

# Die Geologie in der Umgebung von Schoppernau (Vorarlberg, Österreich) und ihre Bedeutung bei der Entstehung von Hangbewegungen

M. Ruff, W. Kassebeer & K. Czurda

## Zu den Autoren

Dipl.Geol. Michael Ruff, geboren 1972 in Füssen, Studium der Chemie (abgebr.) und der Geologie an der Universität Karlsruhe mit dem Schwerpunkt Ingenieurgeologie, Diplom 2000, als Diplomarbeit erarbeitete er im Sommer 2000 eine geologische und geotechnische Kartierung in der Südlichen Vorarlberger Flyschzone (Bregenzer Ach / Schoppernau), zur Zeit Promotion am Institut für Angewandte Geologie (Projekt Georisikokarte Vorarlberg).

Dipl.Geol. Wolf Kassebeer, geboren 1966 in Kiel, zwischen 1972 und 1988 aufgrund der Arbeitssituation des Vaters im Ausland (Tunesien, Philippinen, Japan), Studium der Geologie an der Universität Karlsruhe, Diplom 1997, 1997–1998 GIS-Betreuung am Lehrstuhl für angewandte Geologie. Zur Zeit Abschluss der Promotion (Projekt Georisikokarte Vorarlberg – Pilotprojekt Bregenzerwald).

Prof. Dr. Dr. K. Czurda, Studium der Geologie und Mineralogie an der Universität Innsbruck und Heidelberg sowie Bauingenieurwesen an der TU Budapest. Promotion in Geologie an der Universität Innsbruck, postdoktorale Aufenthalte in Kanada und Zürich, Gastprofessuren in Japan, Thailand und Salzburg. Inhaber des Lehrstuhls für angewandte Geologie und Institutsleiter an der Technischen Universität Karlsruhe. Dekan der Fakultät für Bio- und Geowissenschaften.

## Abstract

The vicinity of Schoppernau presents a good example for the relationship between geological environment and mass movements. The lithology of the Vorarlberger Flysch demonstrates the classic problems of layered deep-water sediments. Weathered marls, saturated with water after heavy rainfalls, are a predestined environment for rupture surfaces which in turn lead to landslides (i.e. the Üntschen landslide). Another factor promoting mass movements are the tectonic discontinuities which developed during the building process of the alps. In order to achieve a functional hazard assessment for the region, the area of the Vorarlberger Flysch has to be investigated intensively. By digitalising our field observations and applying statistical methods using a Geographical Information System (GIS), we try to isolate the factors responsible for mass movements in the region. Evaluation of these factors will hopefully lead to a systematic approach to hazard evaluation.

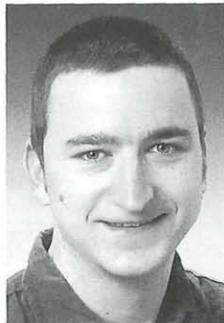
Key words: Vorarlberger Flysch, Massmovements, Schoppernau, Landslides, Geohazard Assessment, GIS, Üntschen landslide, Austria.

VORARLBERGER  
NATURSCHAU

11

SEITE 59–72

Dornbirn 2002



## Zusammenfassung

In der Gegend von Schoppernau lässt sich der Zusammenhang zwischen Geologie und Mechanismus von Massenbewegungen gut nachvollziehen. Die Gesteine des Vorarlberger Flysch zeigen das klassische Problem gut geschichteter Wechselfolgen: die stark verwitterungsanfälligen mergeligen Schichten begünstigen die Ausbildung von Gleitflächen. Für eine Georisiko-Beurteilung muss aus diesem Grund der Bereich des Vorarlberger Flysch besonders genau betrachtet werden. Das Risiko für eine Rutschung ist leider von so vielen voneinander unabhängigen Faktoren abhängig, dass allgemeine Gesetzmäßigkeiten schwer zu ermitteln sind. Wir hoffen jedoch unter Verwendung von Geographischen Informationssystemen (GIS) und Statistischen Berechnungen eine Methode zu finden, welche die Suche nach Risiko-Gebieten wesentlich erleichtert.

## 1. Einleitung

Im Rahmen des Projektes „**Georisikokarte Vorarlberg** – Pilotprojekt Bregenzer Wald“ soll eine Einschätzung der Gefahren, welche von Massenbewegungen verschiedener Art (Felsstürze, Rutschungen, Muren etc.) ausgehen, für den Bereich des Bregenzer Waldes in einem ca. 2 km breiten Streifen entlang der Bregenzer Ach erfolgen. Das Projekt wird am Institut für Angewandte Geologie der Universität Karlsruhe (TH) im Auftrag der Vorarlberger Landesregierung und der Vorarlberger Naturschau erarbeitet. Im Sommer und Herbst 2000 wurde eine geologische und geotechnische Revisionskartierung des gesamten Streifens durchgeführt. Dieser Artikel stellt Ergebnisse aus der sog. **Südlichen Vorarlberger Flyschzone** vor, ein Bereich der sich in einem etwa 5-10 km breiten, Ost-West verlaufenden Gürtel von Feldkirch nach Obersdorf zieht. An der Bregenzer Ach erstrecken sich die Gesteine dieser Einheit von Schoppernau im Norden bis Bad-Hopfreben im Süden. Im Vorarlberger Flysch, der zum sog. **Rhenodanubischen Flysch** gehört, lässt sich ein klassischer Zusammenhang zwischen der Genese, also der Entstehung der Gesteine sowie deren heutiger Lagerung, und den an den Bergflanken auftretenden Massenbewegungen erkennen. Nur durch ein Verständnis des geologischen Aufbaus können mögliche Gefahrenzonen erfasst werden, an denen in näherer Zukunft Bewegungen erfolgen könnten. Im Folgenden soll dieser Zusammenhang aufgezeigt und an Beispielen in der Umgebung von Schoppernau erläutert werden.

