpenaln, zu Ausräumung kolluvialer Ablagerungen. Entlang des Rinnsales wurden Hangs­chutt sowie Moränen- und Verwitterungsmaterial bis 4 m tief erodiert, wodurch der Felsuntergrund auf 400 m Länge und bis zu 10 m Breite nahezu durchgehend blank gelegt wurde. An Verebnungsstufen, etwa 100 m westlich der Schönwetterhütte trat der Wildbach über die Ufer und sedimentierte lokal finger- und lappenförmige Grobgeröllfluren. Talabwärts dieser, im oberen Mittellauf des Feisterbaches bis zum

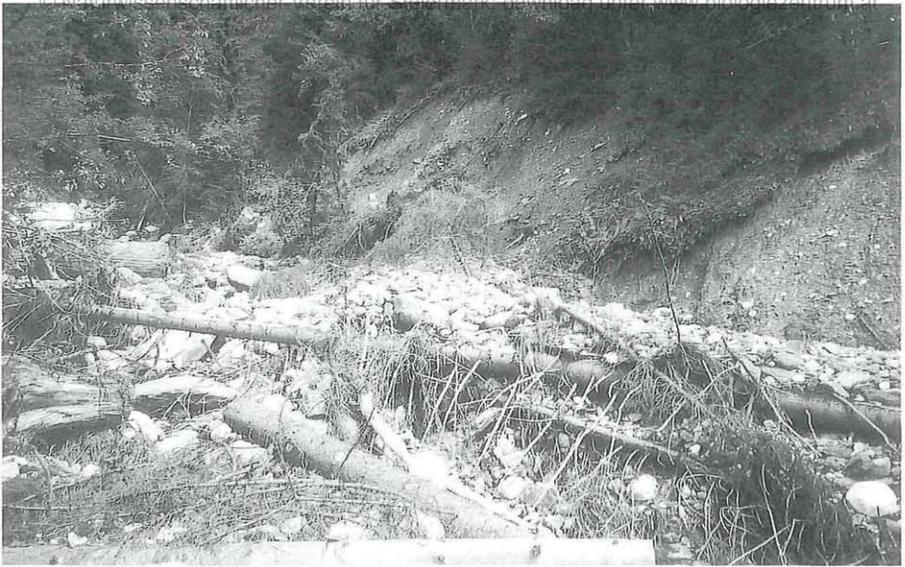


Abb. 3: Ufereinbrüche im Bereich des mittleren Feistergrabens bei Seehöhe 1115 m. Diese liefern nicht nur einen Großteil der Feststoff- und Geschiebefracht des Wildbaches, sondern auch Treibholz, welches das Verklausungsvermögen beträchtlich steigert. Lage siehe Abb.1.
Erosion of coluvial debris along riverside of the middle part of Feister river during highest magnitude of the flood event as a source of both, sediment load as well as wood which increases possibility of temporary river storage buildings. For location see Fig.1.



Abb. 4: Baumgruppen im Bachbett agieren als Sedimentfanginstrumente. Sie reduzieren die Feststofffracht und puffern die Flutwelle. Blockkies mit Geröllen bis zu 1,2 m Durchmesser bilden bis zu 3 m hohe Rampen. Mittlerer Feistergraben, Seehöhe 1080 m. Lage siehe Abb.1.
Closely spaced trees which are strong enough for trapping cobbles up to 1,2 m diameter from torrent flood to build up sediment ramps up to 3 m high. Middle Feister valley, 1080 m altitude. For location see Fig.1.

Einmünden von Seitenbächen aus dem Einzugsgebiet des Jauereck, sind nur geringfügige Spuren linearer Tiefenerosionswirkung feststellbar.

Im Mittellauf des Feisterbaches, zwischen 1320 m und 1180 m treten an einer mächtigen Hangschuttdecke zahlreiche Feilenanbrüche sowie nahezu durchlaufende Uferleinbrüche durch Unterspülungen auf (Abb. 3). In diesem Abschnitt blockieren an Talengstellen bis 80 m³ große Blöcke den Bachlauf und bilden zusammen mit der Unzahl aus den Uferböschungen eingetragener Bäume Verklausungen. Am Ende des schluchtartigen Mittellaufes ist die Vegetationsnarbe bis zu 5,50 m über Bachbett abgetragen. An einigen lokalen Aufweitungen des Talprofils, gebunden an Zusammenflüsse mit Seitengräben konnten Nadelbaumgruppen das Hochwasser nahezu unbeschadet überdauern. Diese dichten Baumbestände in Inseln des Bachbettes agierten als Sedimentfänger (vgl. z.B.: MEARS 1977; HOLLINGSWORTH & KOVACS 1981) und wurden bis zu 3 m in Blockies und Blöcken eingebettet (Abb. 4).

