

lella cf. *constricta* und *Gladigondolella tethydis*, ladinisches Alter durch den Fund von *Paragondolella trammeri*, *P. excelsa* oder *inclinata* (stark deformiert) und *Gladigondolella tethydis* am W-Rand des kartierten Gebietes in Goassteig, SH 1480 m (Probe VEI-215).

Im Profil am S-Hänge des Sperrkogels (SH 1635 m, Probe VEI-263) wurde aus den Nadaska-Kalken außer anisischen Alters (Probe VEI-262, siehe oben) auch ein jüngeres oberladinisch–unterkarnisches Alter auf Grund des Fundes von *Paragondolella inclinata*, *Gladigondolella tethydis* und *tethydis* ME nachgewiesen.

### **Lithologische Profile durch die triadische Schichtfolge der Mürzalpendecke; Bemerkungen zur mikrofaziellen Charakteristik einiger Formationen**

Die vertikalen und lateralen Veränderungen der unter- bis obertriassischen Fazies wurden außerhalb der geologischen Karte von Westen nach Osten auch in der Serie herrlicher Profile (Goassteig, Lenzer Freidorf, S-Hänge des Sperrkogels, Ramkogel, Schoberstein, Scheibengraben-Geierwandl, Bärensteinwand und Steinkogel) auf eine Entfernung von ca. 7 km verfolgt.

Die lateralen Veränderungen betreffen nur einige Glieder der Schichtfolge, da sie nicht kontinuierlich vertreten sind, sondern nur in einigen Profilen, wie z.B. bei Steinalmkalken und dunkelgrauen Kalken, lokal in ihrem Hangenden auftreten (Varietät der Nadaska-Kalke oder laterales Äquivalent der Reiflinger Kalke?).

Die Mehrzahl der Gesteine ist in allen Profilen vertreten. Solche sind die Präbichl-Schichten, unteren und oberen Werfener Schichten, Gutensteiner Dolomite (Kalke sind nur in Form einiger Bänke am Rücken N des Steinkogels festgestellt worden), Nadaska-Kalke und Wettersteinkalke und -dolomite. Unterschiede machen sich bei ihnen in vertikaler Richtung, besonders durch verschiedene Mächtigkeit, stellenweise auch durch Vertretung einiger verschiedener Mikrofazies bemerkbar.

#### **Steinalmkalk (Anis)**

Er tritt zwischen Gutensteiner Dolomit und Nadaska-Kalk nur linsenförmig mit einer Mächtigkeit von maximal 10–15 m, öfter nur mit 2–3 m auf, so auch an den W-Hängen des Sperrkogels und in Lenzer Freidorf. Auch dann, wenn es sich makroskopisch um typische helle massive Kalke handelt, ist es oftmals schon ein Übergangstyp des Kalkes zum Nadaska-Kalk – mikritischer Kalk mit dünnwändigen LB (cf. z.B. VEI-333).

Nur in kleinerem Umfang sind stromatolitische oder organodetritische Varietäten (Bruchstücke von Algen,

Crinoiden, Lamellibranchiaten, Brachiopoden, Pellets und Algen-Häufchen) vertreten. Riffelemente sind nicht festgestellt worden.

Eine charakteristische fossilisierte Flora aus dem Steinalmkalk, welche auch eine stratigraphische Bedeutung hat, sind die Dasycladaceae. Sie sind von zwei Lokalitäten bestimmt worden (bestimmt von Dr. S. BUCEK):

- 1) *Teutloporella penniculiformis* OTT aus hellem organodetritischem Kalk an der Basis der Geierwandl, 20 m oberhalb des Waldweges, SH 1180 m (VEI-317).
- 2) *Favoporella annulatissima* SOKAC [resp. *Diplopora* sp. (? *annulatissima*)] und *Physoporella dissita* oder *praealpina* aus grauem Kalk an der Basis von 60–80 m hohen Felsklippen aus Nadaska-Kalk im Scheibengraben (VEI-314).

Die erwähnten Dasycladaceae weisen auf oberanisches Alter des Kalkes hin.

Auf anisches Alter weist auch *Pilamina densa* vom Fel-sen grauer bankiger gefalteter Kalke unmittelbar oberhalb des Gutenstein-Dolomites in der Bärensteinwand hin.

#### **Nadaskakalk**

##### **(Oberes Anis-Ladin, stellenweise bis Unterkarn)**

Dank seiner Buntheit ist er das interessanteste Glied der Schichtenabfolge im studierten Gebiet. Er wurde im Bericht 1997 und im vorhergehenden Kapitel charakterisiert. Vom mikrofaziellen Standpunkt dominiert Mikrit mit Durchschnitten von dünnwändigen Lamellibranchiaten-Schalen, stellenweise von Crinoiden oder Pellets, es werden aber auch ganz monotone Mikrite gefunden. Der Übergang in den hangenden Wetterstein-Riffkalk verläuft über allodapischen organodetritischem Kalk, dieser ist aber nicht so häufig und ausgeprägt wie z.B. in der Schneebergdecke. Oftmals kann eine Wechsellagerung von Bänken heller und rosafarbiger Kalke beobachtet werden.

