

**Analyse der Massenbewegungen Vorderes Wattental –  
unter Berücksichtigung geotechnischer und hydrogeologischer Aspekte**

*H. Madritsch & F. Riedl  
Institut f. Geologie und Paläontologie  
Universität Innsbruck  
6020 Innsbruck, Innrain 52*

## **1. Einleitung**

Im Zuge zweier Diplomarbeiten am Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Innsbruck und in Zusammenarbeit mit der ILF Innsbruck erfolgte im Sommer 2002/2003 eine Analyse von Massenbewegungsprozessen im Vorderen Wattental, südlich von Wattens.

Die Zielsetzung des Projektes, die auch die Abklärung von, durch Massenbewegungen induzierten infrastrukturellen Problemen (Bewegungen im Portalbereich eines Kraftwerkstollens, Quelleneinzugsgebietsbestimmung) umfasste, erforderte eine multidisziplinäre Arbeitsmethodik.

Neben der geologischen Aufnahme (1:10.000) wurden außerdem eine geomorphologische Detailkartierung (1:5.000), ein hydrogeologisches Monitoring (Isotopen, Hydrochemie,...), geotechnische Messungen (Fissurometer, Konvergenzmessungen) und geodätische Messungen (GPS) durchgeführt.

## **2. Geologischer Rahmen**

### **2.1 Petrographie**

Das gesamte Arbeitsgebiet liegt geologisch gesehen innerhalb des Innsbrucker Quarzphyllit Komplexes. Dieser erfährt eine Unterteilung in verschiedenste metamorphe Gesteinstypen, die sich sowohl in ihren mineralogischen, als auch in ihren geotechnischen Eigenschaften unterscheiden. Aufgrund von Leitgesteinen konnte eine Seriengliederung (Mostler et al., 1982) in eine ältere Quarzphyllit-Grünschiefer-Serie, eine Karbonat-Serizitphyllit-Serie und eine jüngeren Schwarzschiefer-Karbonat-Serie durchgeführt werden. Im Arbeitsgebiet wurden folgenden Lithologien angetroffen, wobei die verschiedenen Phyllite den Hauptanteil stellen.

#### Quarzphyllit

Die mineralogische Zusammensetzung besteht hauptsächlich aus Quarz, welcher in Lagen bzw. Linsen auftritt. Der Phyllosilikatanteil (Muskovit, teilw. Chlorit) ist gering.

#### Chlorit-Serizit-Phyllit

Makroskopisch lässt sich dieser Typ im Gelände recht gut aufgrund der roten Verwitterungsfarbe und dem speckigen Glanz erkennen. Mineralogisch dominieren Phyllosilikate (Chlorit, Glimmer), die vorher beschriebenen Quarzlagen bleiben hier zur Gänze aus.

#### Grünschiefer

Bei den Grünschiefern kann eine Unterscheidung in karbonatreiche und karbonatarme Grünschiefer, die in Verbindung mit Chloritphylliten auftreten, vorgenommen werden. Der karbonatreiche Typ besitzt makroskopisch, neben einem auffallenden Flechtenbewuchs, eine

wabenförmige Verwitterungskruste. Der karbonatarme Grünschiefer tritt hingegen ausschließlich in Verbindung mit Chloritphylliten auf. Im Gelände ist der scharfe Wechsel zwischen sprödem (Grünschiefer) und duktilem (Chloritphyllit) Deformationsverhalten deutlich erkennbar (*Abb.1*). Der Chlorit-Serizit-Phyllit ist makroskopisch vom Chloritphyllit schwer zu unterscheiden und in der mineralogischen Zusammensetzung nur durch Details (niedriger Chlorit-, erhöhter Muskovit-/Serizitgehalt) gekennzeichnet.

Abb.1:  
Grenzbereich zwischen  
Spröder und duktiler Deformation



### Marmore

Die Marmorlagen stellen neben den Grünschiefern und den Porphyroiden einen wichtigen Leithorizont innerhalb des Innsbrucker Quarzphyllit Komplexes dar. Die Marmore treten häufig in Form von Megaboudins auf, was ihr rasches Auslinsen im Gelände zur Folge hat.

### Porphyroide

Dieser Gesteinstyp wird als permische Intrusion (Rockenschaub et al., 2003) gedeutet. Die Gesteine treten schieferungskonkordant auf, die Mächtigkeiten schwanken zwischen 2-1m. Die graublauen Quarzblasten, sind ein Charakteristikum dieser Porphyroide und in einer massig bis deutlich geschieferten Matrix eingebettet.

### Schwarzschiefer

Dabei handelt es sich um karbonatreiche graphithaltige Schiefer, die in der jüngsten Serie (Karbonat-Schwarzschiefer-Serie: Devon) vorkommen und nur auf der Ostseite des Wattentals aufgeschlossen sind. Auf der Westseite fehlen sie zur Gänze.

### Granatglimmerschiefer

Einen reliktsch höher metamorphen Anteil im IQP bilden die teilweise bitotitführenden Granatglimmerschiefer. Ein mikroskopisches Kennzeichen ist die Chloritisierung der idiomorphen Granate, die einen retrograden Metamorphosepfad repräsentiert.