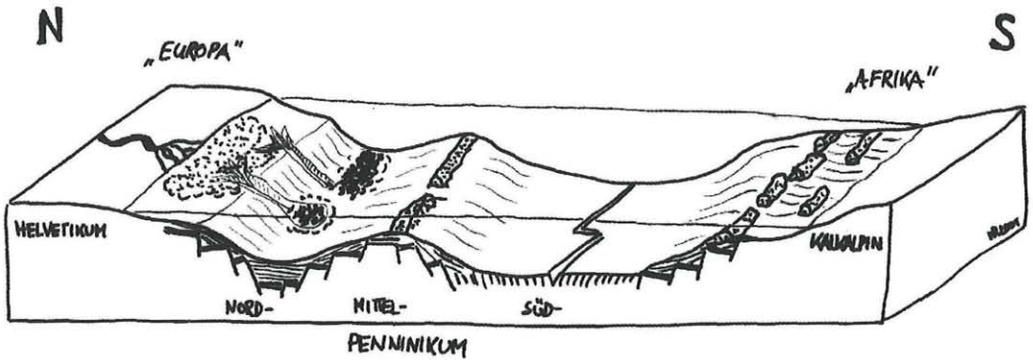
## 2. Die Gesteine des Rhenodanubischen Flysch

Alle Gesteine rund um Schoppernau sind **Sedimentgesteine**, d.h. sie wurden vor etwa 200 Mio. Jahren als Lockermaterial abgelagert und mit der Zeit zu den Gesteinen verfestigt, die wir heute dort vorfinden. An vielen Gesteinen kann man anhand ihrer Zusammensetzung sowie dem Fossilgehalt erkennen, in welchem aquatischen Milieu sie abgelagert wurden.

Bei der Sedimentation wird immer eine Lage (**Schicht** od. **Bank**) über der anderen abgelagert, egal ob es sich dabei um Schalen von Muscheln, Kalkschlamm aus Algen, Sand, oder ganz feine Partikel in der Tonfraktion handelt.

Einen Stapel solcher Lagen bezeichnet man als **Serie** oder **Formation**. Weil sich die Ablagerungsbedingungen wie Wassertiefe, Klima oder Meeresströmungen über die Jahrhunderte ständig ändern, ist eine solche Formation in der Regel aus Schichten aufgebaut, welche sich in ihrer Zusammensetzung und Ausprägung unterscheiden. So entstand im Fall der Vorarlberger Flyschzone eine etwa 3.000 m mächtige Formation, in der sich harte Sandsteine und Konglomerate mit weichen Ton- und Mergelgesteinen rhythmisch abwechseln.

Wie sah der Ablagerungsraum damals aus? Die Gesteine der Flysch Formation entstanden vor etwa 200 Mio. Jahren in einem schmalen, langgestreckten aber tiefen Ozeanbecken, dem sog. **Penninischen Ozean**. Nördlich wurde der Ozean von dem damaligen Europäischen Kontinent begrenzt, dessen Küste mächtige Korallenriffe und ausgedehnte Lagunen säumten. Die Fossilien zahlreicher Meerestiere (Fische, Korallen, Krebse usw.) belegen diese Lebensräume. Die südliche Küste des Penninischen Ozeans bildete der Afrikanische Kontinent (Abb. 1).



Die Sedimente, die während dieser Zeit an der europäischen Küste abgelagert wurden, bilden die heutigen Gesteinsformationen des **Helvetikum**, die der ehemaligen Afrikanischen Küste die Gesteine des **Kalkalpin**. Wahrscheinlich gab es innerhalb des Ozeans eine Schwellenregion, die das Ozeanbecken in ein Nord- und Südbecken aufteilte. Die Gesteine des **Penninikum** sind vorwiegend klastische Sedimente, welche in Folge von **Turbiditen** (Trübestrome) entstanden sind. Sie sind vielfach rhythmisch oder in alternierenden Lagen aufgebaut und bilden die typischen **Flyschserien**.

Wie muss man sich die Entstehung solcher Trübestrome vorstellen? An der Küste und am Kontinentalhang sammelt sich das aus der Festlandsverwitterung im Hinterland durch Flüsse angelieferte klastische Material an. Gravitativ, durch Erdbeben- oder Sturmereignisse ausgelöst, kommen die Sedimentmassen in Bewegung, bilden Turbidite und lagern sich korngrößensortiert bzw. als Sediment der Tonfraktion aus der Meerwassersuspension ab (siehe linken Teil der Abb. 1).