##### **Wettersteinkalk- und Dolomit (Ladin-Unterkarn)**

Er nimmt flächenmäßig den größten Teil des kartierten Gebietes ein. Meistens ist dieser helle massive Kalk und Dolomit rekristallisiert oder „indifferent“, an vielen Stellen wurden jedoch im Kalk, aber auch im Dolomit schön erhaltene Vorriff-, Riff-, Hinterriff- und lagunäre Strukturen gefunden. Dies bedeutet, dass der Dolomit nicht als selbstständiger stratigraphischer Horizont über dem Kalk, sondern durch Dolomitierung von Riff- und lagunären Kalken entstanden ist. Die Dolomitierung erreichte verschiedene Niveaus; im östlichen Teil des kartierten Gebietes (Tebirin) sind alle mitteltriassischen Glieder stark dolomitisiert bis völlig zu Dolomit verändert.

## **121 Neukirchen am Großvenediger**

### **Bericht 1998 über ingenieurgeologische und hydrogeologische Aufnahmen im Umfeld des alten Bergbaureviers Brunnalm auf den Blättern 121 Neukirchen am Großvenediger und 122 Kitzbühel**

JOHANN HELLERSCHMIDT-ALBER

Im Rahmen der Erhebungen zum Projekt MU 7/TU 17 „Bergbaufolgelandschaften“ (NEINAVAIE, PIRKL, SCHEDL et al., 1999) an der Geologischen Bundesanstalt wurde auf

den Kartenblättern 121 und 122 ergänzend eine ingenieurgeologische Kartierung zur Klärung der geomorphologisch-hydrogeologischen Umfeldsituation des ehemaligen Bergbaues Brunnalm bei Kirchberg in Tirol durchgeführt. In Vorbereitung und Ergänzung zu den Geländekartierungen wurden Infrarot-Luftbildanalysen sowie Auswertungen von Orthofotos erstellt.

Das Gebiet mit einer Fläche von etwa 10 km<sup>2</sup> liegt ca. 5 km südlich von Kirchberg/Tirol und wird geologisch gesehen in die großtektonische Einheit der Grauwackenzone gestellt. Die vom Bergbau betroffenen und beeinflussten Flächen der Brunnalm liegen im Einzugsbereich

zweier Wildbäche, des Rettenbaches und des Himmeltalbaches, welche von der Ehrenbachhöhe und vom Penzelstein zur Aschauer Ache entwässern.

Der zweite Schwerpunkt der Geländeerhebungen steht in Zusammenhang mit hydrogeologischen Basisaufnahmen im Bergbauegebiet Brunnalm. Bei dieser Kartierung der tatsächlichen Abflusssituation wurden von allen Quellen, Kleingerinnen und dem Gesamtabfluss von flächenhaften Vernässungen die Milieuparameter Temperatur und elektrische Leitfähigkeit gemessen und die Schüttung geschätzt.

In Zusammenschau dieser Parameter mit den vorhandenen hydrochemischen Daten lassen sich daraus die Wässer aus dem Stollensystem – auch wenn die Lage der ehemaligen Stollenmundlöcher nicht mehr identifiziert werden kann – eindeutig charakterisieren. Der Beachtung der gelösten Schwermetallgehalte im Austrag kommt bei dem im Bereich des Bergbaues Brunnalm vorliegenden Vererzungstypus besondere Bedeutung zu.

Die Einhänge der beiden Wildbäche (Rettenbach und Himmeltalbach) weisen fast durchwegs Erosionen auf. Diese Bacherosionen sind größtenteils ursächlich mit Vorauflockerungen des Felsuntergrundes in Beziehung zu bringen. Zur Feststellung des Auflockerungsgrades des Felsuntergrundes wurden die Einhänge der stark erodierenden Gräben begangen. Durch Erfassung des Trennflächengefüges an einigen Homogenbereichen sind Hinweise auf Wasserwegigkeiten und Versickerungsmöglichkeiten definierbar und der Zusammenhang zwischen Hanginstabilitäten und -labilitäten, Hangwasserhaushalt und Massenbewegungen kann dadurch deutlicher aufgezeigt werden.

Durch eine ingenieurgeologische Analyse können Schlüsse über die Geschiebeherdentstehung und die daraus ableitbare Geschiebeproduktion gezogen werden und Möglichkeiten einer sinnvollen ökologischen Verbauung bzw. Sanierung der beiden Wildbäche erarbeitet werden.