Der Unterlauf bis zur Ortschaft Feista weist ein bis 25 m breites Bachbett auf. In diesem Abschnitt wurde ein an der Südseite verlaufender Forstweg zerstört. Im Bereich des Knappenloches, 500 m westlich Feista, lag die Hochwassermarke bei maximal 1,5 m über Normalwasserabfluß.

Am Ausgang des Feistergrabens, am Eingang des Ortsteiles Feister, bildet ein etwa 15 m mächtiger Marmorzug eine Engstelle. Am Marmorrücken verklauste der Feisterbach nochmals. Der Abfluß wurde zunächst höher gelegt, wodurch Keller geflutet und später durch einen Dammbrech ein Wirtschaftsgebäude sowie Einsatzfahrzeuge ein Raub der Fluten wurden. Einzelne Bestandteile der mitgerissenen Fahrzeuge sind noch heute in Schotter- und Sandbänken in der Sölktschlucht eingebettet.

An den Seitengräben zum Jauereck konnte, an der Grenzzone Mittel-/ Oberostalpin (TOLLMANN 1977, 1987), ein sonst nur für eiszeitliche Gegebenheiten übliches, den sogenannten Gletschermühlen sehr ähnliches Phänomen beobachtet werden. Horizontbeständig treten dort an der Grenze von Wölzer Glimmerschiefern zu hangenden Ennstaler Phylliten Linsen und Boudins von monokristallinem Quarz auf. Diese wurden, nachdem sie aus dem Verband gelöst wurden, in der kaskadenähnlichen Treppenmorphologie der Bachprofile gefangen und bohrten sich, ausgelöst durch die gesteigerte Wasserführung während des kurzen Flutereignisses, bis zu 20 cm tief in die relativ weichen Phyllite ein. Sie hinterlassen nun ein „durchlöchertes“ Bachbett, an der am Grund jeder Grube nun ein Quarzgeröll – der „Hochwassermühlstein“, lagert.

4. Rutschungen und Murgänge

Das Niederschlagsereignis vom 29. Juni 1994 löste zahlreiche Lockergesteins- und Bodenrutschungen sowie Erd-, Schutt- und Murgänge auf unterschiedlichem Substrat aus.

An landwirtschaftlich genutzten Flächen traten kleinflächige Rotationsrutsche mit konzentrischen Abbruchnischen und Muschelanbrüchen, sowohl in den aus feinklastischen Stausedimenten aufgebauten Terrassenkörpern, als auch am Verwitterungsboden von Hangschutt auf. Häufig waren diese an Versteilungen, Hangleisten oder Weganschnitte gebunden.

In bewaldeten Gebieten entwickelten sich auch aus wenig tiefreichenden Bodenrutschen stets murgangähnliche Fließkörper. Davon betroffen waren Jungforste und Gebiete mit spärlichem Altbaumbestand. An den Nordabhängen des Elmegg lösten sich Bodentranslationsrutsche (SKEMPTON & HUTCHINSON 1969) unterstützt durch hangparalleles Schichtfallen. An den Steilstufen zur Großsölktschlucht initialisierten Rotationsbodenrutsche ebenfalls zahlreiche Murgänge.

Unterhalb des Gehöftes Koller im vorderen Feistergraben löste sich im Hangschutt, genau an der Hangkante zum Feisterbach ein 15 m breiter Rotationsrutsch (Abb. 5).

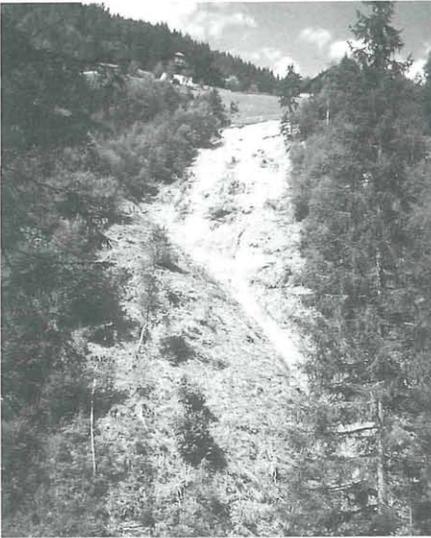


Abb. 5: Murgang, dessen Masse in den Feisterbach mündete. Ausgangspunkt ist ein Rotationsbodenrutsch an der Hangkante unterhalb des Gehöftes Koller im vorderen Feistergraben des etwa 50° steilen Abhang zum Feisterbach. Lage siehe Abb.1.