So entstanden im Verlauf von Jahrtausenden die Formationen des Vorarlberger Flysch. Der gesamte Stapel besteht aus einem Wechsel zwischen Sandsteinen (aus den Turbiditen) und Tonsteinen als Suspensionsniederschlag in der

Abb. 1: Der Ablagerungsraum vor ca. 200 Mio. Jahren (verändert nach SCHOLZ 1995)

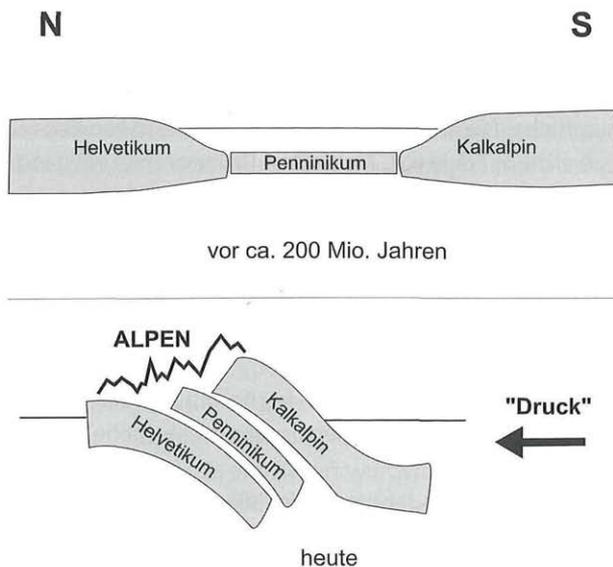
Ruhephase bzw. in küstenfernen Regionen (distaler Flysch). Durch andere Umwelteinflüsse und grossräumige Veränderungen der Meeresströmungen kommen noch Lagen aus Kalksteinen und Mischungen aus Kalk- und Tonsteinen (Mergel) dazu. Unter diesen Voraussetzungen kann man innerhalb des gesamten Stapels fünf unterschiedlich alte Formationen unterscheiden, die sich jeweils unter ähnlichen Bedingungen gebildet haben (Tab. 1).

Was geschah nach der Entstehung dieses Sedimentstapels? Der afrikanische Kontinent bewegte sich aufgrund der Plattentektonik relativ zu Europa nach Norden. Dadurch wurde der Ozean eingeengt, wobei Teile des ozeanischen Untergrundes unter die Afrikanische Platte geschoben wurden (subduziert). Die Gesteinsstapel des Helvetikum, Penninikum und Kalkalpin wurden dabei von ihrer ehemaligen Unterlage abgetrennt und als riesige Decken übereinander geschoben (Abb. 2). Während dieser, phasenweise ablaufenden, Vorgänge kam

Tab. 1: Die Formationen des Vorarlberger Flysch (die Älteste ist ganz unten aufgeführt)

Name	Ausbildung	Verbreitung
Fanola „Serie“	Graue Sandsteine, Mergel und Kalksteine, relativ weich, Bänke meist im Meter-Bereich	Vordere Üntschentalpe, Gautalpe, Hochalpe
Plankner-Brücke „Serie“	Graue Sandsteine, Kalksteine und schwarze Tonsteine, sehr hart, (Bänke kleiner 1 m)	Üntschenspitze, Gräsalpe, Armenseelenkapelle Blendlerbach
Piesenkopf „Serie“	Helle Kalksteine und dunkle Tonsteine (weich, Bänke jeweils wenige cm)	
Reiselberger Sandstein	Braune Sandsteine (Bänke bis 5 m) und schwarze Tonsteine (hart, Bänke bis wenige cm)	Blendlerbach, Sennauerbach Dürrenbach
Ofterschwanger „Serie“	Hpts. hellgraue Mergel, sehr weich	Dürrenbach

Abb. 2: Stark schematische Darstellung (Comic) zur Entstehung der Alpen und deren Aufbau aus den drei großen Deckenkörpern.



es weiterhin zur Bildung von Trübeströmen in dem immer enger werdenden Becken. Irgendwann wurde der Stapel aber über die Meeresspiegel herausgehoben und die ozeanische Sedimentation hörte auf. Heute liegt der Gesteinsstapel des Vorarlberger Flysch zwar als Decke, aber in sich mehr oder weniger intakt vor, wobei seine ehemals horizontal gelagerten Schichten heute nach Süden gekippt sind.

Nachdem der Stapel gekippt und über den Meeresspiegel gehoben wurde, war er etwa 100 Mio. Jahre lang den Naturgewalten ausgeliefert. Durch Verwitterung, Erosion und die Kraft der Flüsse bildet sich nach und nach die typische Landschaft, wie wir sie aus der Umgebung von Schoppernau kennen. Eine besondere Rolle bei der Gestaltung der Landschaft spielten die Gletscher, die sich während den Eiszeiten tief in die Gesteine eingegraben haben. Ihre erosive Kraft erweiterte die Täler vor allem an den Stellen, an denen die weichen Gesteine anstehen (z.B. Ofterschwanger „Serie“ bei Schoppernau), während die härteren Formationen größeren Widerstand boten und das Tal dort enger blieb (z.B. die Klamm an der Armeseelenkapelle in der Plankner-Brücke „Serie“).

Nach dem Ende der Eiszeit hinterließen die Gletscher an vielen Stellen Lockersedimente in Form von Moränen. Ein weiterer Vorgang, welcher heute noch nicht abgeschlossen ist, ist die Bildung von bis zu einigen Meter mächtigen Auflagen aus lockerem Verwitterungsmaterial auf den durch Gletscher übersteilten Hangflanken.