### **Geologische Situation**

Das Arbeitsgebiet wurde auf Blatt 121 von H. HEINISCH (Kartierungsbericht 1998) und auf Blatt 122 im Rahmen einer Diplomarbeit von P. ITZELBERGER (1995) geologisch neu aufgenommen und tektonisch interpretiert. Eine Zusammenfassung der Beschreibung des geologischen Aufbaues ist im Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt (1995) publiziert. Eine übersichtliche lithostratigraphische Aufgliederung und geotechnische Beschreibung der einzelnen geologischen Schichtglieder des Arbeitsgebietes sind im Zwischenbericht zum Projekt MU 7/TU 17 in einer Stichworttabelle zusammengestellt (NEINAVALE, PIRKL et al., 1999).

Die Tektonik wird im Arbeitsgebiet (wie schon bei MALZER, 1964) als äußerst komplex dargestellt. An eine im N auflagernde Scholle der Permischen Basisbrekzie und Gesteinen der Gröden-Formation schließt sich ein als westlicher Fortsatz der Hochhörndler Schuppenzone interpretierter kleinräumiger Schuppenbau aus Gesteinen der Grauwackenzone (mit Gesteinen der Schattberg-Formation, Löhnersbach-Formation und Jausern-Formation) an. Er geht nördlich des Schwarzkogels in einen mächtigen Lagenbau über (ITZELBERGER, P., Jb. Geol. B.-A. 138/3).

### **Technisch-gesteinskundliche Eigenschaften der Gesteine**

Den geotechnischen Analysen von K. HOHENBÜHEL (1981) zufolge stellen die Festgesteine zwar einen Haupt-

ort der potentiellen Geschiebeherde des Untersuchungsgebietes dar, von der Zahl der aktiven Anbrüche aus betrachtet sind jedoch die durch physikalisch-chemische Verwitterungsprozesse und Umlagerung aus den Festgesteinen hervorgegangenen Lockergesteine die bei weitem wichtigere Gesteinsart für die Bildung permanenter Geschiebeherde. Da aber Art und Mächtigkeit der Verwitterungsschuttdecke weitgehend von der Gesteinszusammensetzung und tektonischen Überprägung (Klüftung, Schieferung, Faltung) bestimmt wird, spielen lithologisch-petrographischer Inhalt und das Gefüge der Festgesteine eine maßgebliche Rolle.

### **Festgesteine – veränderlich feste Gesteine**

Den größten Anteil der Festgesteine und veränderlich festen Gesteine des Einzugsgebietes liefern weiche, stark tonige Tuffe und Tuffite und ihnen eingeschaltete Tonschiefer und Quarzitschiefer der Löhnersbach-Formation (Wildschönauer Schiefer). Die Hauptmasse der vulkanogenen Schiefer (Grünschiefer, rote und grüne Tuffe und Tuffitschiefer) und der hell- bis mittelgrauen Tonschiefer besteht aus Tonmineralen bzw. deren Umwandlungsprodukten Serizit und Chlorit. Ausgeprägte Schieferung und starke Klüftung zusammen mit intensiver Fältelung im cm-Bereich weisen auf eine hohe Teilbeweglichkeit hin und sind für einen hohen Durchtrennungsgrad des Gebirges verantwortlich. Das Gestein ist oft bis in kleinste Klüftkörper zerlegt. Dieser Befund und die zum Teil starke tektonische Beanspruchung begünstigen das weite Eindringen der Atmosphärien in das Gestein, so dass der Fels oft bis in große Tiefen verwittert ist.

Besonders die stark tonigen Varietäten (veränderlich feste Gesteine) mit feinschiefrigem Gefüge und nach HOHENBÜHEL (1981) dem hohen Gehalt an Schichtsilikaten (Illit, Serizit, Chlorit, Kaolinit, Pyrophyllit) neigen zu feinblättrigem Zerfall, was schließlich zu mächtigen Hangschuttmassen führt. Im Allgemeinen zeigen die Schiefer einen blättrigen Zerfall, seltener zerfallen sie tafelig oder stengelig. Als Ablösungsflächen sind neben Klüft- und Schieferungsflächen bei den Tuffen und Vulkanitschiefern auch solche mit Harnischen zu beobachten. Bei letzteren handelt es sich um sehr kleine, aber zahlreich auftretende, gut polierte Flächen, oft mit Striemung, die epidot- und chloritreiche Beläge aufweisen. Die glatten Flächen dieser Gesteine können für eine höhere Teilbeweglichkeit und damit stärkere Entfestigung des Felskörpers verantwortlich sein.