Debris flow proceeding a soil slip avalanche situated at the lower corner of agricultural used land near farmer Koller. Its debris pushed into the torrent flood of the Feister river. For location see Fig.1.



Abb. 6: Fingerförmige Ablagerung eines wasserreichen Schuttganges (grobblockig-sandig). Schönwetterhütte, Gumpenaln. Lage siehe Abb.1.

Lobate debris accumulation of a sandy clearwater rock avalanche near Schönwetterhütte, upper Feister valley, Gumpenaln. For location see Fig.1.

Dieser initialisierte einen Murgang, der in einer Rinne kanalisiert wurde und schließlich in den hochwasserführenden Feisterbach mündete. Impaktstrukturen im Baumbestand des gegenüberliegenden Hanges, im Umfeld von etwa 50 m und bis in 15 m Höhe reichend, zeugen von der enormen Energie und Zerstörungskraft der Rutschmasse.

Nördlich der Schönwetterhütte im hinteren Feistergraben weisen sandig bis feinkblockige, lappenförmige Sedimentakkumulationen auf einem Schuttkegel auf einen wasserreichen Schutt- bzw. Murgang hin (Abb. 6). Dessen Transportkanal folgt einer etwa 150 m langen, geradlinig verlaufenden Lawinenrinne von etwa 2 m Tiefe wie Breite.

Grobblockhalden des anstehenden Marmorzuges bedecken die Nordabhänge des Salzleck zur Gumpenaln. Ein Erosionseinschnitt entwässert den westlichsten Teil des Gumpenkars. An diesem Gerinne wurde nach Angaben der Sennerin der Wachlinger Hütte (untere Gumpenalnhütte) „unter Getöse und Gepolter“ während des Unwetters nur



Abb. 7: Waldabbruch bei Ödwirt. Typisch ist der punktförmige Beginn an einem Translationsbodenrutsch, der in einen Schutt- oder Murgang überleitet sowie seine nach unten keilförmige Ausbreitung. Lage siehe Abb.1.
Debris flow induced by punctual soil slip starting exactly at steepening slope morphology and spreading downwards pyramidal. For location see Fig.1.



Abb. 8: Muschelanbrüche von Rotationsbodenrutschen, typischen „soil slips“, an der Erosionskante mächtiger Kolluvialschürzen bei Mönsna im mittleren Großsölktal. Breite des Bildausschnittes 15 m an der Hangkante. Lage siehe Abb.1.
Typical soil slips which are widespread phenomena generated in fine grained kolluvial debris. Slope of photography is 15 m. For location see Fig.1.



Abb. 9: Flächenhafte Zerstörung der Vegetationsdecke von Almböden durch Bodenfließen mit beginnenden Bodentranslationsrutschungen. Länge des Hanges im erfassten Bildausschnitt ca. 50 m. Lage siehe Abb.1.

Turbation of alpine vegetation by flow of soil cover sequences and beginning translatoric soil slips (center). Enlargement of slope face from bottom right to upper left is about 50 m. For location see Fig. 1.

50 m westlich der Wachlinger-Gumpenalmhütte ein Blockwerk-Schuttkegel im Ausmaß von etwa 4000 m³ angelegt.

Mehrere Murgänge, ausgehend von der Stirn eines Talzschubes einer stark entfestigten und tiefgründig verwitterten Sackungsmasse südwestlich des Wasserspeichers Großsölk, schufen flache Schuttkegel nahe des Sanderbeckens bei Gehöft Stricker. Dabei wurde ein Fischteich verlandet.

Etwa 700 m südlich des Ödwirt, im Talabschnitt Fleiß im mittleren Großsölkthal, überschüttete ein Murgang, hervorgehend aus einem typischen Waldabbruch (BEINSTEINER & MAYER 1971) die Sölkallandesstraße (Abb. 7). Bei Gehöft Schwarzlechner bei Fleiß zeigt eine Hangkante in der Hangschuttdecke regelmäßig angeordnet Anbruchnischen von Rotationsbodenrutschen (Abb. 8), typischen *soil slips* (MOSER & HOHENSINN 1983). Obwohl an jedem dieser Rotationsrutsche 5 bis 20 m³ Boden erodiert wurde, kann ein Ablagerungsbereich der Rutschmasse nicht eruiert werden, eine Erscheinung, die durch explosionsartigen Abbruch bei Wassersättigung des Bodens und anschließender Liquefaktion unter Transformation der Rutschmasse in eine Fließmasse mit sehr geringem Feststoffanteil erklärt wird (CAMPELL 1975; JOHNSON & RAHN 1970).