### 3. Massenbewegungen

Es lassen sich verschiedene Arten von Massenbewegungen unterscheiden. Dazu gehören Fels- und Bergstürze genauso wie das Fließen von Muren, das Rutschen ganzer Hangpartien oder das kriechende Zerreißen großer Bergmassive. Obwohl rund um Schoppernau einige dieser Mechanismen vorkommen, sollen hier nur die häufigsten, die sog. Rutschungen, vorgestellt werden:

Von einer **Rutschung** oder **Gleitung** sprechen wir, wenn sich ein zusammenhängender Körper (Rutschmasse) auf einer bestimmbaren Fläche bergab bewegt. Eine solche **Gleitfläche** kann im Gestein schon vorhanden sein (z.B. Schichtung), oder durch Bruch neu entstehen. In letzterem Fall ist die Gleitfläche meist gebogen und die Masse rutscht nicht nur bergab, sondern wird auch gedreht (rotiert). Man spricht von einer **Rotationsrutschung** (Abb. 3).

Diese Art der Bewegung ist in Lockergesteinen, wie z.B. in Moränen oder Verwitterungsauflagen, häufig.

In Festgesteinen erfolgt eine Bewegung meist entlang einer ebenen Gleitfläche (translativ) und wir sprechen von einer **Translationsrutschung** (Abb. 4).

Diese Art der Bewegung tritt v.a. in Sedimenten und metamorphen Gesteinen auf, da hier die ebenen Gleitflächen vorgezeichnet sind. Zu Rutschungen kommt es meist, wenn die Trennflächen mehr oder weniger parallel zum Einfallen des Hanges orientiert sind. Liegen die Bänke söhlig (horizontal), so wird aus felsmechanischen Gründen der Hang weitgehend als stabil angesehen. Stehen die Flächen saiger (senkrecht), ist eher mit einem Toppling (Kippen) zu rechnen (Abb. 5).

Abb. 3: Prinzipskizze einer Rotationsrutschung

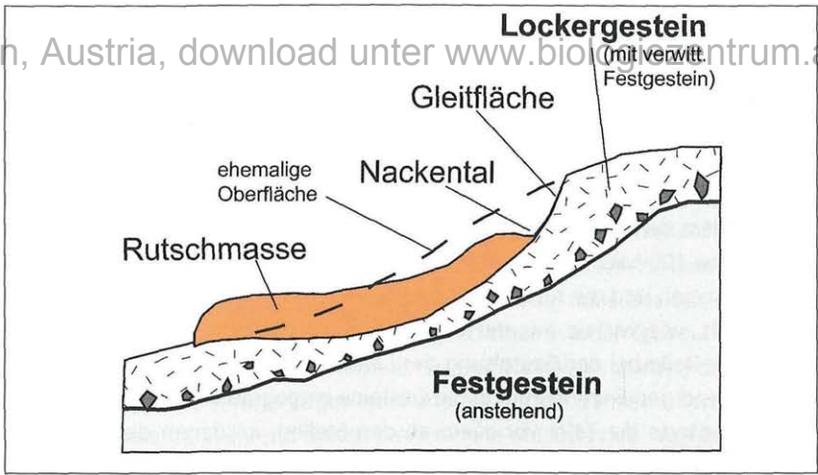


Abb. 4: Prinzipskizze einer Translationsrutschung.

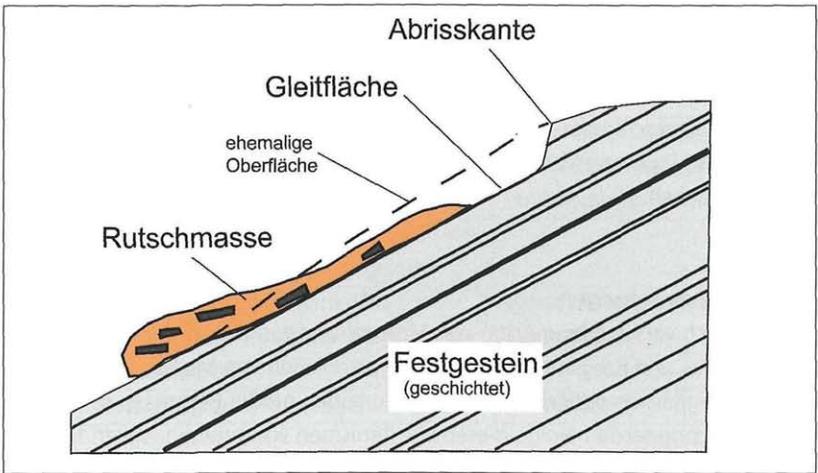
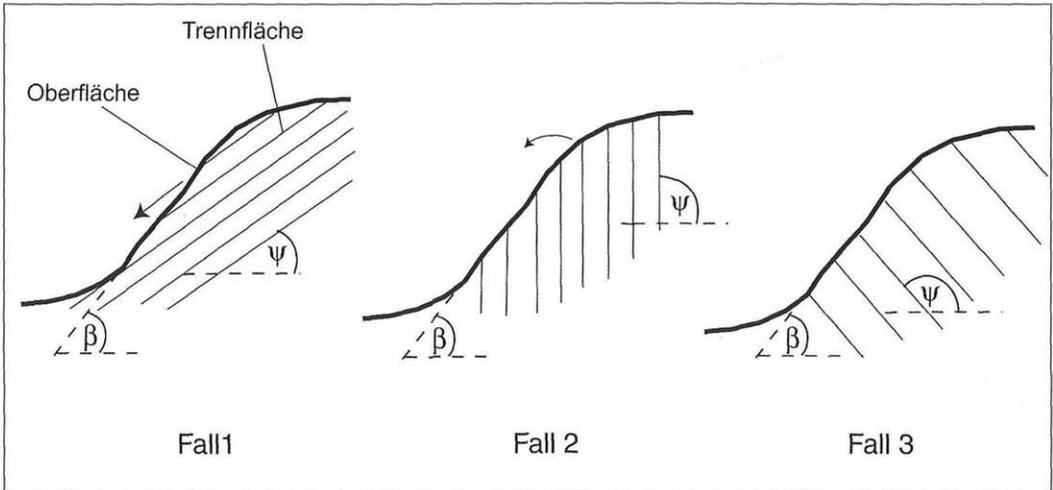