Die permoskythischen Gesteine der Gröden-Formation, hauptsächlich am rechten Einhang des äußeren Rettenbaches (außerhalb des Bergbaureals der Brunnalm) auftretend, bestehen aus Basisbrekzie mit dolomitischen Komponenten in vorwiegend toniger Matrix, quarzitischen Sandsteinen bzw. Quarziten und mehr oder weniger feldspatreichen Sandsteinen und roten sandigen Tonschiefern. Die Sandsteine äußern sich morphologisch kaum, da durch Wechsellagerung von reinen kompetenten Sandsteinbänken mit mächtigen Tonschieferlagen, kombiniert mit einem eng angelegten Klüftsystem innerhalb der Sandsteinlagen, diese in kleine bis kleinste Klüftkörper zerlegt werden. Bei etwaigen Relativbewegungen innerhalb des permoskythischen Gesamtkörpers zeigen die Tonschiefer als inkompetente Einheit gegenüber den kompetenten Sandsteinbänken große Teilbeweglichkeit. Ein tektonisch angelegtes Fugensystem zerlegt die Gesteinsbänke noch weiter in kleine Klüftkörper und eine ca. um N-S strei-

chende saigere Hauptklufthcharung fördert zusätzlich die Zerlegung und das Ausscheren der Felsmassen.

Viele Klüfte sind teilweise mit tonigem Verwitterungsmaterial gefüllt. Durch die Wasseraufnahme in Tonmineralen (im Zwischengitterraum der Tonplättchen) kommt es zusätzlich zu Expansion und damit zur Entfestigung des Gebirges. Das wiederum erleichtert das Eindringen von Sickerwässern in den von Klüften und Spalten durchzogenen Fels. Daher sind die Gesteine bis in große Tiefen den Verwitterungsprozessen ausgesetzt.

Die in den Auflockerungszonen auftretenden Zerrungsklüfte und Spalten fördern die Wasserbewegung; letztere beschleunigen den Abfluss der Niederschläge bzw. vermögen das oberflächlich abfließende Wasser rasch aufzunehmen. Günstig auf die Wasserwegigkeit wirken auch Harnisch- und andere glatte Oberflächen, wie sie häufig bei den Vulkaniten, Vulkanitschiefern, Tuffen und Tuffiten auftreten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass im gesamten Einzugsgebiet des Rettenbaches der Fels von einer intensiven Auflockerung erfasst ist, was zu einer weit fortgeschrittenen Zerlegung des Gebirges nach vorgegebenen inhomogenen Diskontinuitätsflächen (Schieferungs-, Scher- und Klufflächen) und durch Hangtektonik neu erworbenem Gefüge (Scherflächen, die durch starke Dehnung zu Zerrspalten umfunktioniert werden) führt.

Das Wasseraufnahmevermögen ist in beiden Fällen sehr groß. Im Bereich mit primär vorgegebenem tektonischem Gefüge wird das Wasser in einen Tiefenbereich zwischen 5 m und 20 m bzw. weiter an die Oberfläche ausgeleitet (HOHENBÜHEL, 1981). Bei den Zerrspalten (durch Hangtektonik neu erworbene Gefüge) wird das Wasser sicher in größere Tiefe abgeführt und praktisch nur sehr langsam abgegeben bzw. lange zurückgehalten. Das führt zu tiefgreifender und intensiver Vernässung der betroffenen Hangteile und in weiterer Folge zur Ausbildung von Bewegungsflächen.

Daher sind große Hangteile infolge völliger Entfestigung entlang von Gleitflächen oder entlang von verhältnismäßig dünnen Zonen intensiver Scherverformung in talwärts gerichteter Bewegung.

In der tief greifenden Auflockerungszone des Untersuchungsgebietes ist die Gesteinszerlegung nahe der Oberfläche oft sehr weit fortgeschritten, vor allem in Gebieten mit fehlender oder nur geringer Vegetationsbedeckung (Uferanrisse, usw.). Die hier rasch vor sich gehende Entfestigung der Gesteine führte vielfach zur totalen Zerstörung des Gesteinsverbandes (chaotische Lagerung, Auflösung in Schollenmosaik, Übergang zu Blockwerk und Schutt).

### **Lockergesteine**

Im Untersuchungsgebiet bilden die Festgesteine nur zu einem geringen Teil das unmittelbar Anstehende. Die Felsoberfläche ist im Großteil des Gebietes unter einer unterschiedlich mächtigen Verwitterungsschuttdecke verborgen, welche aufgrund ihrer Zusammensetzung und ihrer Mächtigkeit (nach HOHENBÜHEL [1981] bis zu 4 m, örtlich auch darüber) einen Hauptort der Anbruchsbildung darstellt.