## **2.2 Strukturgeologie**

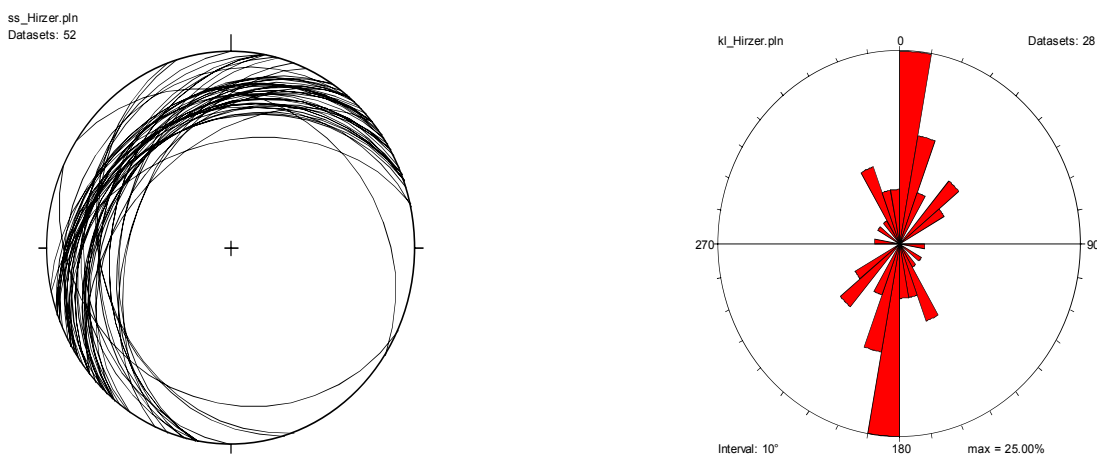
Das strukturgeologische Inventar im Innsbrucker Quarzphyllit ist mannigfaltig und das Resultat polyphaser duktiler sowie spröder Deformation. Aktuelle Studien zur Deformationsabfolge des Quarzphyllit Komplexes gehen auf Kolenprat et al. (1999) zurück. Rockenschaub et al. (2003) nehmen als Großstruktur des Innsbrucker Quarzphyllit

Komplexes eine isoklinale nordvergente Synform an. Dies konnte im Arbeitsgebiet, aufgrund des Vorkommens einer aufrechten und einer inversen Abfolge nachvollzogen werden.

Für die Massenbewegungen sind einerseits gewisse duktile Deformationsstrukturen und andererseits die spröden Strukturen relevant.

Bei den duktilen Strukturen ist besonders die dominante und engständige Schieferung zu nennen. Sie stellt die Achsenebenenschieferung einer isoklinalen Faltung dar und wird ihrerseits durch eine wellige offene Faltung überprägt. Die Schieferung fällt im Großteil des Arbeitsgebietes konstant mittelsteil nach Nordwesten ein (*Abb.2*). Nur im Norden (Sagspitze, Largoz), wo die offenen Falten Wellenlängen von bis zu 100 m aufweisen fällt die Schieferung vereinzelt nach Süden ein. Diese duktilen Strukturen sind besonders in den Phylliten ausgeprägt. In den kompetenteren Einschaltungen (Marmore, Grünschiefer) ist die Schieferung oft nur undeutlich ausgebildet, die kleinräumige Faltung fehlt.

Die spröden Strukturen stellen die jüngsten im Quarzphyllitkomplex dar. Die Hauptstörungsrichtungen streichen NW-SE, NE-SW und EW, wobei es sich hauptsächlich um schräge Seitenverschiebungen handelt. Die Klüfte streichen großteils N-S, also hangparallel (*Abb.3*).



*Abb.2 u. Abb.3: Die Großkreisdarstellung der Schieferung zeigt das monotone flache Einfallen des Quarzphyllits nach NW. Das Rosendiagramm (Abb.5) zeigt das hangparallele N-S streichen der Klüfte.*