Abb. 5: 3 Fälle von möglichen Orientierungen von Hangneigung und Trennflächengefügen (stark schematisch);  $\beta$  = Hangneigungswinkel,  $\psi$  = Trennflächenwinkel. Zu Rutschungen führt nur Fall 1, Fall 2 führt zu Toppling, Fall 3 ist stabil.



In der Natur kommen meist Rutschungen vor, die sowohl translative als auch rotative Anteile haben. Solche Bewegungen bezeichnet man dann als **kombinierte Rutschungen**.

Art und Ausmaß einer Rutschung zu bestimmen ist in freier Natur oft eine schwierige Aufgabe. Direkt zu erkennen sind oft nur die Abrisskanten, welche lediglich den Teil der Gleitfläche zeigen, der durch die Bewegung freigelegt wurde. Die Extrapolation der Gleitfläche in die Tiefe erfolgt durch geometrische Konstruktion unter Beachtung der umgebenden geologischen Verhältnisse, wie z.B. vorhandener Schwächezonen im Gesteinsverband. Vielfach müssen die Ergebnisse durch Bohrungen verifiziert werden.

Für das mechanische Verhalten der Flyschgesteine selbst – und damit für ihre Anfälligkeit gegenüber Rutschungen – sind zwei Eigenschaften ausschlaggebend: die Lithologie und die Trennflächen aus Schichtung und Klüftung (s.u.). Die wichtigsten Punkte sind hierbei:

- Schichten aus Sandstein oder Kalkstein (kompetente Schichten) verhalten sich spröde (sie sind hart und zerbrechen bei Belastung). Schichten aus Mergeln oder Tonsteinen (inkompetente Schichten) verhalten sich nur im trockenen Zustand spröde, bei Wasserzugabe (z.B. durch Regen) nehmen sie grössere Mengen an Feuchtigkeit auf und werden dadurch weich und verformbar (plastisch).
- Da die Flyschgesteine immer aus einem Wechsel von Sandsteinen/Kalksteinen und Tonsteinen/Mergeln bestehen, besteht auch ein ständiger Wechsel zwischen hart und weich.
- Die Mächtigkeiten der Gesteinslagen unterscheiden sich ganz erheblich. Je nach der Menge des Lockermaterials, welches der Trübestrom in die Tiefe verfrachtete, schwanken sie zwischen einigen Zentimetern und einigen Metern (siehe Abb. 6).
- Bei der Entstehung der Alpen verursachte der Druck auf die Gesteine die Bildung von Klüften in ganz bestimmter räumlicher Orientierung. In einem Teil dieser Klüfte wurde Calcit ausgefällt, der als weiße, glänzende Adern zu erkennen ist. Der andere Teil blieb jedoch offen und verursacht eine Zerteilung der Gesteine (z.B. fallen an Strassenrändern häufig eckige, rautenförmige Geometrien der Gesteine auf).

Das Zusammenspiel dieser Faktoren bestimmt, ob eine Rutschung an einem Hang begünstigt oder behindert wird. Zeigen Flyschgesteine wechselnder Lithologie eine bestimmte Raumstellung in einem Hang so kann es nach längeren Regenperioden passieren, dass die harten Lagen auf den weichen Lagen in Bewegung geraten. Dies ist leider so oft der Fall, dass diese Bewegung dem Flysch auch seinen Namen eingebracht hat (Schweiz. „Flysch“ = „Fließen“).

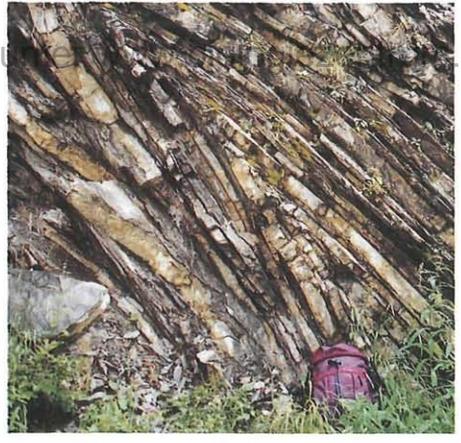
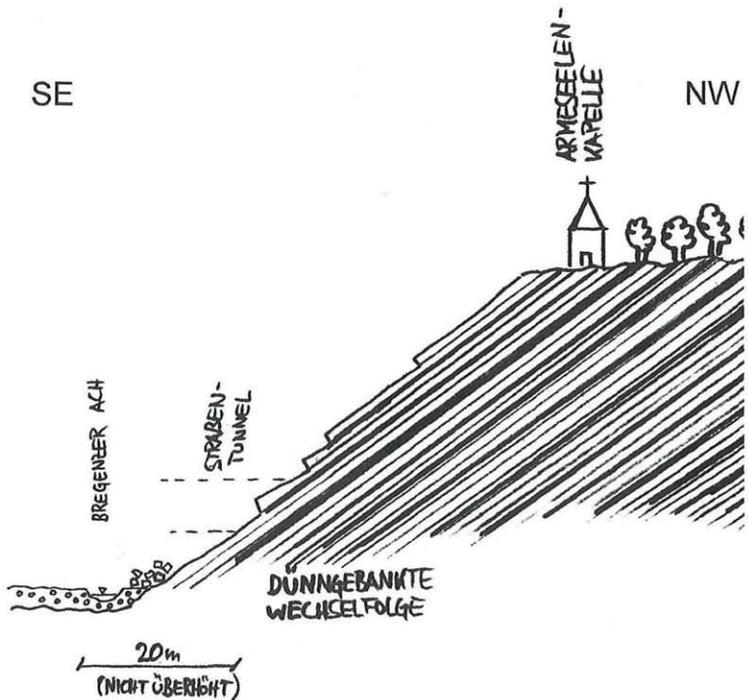