Auf den Hochalmen der Kämme zwischen Kleinsölk- und Großsölkthal zeigt die Vegetationsdecke flächenhafte Destruktionserscheinungen (Abb. 9), in Arealen von Solifluktionsböden traten auch Bodentranslationsrutsche auf.

5. Diskussion geo- und anthropogener Einflußfaktoren

Die Niederschläge vom 29. Juni 1994 stellen sicherlich kein abnormes Ereignis für alpine Regionen dar. Trotzdem führten diese, bedingt durch besondere geologische und geomorphologische Gegebenheiten, zu beträchtlichen Erosions- und Denudationserscheinungen.

Ein Beispiel der Entwicklung und Steuerung eines Hochwasserereignisses durch geogene Faktoren stellt die Hochwasserführung des Feisterbaches dar. Das auslösende Moment ist zweifellos ein Hochwasserstoß, welcher von den lokalen morphologischen Gegebenheiten, der eiszeitlich geformten Karschwelle des Gumpenkars initialisiert wurde und die natürliche Wildbachlichkeit des Oberlaufes (starke lineare Tiefenerosion in Verwitterungsschutt, Bachbetverlegungen, Umlagerung großer Geröllmassen) aufzeigt. Entlang des Mittellaufes vermindert sich die Erosionsdynamik, die Hochwasserstoßwelle wird unter Verlandung einzelner Flachstücke gepuffert. Im Unterlauf wird die Torrentialität durch Feststoffeinträge aus Murgängen, Uferunterspülungen und Feilenanbrüchen wieder gesteigert. Dabei wurzeln Bodenrutsche und Murgänge in intensiv genutzten Almwiesen oder Anschnitten von Forststraßen, Feilenanbrüche und Uferunterspülungen in natürlich akkumuliertem Hangschutt. Erst die lithologisch bedingte Engstelle am Marmorzug am Talaustrag bei Feista verursacht das katastrophenähnliche Geschehen in der Ortschaft Feista.

Die Prozesse der Massenverlagerungen und die Änderung der Erosions- und Sedimentationsdynamik entlang des Ober- und Mittellaufes der Feister spiegeln die natürliche und selbststeuernde Dynamik exogener Prozesse wider (SELBY 1974). Die gesteigerte Torrentialität im Unterlauf des Feisterbaches liegt auch in der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung der Hänge im vorderen Feistergraben.

Daß ein derartig intensives Hochwasser diese Ortschaft in historischer Zeit noch nie bedrohte, zeigt die bis in das 17. Jahrhundert zurückreichende Besiedelung des Weiher Feista direkt unterhalb der Marmorklause. Die mit Grobgeröllen und Wildbachschutt bedeckte Stauebene bachaufwärts der Marmorklause belegt jedoch ähnliche Hochwasserereignisse, die zumindest episodisch seit der letzten Vereisung vor etwa 12.000 Jahren auftraten.

Diesem geogen bedingtem Wildbachereignis am Feisterbach stehen anthropogen provozierte Massenbewegungen gegenüber. Es sind diese vor allem jene, in Kap. 4 beschriebenen Rutschungs- und Erosionserscheinungen, deren gemeinsames Merkmal das Auftreten an Hangkanten und Hangversteilungen im Übergangsbereich intensiv bewirtschafteter zu natürlich bewachsenen Flächen ist.

Dank

Frau WACHLINGER, der Sennerin der unteren Gumpenalmhütte, sowie den Wirtsleuten der oberen Gumpenalmhütte und der Schönwetterhütte sei für Augenzeugenberichte über den „Weltuntergang“ im oberen Feistertal gedankt. Herrn Mag. Dr. Manfred MESSNER und Herrn Mag. Peter RAUCH sowie Herrn Prof. Dr. FENNINGER danken wir für konstruktive Diskussionen und kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Literatur

- BECKER L. P. 1981a: Zur Gliederung des obersteirischen Altkristallins (Muriden). Mit Bemerkungen zu den Erzvorkommen in den einzelnen Kristallinkomplexen. – Verh. Geol. Bundesanstalt 1981 (2): 3–17.
- BECKER L. P. 1981b: Die baueologische Aufnahme der Sperrenaufstandsfläche beim Bau der Bogenstaumauer der Sperre Sölk/Stmk. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr. 27: 7–18.

- © Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
- BEINSTEINER H. & MAYER H. 1971: Waldbauliche Untersuchungen von Waldabbrüchen im Osttiroler Katastrophengebiet. – Int. Symp. Interpraevent 1971, Bd. 2: 295–310.
- CAMPBELL R. H. 1975: Soil slips, debris flows and rainstorms in the Santa Monica Mountains and vicinity, southern California. – USGS Prof. Pap. 851: 51.
- ENGELEN G. B. 1967: Landslides in the metamorphic northern border in the Dolomites (North Italy). – Eng. Geology 2: 135–147.
- FRANK W. 1987: Evolution of the Austro Alpine elements in the cretaceous. In: FLÜGEL H. W. & FAUPL P. (Eds.): Geodynamics of the Eastern Alps 379–406. – Wien, Verl. Deuticke.
- FRITSCH W. 1952: Die Grenze zwischen den Ennstaler Phylliten und den Wölzer Glimmerschiefern. – Mitt. Mus. Bergb. Geol. Tech. Joanneub. 10: 3–20.
- FRITSCH W. 1953: Die Gumpeneck Marmore – Die Grenze zwischen den Ennstaler Phylliten und den Wölzer Glimmerschiefern. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr. 10: 1–19.
- HERMANN S. 1996: Initiale Bergrerzreißung als Gefahrenherd für Bergstürze, Nährgebiet für Muren und Großrutschungen. Beispiele aus dem Naturpark Sölkktäler, Österreich. – Int. Symp. Interpraevent 1996, Garmisch-Partenkirchen, Bd. 1: 409–418.
- HERMANN S. 1997: Tiefreichende Hangdeformationen im Kristallin der Niederen Tauern. – Phänomenologie, Entwicklungsstadien, Deformationsmechanismen und Gefahrenpotentiale großer Massenbewegungen (Sackungen) mit einem Beitrag zur alpidischen Entwicklungsgeschichte der zentralen Ostalpen. – Dissertation Univ. Graz, V + 191 + 37 S.
- HOLLINGSWORTH R. & KOVACS G. S. 1981: Soil slumps and debris flows: prediction and protection. – Assoc. Eng. Geol. Bull. 18: 17–28.
- JOHNSON A. M. & RAHN P. H. 1970: Mobilization of debris flows. – Z. Geomorphol. 9: 168–186.
- MEARS A. J. 1977: Debris-flow hazard analysis and mitigation: an example from Genwood Springs, Colorado. – Colo. Geol. Surv. Inf. Ser. No. 8: 45.
- METZ K. 1971: Das Problem der Grenzzone zwischen Wölzer Glimmerschiefern und Ennstaler Phylliten. – Carinthia II, Sonderh. 28: 159–166.
- METZ K. 1976: Der geologische Bau der Wölzer Tauern. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 106: 51–75.
- MOSER M. 1980: Zur Analyse von Hangbewegungen in schwachbindigen bis rolligen Lockergesteinen im alpinen Raum anlässlich von Starkniederschlägen. – Int. Symp. Interpraevent 1980, 1: 121–148.
- MOSER M. & HOHENSINN F. 1983: Geotechnical aspects of soil slips in Alpine regions. – Eng. Geol. 19: 185–211.
- PRIEWÄLDER H. & SCHUMACHER R. 1976: Petrographisch-tektonische Untersuchungen in den Ennstaler Phylliten (Niedere Tauern, Steiermark) und deren Einstufung in das Silur. – Verh. Geol. Bundesanstalt 1976: 95–113.
- SELBY M. J. 1974: Dominant geomorphic events in landform evolution. – Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 9: 85–89.
- SKEMPTON A. W. & HUTCHINSON J. N. 1969: Stability of natural slopes and embankment foundations. State of the art report. – 5th. Int. Conf. Soil. Mech. Found. Eng.: 291–340.
- TOLLMANN A. 1977: Geologie von Österreich, Bd. 1 – Wien, Verl. Deuticke.
- TOLLMANN A. 1987: The alpidic evolution of the Eastern Alps. – In: FLÜGEL H. W. & FAUPL P. (Eds.): Geodynamics of the Eastern Alps 379–406. – Wien, Verl. Deuticke.