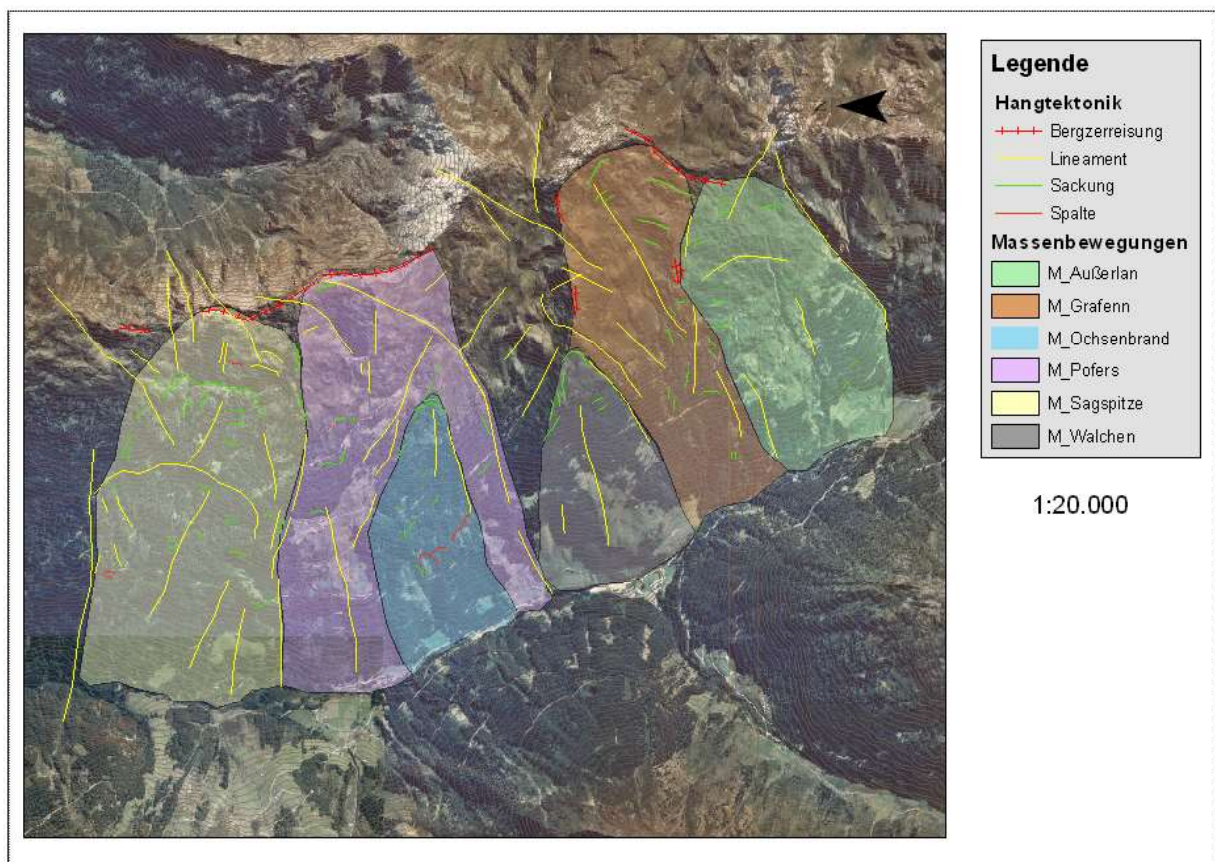
### 2.3 Geotechnische Charakterisierung

Aufgrund der lithologischen und struktureologischen Beschaffenheit des Quarzphyllits kann eine einfache geotechnische Charakterisierung erfolgen. Der Großteil der Gesteinsabfolge wird von hochteilbeweglichen Phylliten aufgebaut denen in unregelmäßigen Abständen kompetente Gesteine eingeschaltet sind. Die Mächtigkeit letzterer Gesteine kann dabei stark schwanken und sich lateral rasch ändern.

Struktureologisch ist vor allem die engständige Schieferung von Bedeutung. Auch die häufig vorkommenden Scherbandstrukturen führen zu hohen Teilbeweglichkeiten. Ein Teil der Störungen und der Großteil der Klüfte streichen hangparallel und kommen damit der Ausbildung von Abrisskanten entgegen.

### 3. Massenbewegungsprozesse Wattental - Ost

Durch die geomorphologische Übersichtskartierung und die Auswertung von Luftbildern (Waldbestandsbefliegung, 1953) und Orthofotos (TIRIS, Amt der Tiroler Landesregierung) konnten im Arbeitsgebiet 6 großräumige Massenbewegungen ausgemacht werden (*Abb.4*). Bei diesen handelt es sich um tiefgreifende gravitative Hangdeformationen, die die Prozesse Talzus Schub, Bergzerrei ßung und Sackung umfassen (vgl. Weidner 2000, Moser 1994). Au ßerdem treten sekundäre aktive Hangrutschungen auf. Diese Massenbewegungsprozesse führten im Arbeitsgebiet zur Beschädigung der Wattentalstraße, Forstwegen und der Wasserleitung der Gemeinde Wattens.



*Abb.4: Geomorphologische Übersicht Wattental Ost  
(Orthofoto Land Tirol, Lagehöhenplan BEV Wien)*

#### Geomorphologie

Die Talzuschiebe zeigen die, für derartige Massenbewegungen typischen geomorphologischen Merkmale. Bergzerrei ßung und Doppelgratbildung (vgl.: Ampferer 1939), sind ebenso ausgeprägt, wie ein charakteristischer konkav-konvexer Hangverlauf (übersteilter Hangfuss), Sackungsstufen bzw. Nackentäler und eine quasi in situ stattgefundene Felszerlegung (*Abb.5 u. Abb.6*)





Abb.5: Bergzerreißung entlang des  
Sagspitz- Hirzer Grats



Abb.6: Sackungsstaffeln im weiteren  
Hangverlauf

### Geologie

Als Grund für die bevorzugte Entwicklung solcher tiefgreifender Hangdeformationen entlang der östlichen Talflanke des Wattentals muss, aufgrund der geologischen Kartierung die ungünstige Lagerung der Gesteine gesehen werden. Die Phyllite fallen hangparallel flach bis mittelsteil nach NW ein, wodurch die Schieferungsflächen potentielle Gleitflächen für derartige Massenbewegungsprozesse darstellen. Zudem streichen Störungs- und Kluffflächen hangparallel und zeichnen somit Abrisskanten vor. E-W, senkrecht zum Hangverlauf streichende, Störungen waren bei der Entwicklung der Talzuschubsgrenzen von Bedeutung. Auffällig ist die fehlende Entwicklung einer Bergzerreißung im Bereich des Hirzers. Dies ist auf die lithologische Beschaffenheit der Gesteine in diesem Bereich zurückzuführen, da hier quarzitische Gneise, gegenüber Phylliten überwiegen.