Die unmittelbar über dem Anstehenden sich bildenden Lockergesteine, nämlich zum Großteil Hangschutt (autochthone Lockergesteine), sind durch kleine bis kleinste Korngrößen mit einem erheblichen Tonanteil charakterisiert und als gemischtkörnige Böden anzusprechen. In vielen Fällen überwiegt der Feinkornanteil

gegenüber den Grobteilchen; dann besitzen die Lockergesteinsmassen aufgrund des Tonanteils ein hohes Wasserrückhaltevermögen. Bei fortschreitender Durchnässung und entsprechender Hangneigung gerät der Schutt unter Zusammenwirken mit Hangwässern und Niederschlägen in Fließbewegung.

Auch die Grundmoränen des Untersuchungsgebietes werden von schwer durchlässigen bis wasserstauenden gemischtkörnigen Böden gebildet. Es ist naheliegend, dass starke Vernässungen, Nassgallen und versumpfte Wiesen gerade an diese Bereiche gebunden sind.

Da die Anfälligkeit der Lockergesteine für die Geschiebeproduktion in großem Maße von deren Wassergehalt bzw. Wasseraufnahmevermögen abhängig ist, werden die durchnässen Uferböschungen wesentlich stärker aktiviert als die trockenen, welche erst nach lang anhaltenden Niederschlagsverhältnissen zu relativ ergiebigen Geschiebeherden werden.

### **Entwässerung der Brunnalm**

Der Höhenzug des Jufenkammes und der Ehrenbachhöhe stellt eine wirksame Wasserscheide zu den Einzugsgebieten der jenseits des erwähnten Gebirgskammes gelegenen Bäche dar. Der E-W-streichende Karbonatzug westlich der Ehrenbachhöhe dürfte die Wasserscheide gegen das Einzugsgebiet des Brandseitenbaches bilden. Im Südwesten des Arbeitsgebietes erfolgt die Entwässerung zum Himmeltalbach hin.

Die Entwässerung der Einzugsgebiete des Rettenbaches und des Himmeltalbaches erfolgt sowohl oberflächlich als auch unterirdisch. Das Niederschlagswasser fließt zum Teil direkt ab, größtenteils aber indirekt aus Quellspeisen, welche auch in niederschlagsarmen Perioden die Bäche speisen.

Der oberflächliche Abfluss des Niederschlagswassers hängt in erster Linie von den Versickerungsmöglichkeiten ab. Die Versickerung wieder ist abhängig von der Pflanzendecke, den morphologischen Gegebenheiten und der Durchlässigkeit der Gesteine. Je größer die Versickerungsrate ist, desto geringer ist der Anteil an oberirdisch abfließendem Wasser.

Nach einer von STERN (1971, S. 201) für das Gebiet des Trattenbaches im Lesachtal (Kärnten) aufgestellten „hydrologischen Reihung von Vegetationsdecken“ ist die Versickerung von Niederschlägen bei steilem, geschlossenem Fichtenhochwald (unteres Endglied der Reihe) am größten, wogegen sie bei flachen Nass- und Sumpfwiesen (oberes Endglied der Reihe) stark abnimmt bzw. der Anteil am oberirdischen Abfluss dort am größten ist.

Bei Betrachtung der hydrologischen Eigenschaften der im Arbeitsgebiet auftretenden Gesteine sind neben Faktoren wie Gesteinsbeschaffenheit, Morphologie und Vegetation auch Ergiebigkeit und Dauer der Niederschläge für die Menge des oberflächlich abgeführten Wassers von Wichtigkeit. Bei Starkregen oder langandauernden Niederschlägen können die obersten Schichten (Humusdecke, Lockergesteinsschicht) mit der Zeit abgesättigt werden, so dass der weitere Niederschlag oberflächlich abfließt. Im Bereich der Bodenvernässungen tritt die Sättigung sehr rasch ein, so dass hier bereits geringere Niederschlagsmengen zu einem oberirdischen Abtransport der Wasser führen.

Bei flächig abfließenden Wässern im Bereich geschlossener Pflanzendecke spielt die Erosion kaum eine Rolle. Im Bereich von Bodenverwundungen oder Uferanrisen

hingegen ist die Gefahr der Erosion durch Oberflächenwässer größer.

Der unterirdische Wassertransport im Einzugsgebiet des Rettenbaches und Himmeltalbaches (speziell im Bereich der Brunnalmen) geht zu einem Großteil durch sogenannte Hangwasserzüge (hangparallele Wasserbewegungen innerhalb der Lockergesteinsschicht oder an der Grenze zum Anstehenden an einem wasserstauenden Horizont) vor sich. Stauhorizonte bilden im Arbeitsgebiet die oberflächennah wassergesättigten Lockersedimente sowie die Verwitterungsschwarte der permischen roten Tonschiefer und der grauen Tonschiefer und Serizitschiefer und Tuffitschiefer. Die durch die Humusdecke bzw. Lockergesteinsschicht eingedrungenen Sickerwässer fließen an der Grenze der Durchlässigkeit ab. In Bereichen geringer Hangneigung treten an die Stelle der linienhaften seichten Grundwasserströme flächenhafte Vernässungszonen bzw. Nassgallen auf.