Abb. 6: Beispiele für die verschiedene Ausbildung der Flyschgesteine. Links: Reiselberger Sandstein mit Bänken >1m (am Forstweg Schalzbachvorsäß-Gräsalpe); rechts: Piesenkopf „Serie“, spitzwinkelig verfaultet, mit Bänken < 10cm (Forstweg am Schrecksbach).

### 3.1 Fallbeispiel Armeseelenkapelle

Durch die Lage der Bregenzer Ach an der Klamm südlich von Schoppernaut (Abb. 7) entsteht an der Armeseelenkapelle eine besonders ungünstige Beziehung zwischen Schichtung, Hanglage und Klüftung.

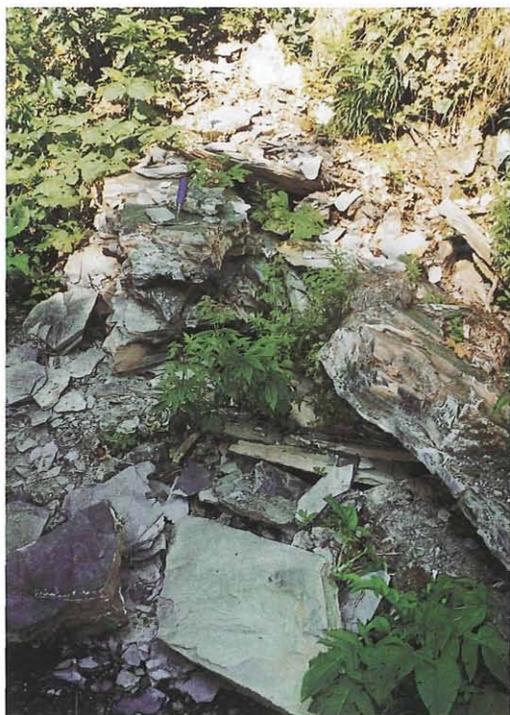
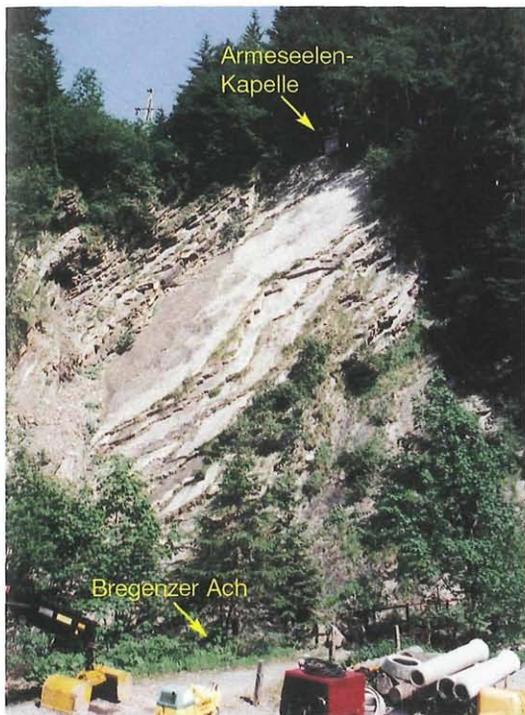
Abb. 7: Handskizze der Situation an der Armeseelenkapelle (Schnitt durch den Hügel)



Die Schichten der Plankner-Brücke „Serie“ sind in diesem Bereich mit 30-50° nach Süden geneigt. Der Hang verläuft südlich der Kapelle etwa in Ost-West-Richtung, also annähernd senkrecht zur Schichtneigung. Die Formation ist zwar

als ganzes gesehen relativ hart, aber dünn gebankt (die Schichten sind nur einige Dezimeter mächtig) und stark geklüftet. Die Klüftflächen stehen dabei fast senkrecht auf den Schichtflächen.

Dadurch entsteht eine Situation, in der Blöcke aus hartem Kalk- oder Sandstein, welche durch die Schnittkanten von Klüftung und Schichtung definiert werden, auf den dazwischenliegenden Ton- und Mergelhorizonten translativ abgleiten können. Einige frisch abgerutschte Blöcke sind immer in der Bregenzer Ach am Fuß der Böschung zu finden (Abb. 8) was darauf hin deutet, dass auch rezent immer wieder Bewegungen isolierter Gesteinskörper stattfinden.