### Kinematik

Hinweise auf die Kinematik der Talzuschübe geben vor allem geomorphologische Indikatoren. Die stark konkav-konvexen Hangprofile weisen in jedem Fall auf tiefgreifende Bewegungen hin (Zischinsky, 1969). Die Bergzerreisungen und Doppelgrate der Talzuschübe „Sagspitze“, „Pofers“ und „Grafenn“ sind typische Erscheinungsbilder gleitender Talzuschübe (Bunza, 1982). Die engständig geschieferten flach einfallenden Phyllite stellen zwar eine günstige Ausgangssituation zur Ausbildung diskreter Gleitbahnen dar, ob eine solche im Untergrund tatsächlich ausgebildet ist kann jedoch nicht gesichert angegeben werden. Hinweise auf die Existenz einer durchgehenden basalen Gleitfläche des Talzuschubs „Sagspitze“ ergaben die hydrogeologischen Methoden (Hydrochemie, Isotopenhydrologie vgl. Madritsch 2003).

Am übersteilten Hangfuß des Talzuschubs Ochsenbrand kam es zur Entwicklung einer sekundären Rutschung („Ochsenbrand“ Rutschung) (Abb.7: Profil). Diese Rutschung wurde im Detail im Sinne der Generallegende der „Geologischen Stelle des forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung“ (vgl.: Sönser & Wanker, 1997) im Maßstab 1:5000 kartiert. Die Kartierung zeigte, dass es sich um 3 eigenständige Rutschkörper handelt, die eine außerordentliche Aktivität aufweisen, und entsprechende Auswirkungen auf Forst und Infrastruktur haben. Hinweise aus den Luftbilduntersuchungen deuten darauf hin dass bei der Anlage dieser Rutschung auch tektonische Vorzeichnung im Sinne von Störungen im Abrissbereich eine Rolle spielte.

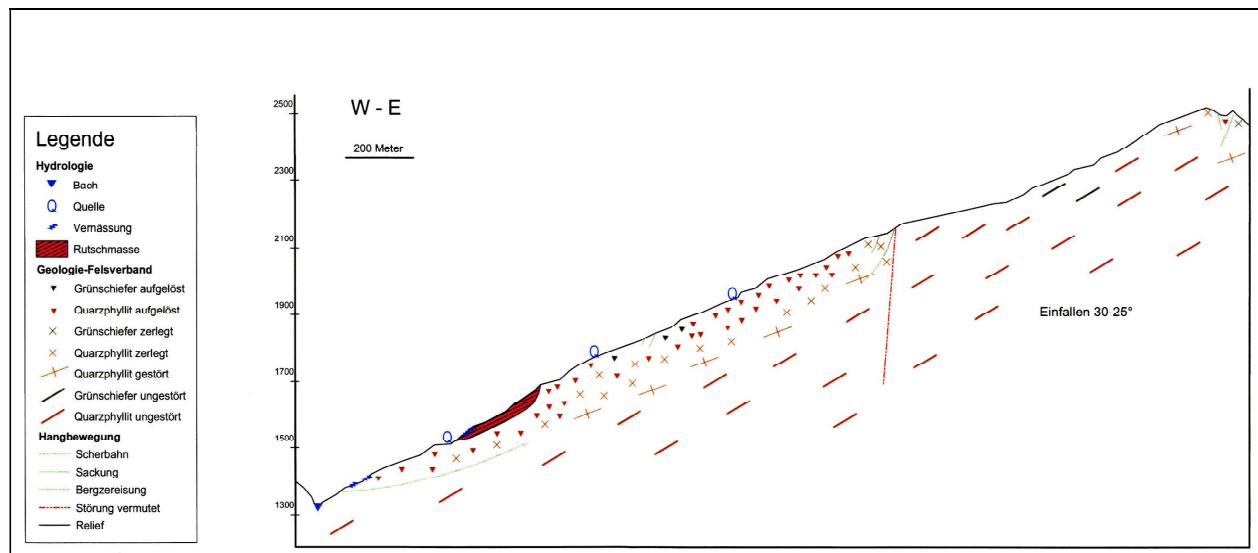


Abb.7: Schematisches Profil durch den Ochsenbrand Talzuschub der Ochsenbrand Rutschung ansetzend am übersteilten Hangfuß

### Aktivität

Die rezente Bewegungsrate der Talzuschübe muss als sehr gering eingestuft werden, da keine Hinweise auf aktive Bewegung (offene, Spalten etc.) festgestellt werden konnten. Zu geringen Bewegungen kommt es, bemerkbar an Auswirkungen an der Vegetation („betrunkenen Wald“), nur in Teilbereichen.

Im Bereich der „Ochsenbrandrutschung“ werden in Zusammenarbeit mit Dr. Krainer (Univ. Innsbruck) GPS –Messungen zur Quantifizierung der Bewegungsrate durchgeführt.