Bei den Quellen handelt es sich überwiegend um Hangschuttquellen und gelegentlich um Abflusswässer aus ehemaligen Bergbaustollen. Bei den Hangschuttquellen dominiert flächenhaftes Austreten des Bergwassers. Die Schüttung der Auslaufquellen ist in allen Fällen als gering bis sehr gering und perennierend bis intermittierend zu bezeichnen. Die ergiebigen Quellgebiete finden sich im Einzugsgebiet des Rettenbaches, im Bereich der Brunnalm Niederleger zwischen 1300 m S.H. und 1500 m S.H. mit Schüttungsmengen von 2 bis 7 Sekundenlitern.

HOHENBÜHEL (1981) beschreibt im Bereich der permoskythischen Gesteine am rechten Einhang des äußeren Rettenbaches kleine Schichtquellen. Das Wasser sickert durch die wasserdurchlässigen Sandsteinlagen durch, um beim Auftreffen auf die mehr oder weniger wasserdichten roten Tonschiefer gestaut zu werden. Wo dann diese Horizonte durch den Geländeanschnitt an der Oberfläche ausbeißern, ist ein Austreten des Bergwassers zu beobachten.

#### **Erläuterungen zur hydrogeologischen Situation**

Bei der ingenieurgeologischen und hydrogeologischen Geländeaufnahme wurden zum Verständnis der Rolle des Wassers als auslösender Faktor von Instabilitäten auch die Milieuparameter der beobachteten Wässer, wie bereits erwähnt, erhoben. Da im Gebirgskörper zirkulierendes Wasser eng mit dem Trennflächensystem des Felsens verknüpft ist, konnten zusammen mit der geologisch-geotechnischen Aufnahme Hinweise über den Einfluss derartiger hydrologischer Parameter auf Hangbewegungen erlangt werden.

Der Vergleich mit der geologischen Karte zeigt deutlich, dass sich die flächenhaften Vernässungen – wie schon HOHENBÜHEL (1981) feststellte – im Bereich der glazialen Bedeckung und der mächtigen, stark tonigen Verwitterungsschuttmassen der feinklastischen Schiefer und Vulkanitschiefer der Löhnersbach-Formation, welche oft nicht voneinander zu trennen sind, konzentrieren. Eine zweite Häufung ist mit dem Auftreten der permischen roten Tonschiefer verbunden.

Mehrere Wasseraustritte finden sich oft in gleicher Seehöhe an Steilstufen am Fuß von breiten Verebnungszonen.

#### **Massenbewegungen**

Bei Massenbewegungen spielt das Wasser generell eine entscheidende Rolle. Es erzeugt hydrostatische Drücke in Poren, Klüften und Spalten sowie Strömungsdrücke. In gefrorenem Zustand vermag es zudem eine erhebliche Sprengwirkung zu entfalten. Ferner kann es Ton-

mineralien zum Quellen bringen, was wiederum Quelldrücke zur Folge hat. Durch diese verschiedenartigen Wirkungsweisen des Wassers kann die Stabilität in kritischen Hängen wesentlich vermindert werden.

Zu den im Untersuchungsgebiet auftretenden Massenbewegungen zählen: Hangbewegungen in Fels und tiefgreifend entfestigten und aufgelockerten Felspartien (Talzuschub) und abgerutschte, aber im Verband befindliche Felsschollen (Massenkriechen bzw. Talzuschub, Kriechhang, Buckelwiese); Felsstürze; völlig entfestigte, blockzerlegte und aus ihrem ursprünglichen Verband gelöste Fels- und Schuttmassen (Bergsturz-Blockwerk); Rutschungen in Lockergesteinen (Mantelkriechen, Bodenkriechen in glazialen Sedimenten), Anrissbildung (Uferanbrüche) in Lockergesteinen.

#### **Hangbewegungen in Fels und tiefgreifend aufgelockerten Felspartien, Auflösung zu Schollenmosaik (Talzuschub, Kriechen, Buckelwiese)**

Bei dieser Art von Massenbewegung handelt es sich um großflächige, tief in den Fels eingreifende, fast unmerklich langsame Kriechbewegungen an steilen Talflanken (Talzuschub, STINY [1941]). Besonders bezeichnend ist, dass bei der Bewegung große Schollen von Fels im Gefügeverband erhalten bleiben, die dann anstehendes Gestein vortäuschen.