Der Hang ist so instabil, daß sich die Oberfläche im Verlauf mehrere Jahre schon einige Meter hangeinwärts verlagert hat und die Armeseelenkapelle auf der Hangkrone in den 80er Jahren schon einmal um 5 m versetzt werden mußte, um ein Abstürzen des Gebäudes zu verhindern.

### 3.2 Fallbeispiel Üntschen-Rutschung

In den Jahren 1999 und 2000 zeigte die Üntschen-Rutschung an der West-Flanke der Üntschenspitze deutliche Aktivität. Die Rutschmasse ist etwa 1000 m lang, bis zu 600 m breit und wahrscheinlich bis zu 30 m mächtig und liegt in der Fanola-„Serie“.

Schon von weitem ist die Abrisskante der Rutschung als deutliche Geländestufe zu erkennen (Abb. 9). Der Südost-Teil dieser Abrisskante besteht aus nahezu senkrechten, zwischen 10 und 40 m hohen Felswänden, unter denen sich an

**Abb. 8:** Der Hang an der Armeseelenkapelle. Links: Blick von Süden auf den Hang mit zahlreichen Gleitflächen; rechts: raute-förmige Blöcke am Hangfuß.

einigen Stellen kleine Schuttfächer gebildet haben. Nach Nordwesten hin wird die Abrisskante allerdings undeutlicher. Während sie im oberen Hangbereich noch etwa 20 m hoch ist, nimmt die Höhe hangabwärts auf ca. 3 m ab. Als deutliches Zeichen für frische Bewegungen finden sich an vielen Stellen der Rutschmasse Risse im Boden, die bis zu 10 m lang, 50 cm breit und 1 m tief sind. Sie befinden sich meist am Rand der Rutschmasse und sind gegen die Bewegungsrichtung gebogen.

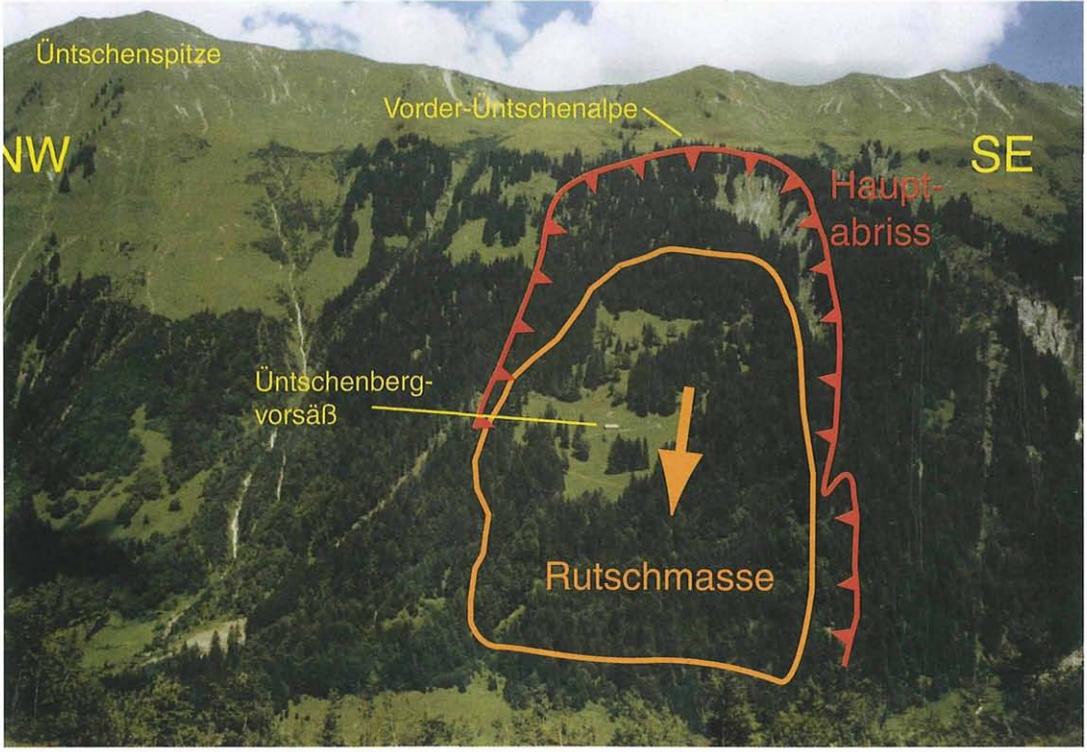
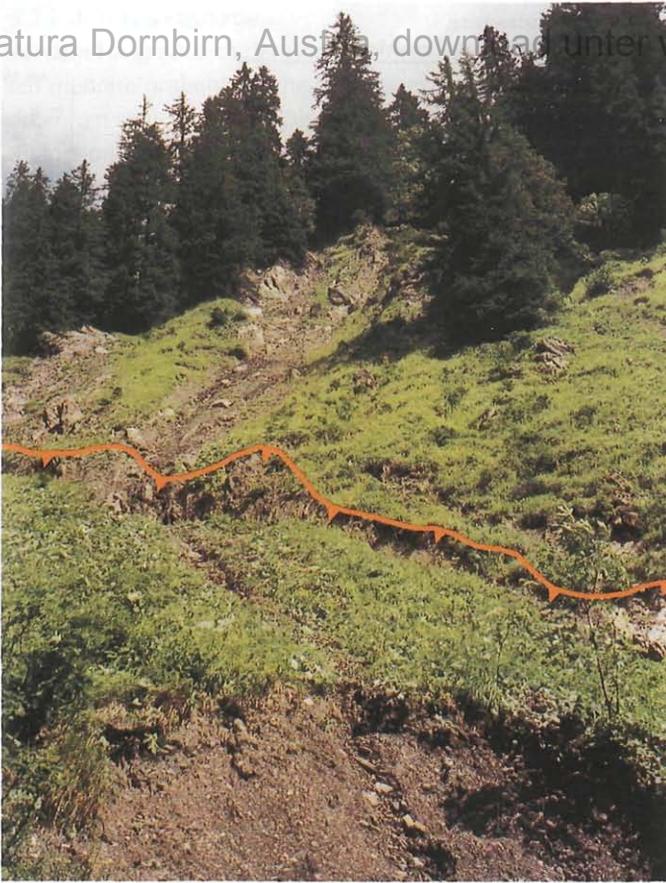