### Alter

Die Aktivierung der Talzuschübe erfolgte wie durch Überschneidungskriterien mit glazialen Sedimenten belegt ist, nicht zeitgleich. Die Anlage der Talzuschübe „Ochsenbrand“ und „Walchen“ die auf ca. 2100m Höhe ansetzen, erfolgte später als die des Talzuschub „Grafenn“. Letzterer wurde vermutlich schon sehr früh angelegt (Spätglazial ?) und war scheinbar auch nur kurz aktiv. Dies ist durch die ungestörte Überschneidung der Sackungstafeln und Zugspalten durch Moränenwälle belegt. Die Spalten der Talzuschübe „Ochsenbrand“ und „Walchen“ überprägen diese Moränenstände bereits. Die Entwicklungsgeschichte der Talzuschübe „Pofers“ und „Sagspitze“ ist vermutlich ähnlich jener des Talzuschubs „Grafenn“.

### Hydrogeologie

Neben einer geologisch/geomorphologischen Bearbeitung wurde die östliche Flanke des Wattentals, aufgrund des Vorkommens großer genutzter Quellen auch hydrogeologisch untersucht. Außerdem sollten diese Untersuchungen zusätzliche Informationen über den Tiefgang und die Struktur der Massenbewegungen liefern.

Für diesen Zweck stellten sich  $^{18}\text{O}$  Isotopen Untersuchungen zur Bestimmung der mittleren Einzugsgebietsfläche als besonders hilfreich heraus. Außerdem wurde ein 12 Monate dauerndes Monitoring-Programm (LF, S, Temp.) und hydrochemische Analysen, durchgeführt.

Die Untersuchungen zeigten dass der Großteil der Quellen, vor allem jene mit Austritten in höheren Hanglagen, sehr rasch und ausgeprägt auf die Schneeschmelze reagieren. Die elektrischen Leitfähigkeiten dieser Quellen sind gering ( $< 140 \text{ uS/cm}$  Jahresmittel). Dies deutet auf kurze Verweilzeiten hin. Die Isotopenuntersuchungen ergaben für Quellen am Fuß der Massenbewegungen hingegen Hinweise auf sehr tiefreichende Wasserwegigkeiten, im

sonst als Geringleiter einzustufenden Quarzphyllit.

**4. Instabile Hangflanken im Portalbereich (Wattental - West)**  
(unter Berücksichtigung hydrogeologischer und geotechnischer Fragestellungen)

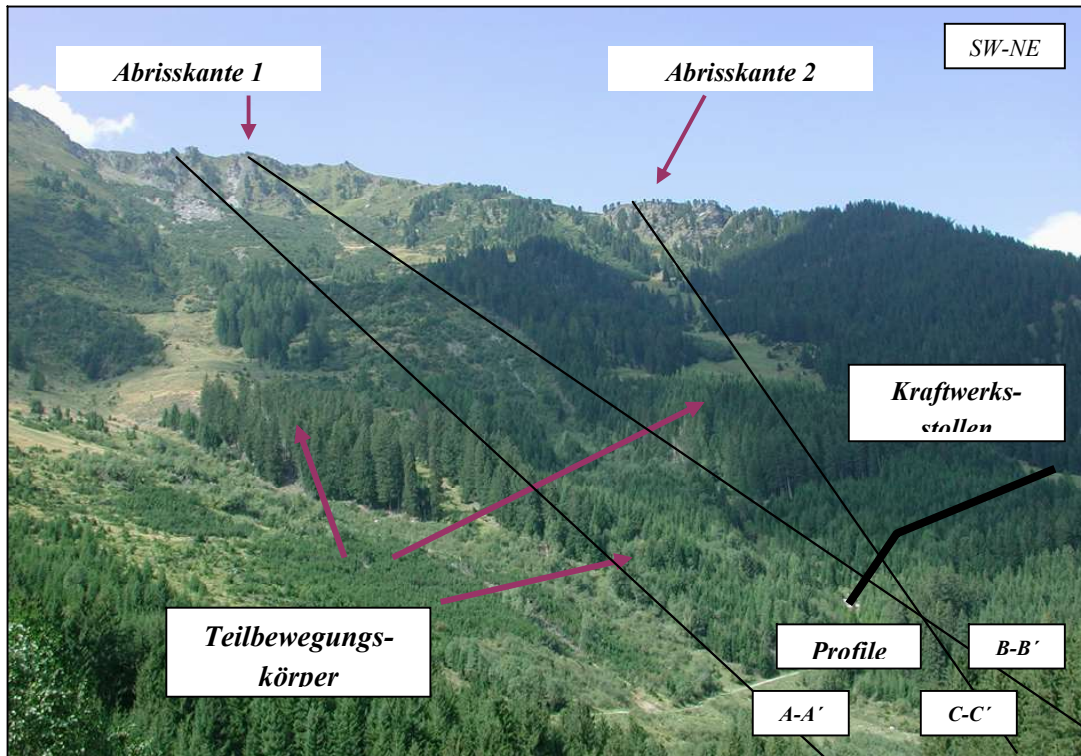


Abb. 8: Verlauf des Kraftwerksstollens innerhalb der Hangverformung

Im Zentrum dieser angewandten geomorphologischen - geotechnischen Aufnahme steht ein Kraftwerksstollen an der orographisch linken Flanke des Wattentals auf einer Höhe von 1320 m ü.d.M.

Auf basierenden Arbeiten von Clar u. Weiss (1965), Moser und Glumac (1983), Spaun (1985) und Poscher (1990) wurden bereits die Auswirkungen von tiefgreifenden Massenbewegungen auf bautechnische Anlagen erkannt und beschrieben.