Dabei ist die Morphologie des Untersuchungsgebietes weitgehend von dieser im Gebiet auftretenden Massenbewegungsart (Talzuschub) geprägt. An der östlichen Talflanke der Aschauer Ache im Bereich der Brunnalmen sind die für Talzuschubmassen charakteristischen großen Geländeformen ersichtlich. Der Abrissbereich liegt im NW-Hang des Jufenkammes, geologisch gesehen zum Großteil in den dunklen bis schwarzen Dolomit-Kieselschiefergesteinen und den ihnen auflagernden hellen paläozoischen Dolomiten, an deren mittelsteil bis steil nach NW einfallenden Schichtflächen ein Teil des Gesteinspaketes in mehreren Teilschollen aufgelöst abgeglitten ist. Daran schließt die breite Verebnungszone der Brunnalmen an, welche in sich wiederum – in Teilschollen zerlegt – in Steilstufen mit anschließenden Verflachungen gegliedert ist. Die im Gelände teilweise sehr deutlich hervortretenden Gefällesteufen (Steilstufen) mit Sprunghöhen zwischen 20 m und 40 m können als Ausstriche von Bewegungsbahnen gedeutet werden.

Die Bruchbewegungen in den mehr starren Karbonatkörpern gehen in den darunterliegenden hochteilbeweglichen paläozoischen Schiefen in plastische Bewegungen (Kriechen) über.

Auf der Karte von P.P. ZWICKERNAGL (1792) in F. POSEPNY (1880) sind die schwarzen Dolomite noch weit unterhalb des Fußes des Jufenkammes im Zuge der Bergbautätigkeiten angefahren worden. Die Gründe für den Stollenvortrieb lassen sich nicht mehr eruieren. Vermutlich wollte man in dieser Hanglage (ca. 1330 m S.H., ehemalige „Scherberg Alpe“) einen Förderstollen vortreiben, gab aber dieses Unterfangen infolge Auftretens von Tonschiefern auf.

Interessant ist auch die Verteilung der drei Gehängebrekzien. Sie liegen alle am Fuß von Steilstufen. Die (ehemaligen) kalkabscheidenden Quellaustritte finden sich jeweils knapp unterhalb von Hangkanten. Bei diesen Quellen könnte es sich um Schicht- bzw. Grenzquellen gehandelt haben (HOHENBÜHEL, 1981).

Ein anderes morphologisches Charakteristikum stellen auch die im Untersuchungsgebiet häufig vorkommenden

unruhigen Geländeformen der „Buckelwiesen“ dar, welche auf unbewaldetem Gelände die Lage von Rutschkörpern in labilen Hangbereichen kennzeichnen und sehr häufig talwärts der schon erwähnten Gefällestufen zu finden sind. Die Größe der Rutschbuckel in der unteren Brunnalm lässt auf tiefgreifende Hangbewegungen schließen.

Neben anderen allgemein geltenden Faktoren werden die Hangbewegungen besonders vom Gesteinscharakter und der tektonischen Überprägung der betroffenen Felsmassen beeinflusst. Die im Bearbeitungsgebiet große Flächen bedeckenden paläozoischen Tonschiefer, vulkanogenen Schiefer und die permischen roten Tonschiefer neigen besonders zu einer langsamen, andauernden kriechenden Verformung, wie im Bereich der Brunnalm häufig beobachtet werden kann. Ebenso begünstigen tektonisch bedingte lokale Schwächezonen die Entstehung von Hangbewegungen (Talzuschiebe), die sich im Einzugsgebiet des Rettenbaches häufen, während im Himmeltalbach und dessen Talflanken ausgeprägte morphologische Kriecherscheinungen zurücktreten. Diese Tatsache ist sicherlich zum Teil auf die unterschiedlichen tektonischen Verhältnisse in den beiden Einzugsgebieten zurückzuführen.

#### **Felssturz- und Bergsturz-Blockwerk, Blockschuttmassen**

Felsstürze sind hauptsächlich an die härteren Vulkanitgesteine, Vulkanitschiefer, Megabrekzien und massigen Diabase sowie Porphyroide gebunden. Sie treten meist in steilen, felsigen Einhängen ohne oder mit nur geringer Vegetationsbedeckung auf, wo das Anstehende in starker Verwitterung und Entfestigung begriffen ist. Es handelt sich um Gesteinstrümmen in cm- bis dm-Größe, lokal auch Klufkörper bis zu mehreren m, die an Trennflächen von den Wänden abbrechen und an deren Fuß kleinere Halden bilden, die unter Umständen, falls sie ins Bachbett gelangen, zu Verkläuerungen führen können.