Aktuelle Bewegungen im Portalbereich des Kraftwerksstollens, gekennzeichnet durch Haar- und Radialrisse, Betonabplatzungen und Magnesiumtreiben an den Ulmen, erfordern einen interdisziplinären Methodenansatz. Dabei soll die Kinematik der Hangverformung und deren Auswirkung auf den Kraftwerksstollen ermittelt werden.

Dieser Methodenansatz deckt nachstehendes Spektrum ab:

- Geomorphologische, geologische und hydrogeologische Detailkartierung
- Geodätische Vermessungen
- Geotechnische Aufnahme im Kraftwerksstollen

Geomorphologische Kartierung

Die morphologischen Rahmenbedingungen sind gekennzeichnet durch zwei markante Abrisskanten im Gratbereich und einzelnen Teilbewegungskörper innerhalb der Hangverformung. Diese Teilbewegungskörper weisen relikte bis subrezente Verhältnisse auf und stellen eine Kombination aus Rotations- (oberer Hangbereich) und Translationsbewegung (untere Hangbereich) dar (vgl. Bunza, 1982).

Neben dem morphologischen Geländebefund sprechen auch die geodätischen Ergebnisse für bereits abgeschlossene finale Prozesse.

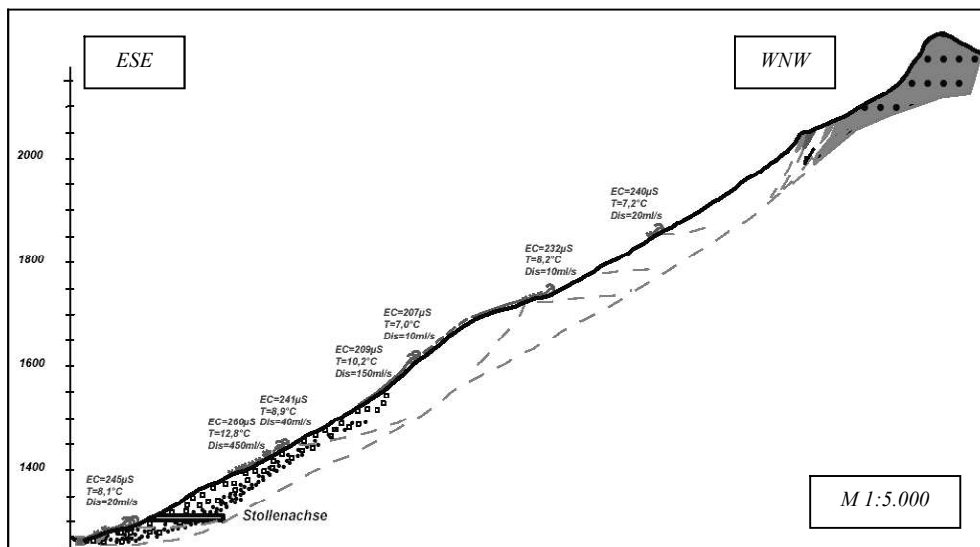


Abb. 9:  
Geologisch - morphologischer Längsschnitt – Profil B-B'

Hydrogeologie

Die hydrogeologische Beobachtung richtet sich sowohl auf die Quellaustritte Ober- als auch Untertage.

Obertage

Das Messprogramm Obertage beinhaltet 6 Quellaustritte, die hinsichtlich ihrer monatlichen Schwankungen in der elektrischen Leitfähigkeit, der Wassertemperatur, der chemischen und in der isotopenhydrochemischen Zusammensetzung untersucht wurden.

Die meist diffusen Quellaustritte mit der erneut raschen Versickerung in den Untergrund und dem Wiederaustritt nach wenigen Metern, deuten auf flachgründige Sekundärquellen hin (ÖWWV 205/3.7).

Untertage

Im Portalbereich des Kraftwerksstollens sind die Quellaustritte als Abschlauungen gefasst. Die ersten monatlich gemessenen Ergebnisse der elektrischen Leitfähigkeiten und der Wassertemperaturen zeigen erhöhte Schwankungen zwischen den Sommer- und Wintermonaten. Die niedrigeren elektrischen Leitfähigkeiten in den Monaten Mai/Juni stellen einen Verdünnungseffekt nach der Schneeschmelze dar.



Geochemie

Die vorläufige Erkenntnis auf Basis der chemischen Wasserzusammensetzung ergibt nach ÖNORM B 3305 bzw. DIN 4030, dass die unterirdischen Quellen keine betonaggressiven Wässer darstellen.

Isotopenhydrochemie

Für die Ermittlung des mittleren hydrographischen Einzugsgebietes ist eine 12-monatige Probenentnahme Voraussetzung. Aufgrund mangelnder Datengrundlage kann zu diesem Zeitpunkt noch kein exaktes mittleres hydrographisches Einzugsgebiet definiert werden.

Geotechnik

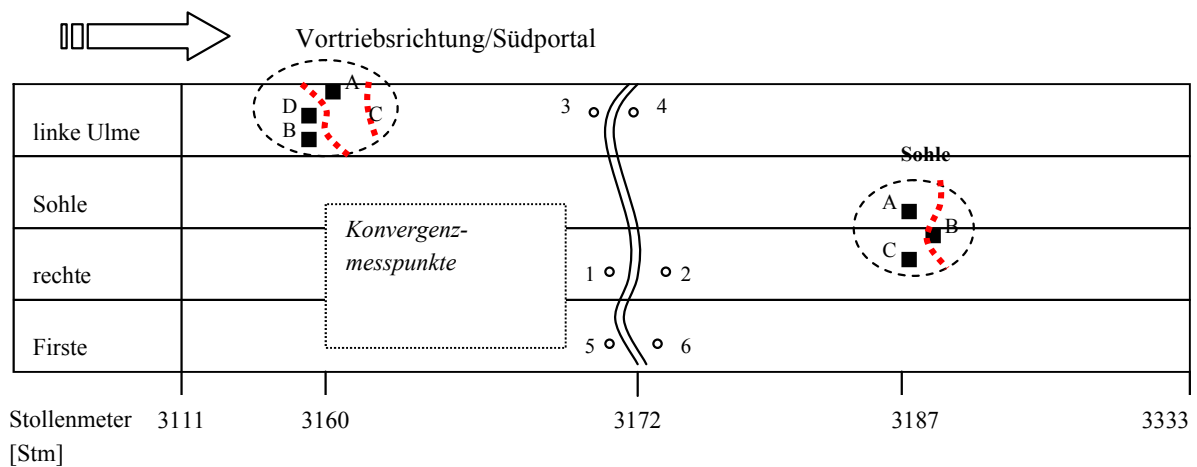


Abb. 10 Stollenband im Portalbereich von Stm 3111 bis Stm 3333

Ergänzend zu den oben genannten Untersuchungen erlauben die geotechnischen Fissurometer- und Konvergenzmessungen eine Quantifizierung der Bewegungen im Portalbereich des Kraftwerkstollens. Der Untersuchungszeitraum beträgt ebenfalls 12 Monate und erfasst die 2D-Längsschnitt- und Querschnittverformung mittels Konvergenzmaßband. Die Entwicklung der Haarrisse wird mit dem Fissurometer quantifiziert. Hauptaugenmerk wurde aufgrund des größten Versatzes (Abb. 11) auf die Rissentwicklung unter der ETERNIT - Druckwasserleitung bei Stm.3187 gelegt. Zur Erfassung des Vertikalversatzes wurde eine eigens angefertigte Eisen-Winkel-Konstruktion angebracht.

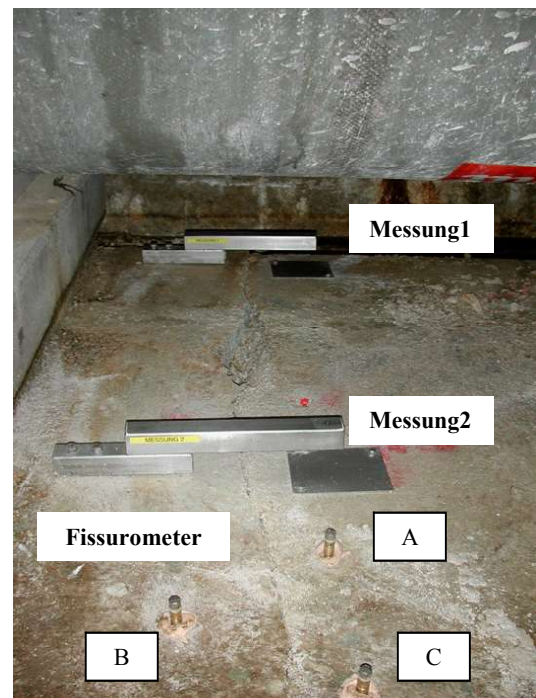


Abb. 11

Fissurometermesspunkte bei Stm.3187

Im Zeitraum von der Nullmessung im Oktober 2002 und der ersten Folgemessung im Juni 2003 konnte bei Stm.3187 ein kontinuierlicher Anstieg des Vertikal- als auch des Horizontalversatzes beobachtet werden. In den Sommermonaten zwischen Juli 2003 und September 2003 stellte sich eine Stabilisierung des Systems ein.

### Schlussfolgerung

Auf Basis einer noch nicht zur Gänze ausgewerteten Datengrundlage sind erste Hinweise bzw. Wechselwirkungen zwischen der instabilen Hangflanke und den Bewegungen im Portalbereich des Kraftwerksstollens erkennbar.

Der geomorphologische Geländebefund ergab vorwiegend relikte bis fossile Hangverformungen (Teilbewegungskörper), die in ein finales substabiles Stadium zu stellen sind.

Die hydrogeologischen Verhältnisse Ober- als auch Untertage zeigen im jahreszeitlichen Verlauf ähnliche Schwankungen in der elektrischen Leitfähigkeit und in der Wassertemperatur. Dieser erste Hinweis deutet u. a. auf oberflächennahe nicht tiefgreifende Wasserwegigkeiten.

Die Vernässungs- und Versickerungszonen auf einer Höhe von 1300 – 1450 m ü.d.M. weisen chemisch als auch isotopenhydrochemisch Parallelen zu den untertägigen Quellen im Portalbereich.

Die geotechnische Aufnahme im Kraftwerkstollen ergab ab Juni 2003 eine erkennbare Stabilisierung der Prozesse.

Der erhöhte Vertikal- als auch Horizontalversatz bei Stm. 3187 von Oktober 2002 bis Juni 2003 kann aufgrund der geomorphologischen, hydrogeologischen und geotechnischen Rahmenbedingungen wie folgt erklärt werden.