Drei große Brekzienkörper sind in Höhenlagen zwischen 1300 m S.H. und 1520 m S.H. im Bereich der Unteren Brunnalm und der Haringer Alm anzutreffen. Es handelt sich um fest verkittete, gut abgrenzbare Gehängeschuttmassen in Verbindung mit jüngsten bzw. rezenten Kalktuffabscheidungen, wobei die als Blockmassen herumliegenden Karbonate von (huminsäurereichen) Oberflächenwässern angelöst wurden.

Für die Bildung von Blockwerk und Blockschuttmassen haben im Arbeitsgebiet die Karbonatgesteine und die dichter gepackten Basalbrekzien die größte Bedeutung. Sie liefern, bedingt durch ihre Klufkörpergröße und Festigkeit, schöne Blöcke. Zwischen Himmeltalbach und Kälberwaldalm überwiegen Blockmassen aus Laven und Eruptivbrekzien. Auf der ingenieurgeologischen Karte sind Blockmassen mit der Farbe des vorherrschenden Gesteins mit Übersignatur (Dreiecke) ausgewiesen.

Die blockzerlegten Karbonatkörper am Bergrücken zwischen Rettenbach und Himmeltalbach sowie im Himmeltalbach selbst sind von O. MALZER (1964) als tektonisch eingeschuppte, anstehende Dolomitspäne bezeichnet, HOHENBÜHEL (1981) nimmt aufgrund morpholo-

gischer und hangtektonischer Merkmale an, dass die Dolomitblocksollen zumindest zum größten Teil aus dem Gebiet des mächtigen Dolomitzuges des Jufenkamm-NW-Hanges stammen, wo sie ehemals anstehend waren und sich dort durch Hangtektonik (Bergsturz einerseits, Abgleiten einzelner Schollen im Zuge von Talzuschubvorgängen andererseits) aus dem ursprünglichen Gesteinsverband gelöst haben.

#### **Rutschungen (Bodenkriechen) und Anrisse (Uferanbrüche) in Lockergesteinen**

Wie schon in der Arbeit von HOHENBÜHEL (1981) eindringlich dargestellt, sind die Talflanken des Rettenbaches und des Himmeltalbaches nahezu auf der gesamten Bachstrecke von einem mehr oder weniger starken talwärts gerichteten Kriechen der Verwitterungsdecke und/oder der Lockergesteinsschicht geprägt. Zahlreiche kleine lineare Anrisse weisen auf eine aktive talwärtsgerichtete Bewegung in Oberflächennähe hin. In bewaldeten Einhängen ist der langsame Kriechvorgang am Säbelwuchs der Bäume erkennbar (hingegen deutet chaotisch ausgerichtete Schiefstellung von Bäumen auf tiefgreifende Rutschungen hin).

Das Kriechen der Lockergesteine und Böden wird vor allem vom Feuchtigkeitsgehalt der oberflächennahen Zone abhängig. Bei konzentriertem Wasserzutritt (durch Starkregen oder intensiver Durchfeuchtung durch Oberflächenwasser und Hangwasser) kann Bodenkriechen in Bodenfließen übergehen (steigender Porenwasserdruck, Nachlassen der Reibungskräfte).

Andererseits wird durch Beschädigung der Vegetationsdecke in vernässten Hangteilen (z.B. durch zu schwergewichtigen Viehbestand verursacht) bei konzentriertem Wasserzutritt die Erosionswirkung erhöht. Solche Beschädigungen wurden besonders in den vernässten Hangteilen südöstlich der Hinteren Brunnalm Niederleger und westlich der Äußeren Brunnalm Niederleger beobachtet.

Uferanbrüche entstehen durch Seitenerosion eines fließenden Gewässers in Lockergesteinen bzw. Anschüttungen, wobei die Seitenerosion im Gegensatz zum Tiefenschurf kein größeres Gefälle braucht. Der Uferanbruch beruht somit auf einem örtlich stärkeren seitlichen Angriff auf die Böschung. An den Uferflanken des Rettenbaches und des Himmeltalbaches finden sich Anrisse von gewaltigem Ausmaß fast auf den gesamten Bachstrecken. Die Uferanrisse können hier vorwiegend zusammen mit Felskriechen (meist in Form von Mehrfachrutschungen) seltener auch in Verbindung mit Rutschungsanbrüchen im Lockergestein (z.B. im Himmeltalbach) auftreten.

Im Untersuchungsgebiet liegt im Zusammenhang mit der Folgewirkung des ehemaligen Bergbaues auf die Umgebung ein nicht zu übersehender Risikofaktor im Anschneiden von Haldenmaterial durch Bacherosion. Im vorliegenden Fall bestehen bereits mehrere Geschiebeherde in erzhältigem Haldenmaterial, z.B. östlich oberhalb der Äußeren Brunnalm Niederleger und südöstlich der Inneren Brunnalm Niederleger. Dabei muss mit steigenden Schwermetallgehalten in den talwärts anschließenden Bachstrecken gerechnet werden.