Der Portalbereich liegt zwischen Stm.3111 – Stm.3187 im Lockermaterial (Blockwerk). Die Vernässungs- und Versickerungszonen auf einer Höhe von 1300 bis 1450 m ü.d.M. verursachen durch die Auswaschung der Basis des Blockwerkes eine Internrotation. Diese Internrotation äußert sich in Form von Bewegungen im Portalbereich des Kraftwerkstollens. Bedingt durch die einsetzende Stabilisierung ab Juni 2003 kann dieser singuläre Prozess als abgeschlossen betrachtet werden, wobei die Fortführung des Messprogrammes eine Grundvoraussetzung darstellt.

## **5. Resümée**

Die Analyse der Massenbewegungen im Vorderen Wattental zeigte deutlich, wie prägend inaktive Großhangbewegungen sich langfristig auf die hydrogeologischen und geotechnischen Verhältnisse auswirken und die Ausgangssituation für sekundäre aktive Massenbewegungen darstellen. Außerdem zeigte sich einmal mehr die Bedeutung eines multidisziplinären Ansatzes (Geologie, Geomorphologie, Hydrogeologie, Geodäsie) bei der Beurteilung

derartiger Massenbewegungen.

**Danksagung:** Wir bedanken uns bei unseren Diplomarbeitbetreuern Prof. Karl Krainer und Dr. Gerhard Poscher sowie bei der Fa. ILF, der GBA und dem Institut f. Hygiene für die Finanzierung des Projektes.

### Literatur

- AMPFERER, O. (1939): Über einige Formen der Bergzerreißung. -Sitz. Ber. Akad. Wiss. Math. natw. Kl., 148, 1-14, Wien.
- BUNZA, G. (1982): Systematik und Analyse alpiner Massenbewegungen. -[in:] Bunza, G., Karl, J., Mangelsdorf, J. & Simmersbach, P.: Geologisch - morphologische Grundlagen der Wildbachkunde.-Schriftenreihe d. Bayer.Landesamt f. Wasserwirtschaft, Heft 17, S.1-84, München.
- CLAR, E. u. WEIS, P. (1965): Erfahrungen im Talzuschub des Magnesit-Bergbaues auf der Millstätter Alpe. – Berg- und Hüttenmänn. Monatsh. 110, 447-460; Wien.
- DIN 4030 (1991): Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase
- HADITSCH, J.G. u. MOSTLER, H. (1982): Zeitliche und stoffliche Gliederung der Erzkommen im Innsbrucker Quarzphyllit. - Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, 12: S.1-40.
- HUMER, G. et al. (1995): Niederschlags-Isotopenmessnetz Österreich. - Umweltbundesamt, Monographien, Bd.52 –, Wien
- KOLENPRAT, B. et al. (1999): The tectonometamorphic evolution of Austroalpine Units in the Brenner area (Tyrol, Austria) - Structural and tectonic implications. Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, Series A, Vol. 52, 116-117.
- MADRITSCH, H. (2003): Hydrogeological investigations on springs within large scale landslides using oxygen18 analysis, Wattental, Tyrol, Austria. – 1<sup>st</sup> Conference on Applied Environmental Geology in Central and Eastern Europe, Abstract Volume, Vienna
- MOSER, M. u. GLUMAC, S. (1983): Geotechnische Untersuchungen zum Massenkriechen in Fels am Beispiel des Talzuschubes Gradenbach (Kärnten). – Verh. G.B.-A., 1982/3, 209-241; Wien.
- MOSER, M. (1994): Geotechnics of large scale slope movements (“Talzuschübe”) in Alpine Regions. 7<sup>th</sup> international IAEG congress. 1533-1542, Rotterdam.
- ÖWWV-REGELBLATT 205 (1990): Nutzung und Schutz von Quellen in nicht verkarsteten Bereichen. – Österr. Wasserwirtschaftsverband, Wien.
- POSCHER, G. (1990): Geotechnische und morphologische Untersuchungen im Bereich des Talzuschubes „Lahnstrichbach“ / Fügenberg. – Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck, Bd. 17, 39-49; Innsbruck.
- ROCKENSCHAUB, M., KOLENPRAT, B. & NOWOTNY, A. (2003): Innsbrucker Quarzphyllitkomplex, Tarntaler Mesozoikum, Patscherkofelkristallin. – Geologische Bundesanstalt, Tagungsband Arbeitstagung Blatt 148 Brenner, S.41-58.
- SÖNSER, Th. & WANKER, W. (1997/98): Generelle Legende für geomorphologische Kartierungen des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinerverbauung in Österreich. -BMLF - Forsttechnischer Dienst f. Wildbach u. Lawinen-Verbauung- Geologische Stelle, Innsbruck.
- SPAUN, G. (1985): Tunnelbau in instabilen Hängen. – Geotechnik, 1/85; Essen (VGE).
- STINI, J. (1941): Unsere Täler wachsen zu. -Geologie und Bauwesen, 13, S. 71-79
- WEIDNER, S. (2000): Kinematik und Mechanismus tiefgreifender alpiner Hangdeformationen unter besonderer Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse. – Unveröff. Diss. Friedrich Alexander Universität Erlangen, 246 S., Nürnberg.
- ZISCHINSKY, U. (1969): Über Bergzerreißung und Talzuschub, - Geolog. Rundschau, 58, H.3, S. 974-983, Stuttgart.