Abb. 9: Blick von der Schiedlenalpe auf den Südwest-Hang der Üntschenspitze mit der Üntschens-Rutschung

Da im Fall der Üntschens-Rutschung die Gebäude zweier Alpen (Vorder-Üntschenalpe und Üntschenbergvorsäß) betroffen sind, existieren für diese Rutschung sogar einige Abstands-Messungen (durchgeführt vom Waldaufseher von Schopperrau Pius Simma), welche die Bewegungsrate gut dokumentieren.

Die Messungen zeigen, dass im Winter 1999/2000 der aktivste Teil der Rutschung der Südost-Teil war. Hier kam es in der Nähe der Haupt-Abrisskante zu einem etwa 15 cm tiefen Abriss (Abb. 10). Insgesamt kam es hier innerhalb von 11 Monaten zu einer Verschiebung von 24 cm.

Abb. 10: Die Spur des Abrisses vom Winter 2000 (genaues Datum nicht bekannt)

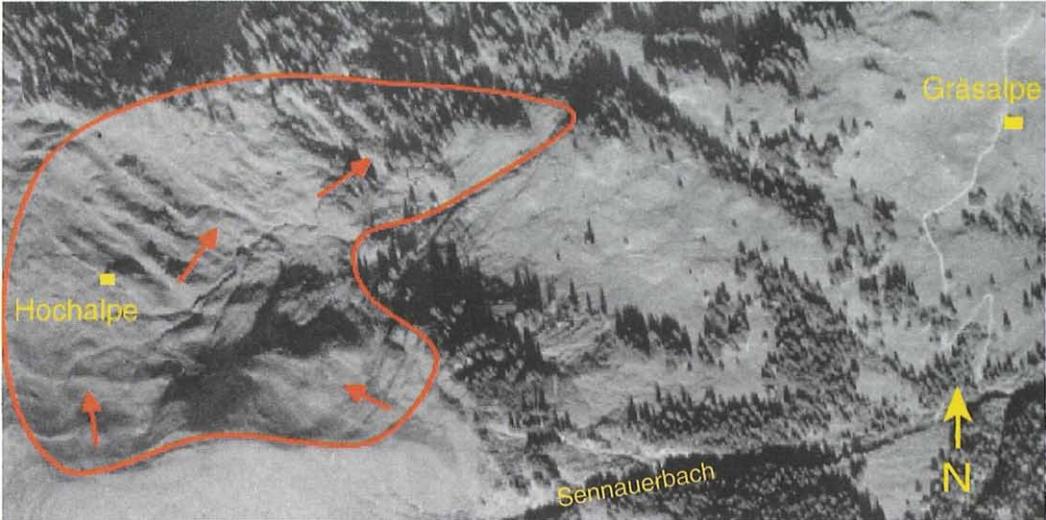


Zum besseren Verständnis dieser großräumigen Rutschung, wurde ein Profilschnitt skizziert (Abb. 11). Unterhalb der Vorder-Üntschenalpe befindet sich die etwa 50 m hohe Hauptabrisskante der Rutschung. Hier spielt die mit etwa  $35^\circ$  fast hangparallel einfallende Schichtung der Fanola-„Serie“ sicherlich eine bedeutende Rolle. An den Weganschnitten lassen sich die stark tonigen Gleitflächen der Translationsrutschung gut erkennen. Darunter folgt dann der Rutschungskörper, der durch einige untergeordnete, rotative Gleitungen gegliedert ist. Er besteht im wesentlichen aus Lockermaterial, enthält aber auch mehr oder weniger zusammenhängende Blöcke mit mehreren Metern Durchmesser (z.B. oberhalb der Üntschenbergvorsäß). Die Gleitfläche ist vermutlich relativ eben und liegt in ca. 20-30 m Tiefe. Der Rutschungskörper scheint unterhalb der Üntschenbergvorsäß geteilt zu sein, jedenfalls gibt es keinen Hinweis darauf, dass einige hier hervortretende Felsen als Blöcke bewegt worden sind. Genaue Aussagen darüber könnten aber nur durch weitere Untersuchungen gewonnen werden (z.B. Sondierungen).



### 3.3 Fallbeispiel Hochalpe

An dem Hang nördlich der Hochalpe (nordwestlich des Toblermanns-Kopfes) fallen mehrere grabenähnliche Strukturen auf, welche auch im Luftbild klar zu erkennen sind (Abb. 12). Die meisten dieser Strukturen sind etwa Nordwest-Südost orientiert, etwas weiter östlich gibt es aber auch Strukturen, die etwa senkrecht dazu liegen.



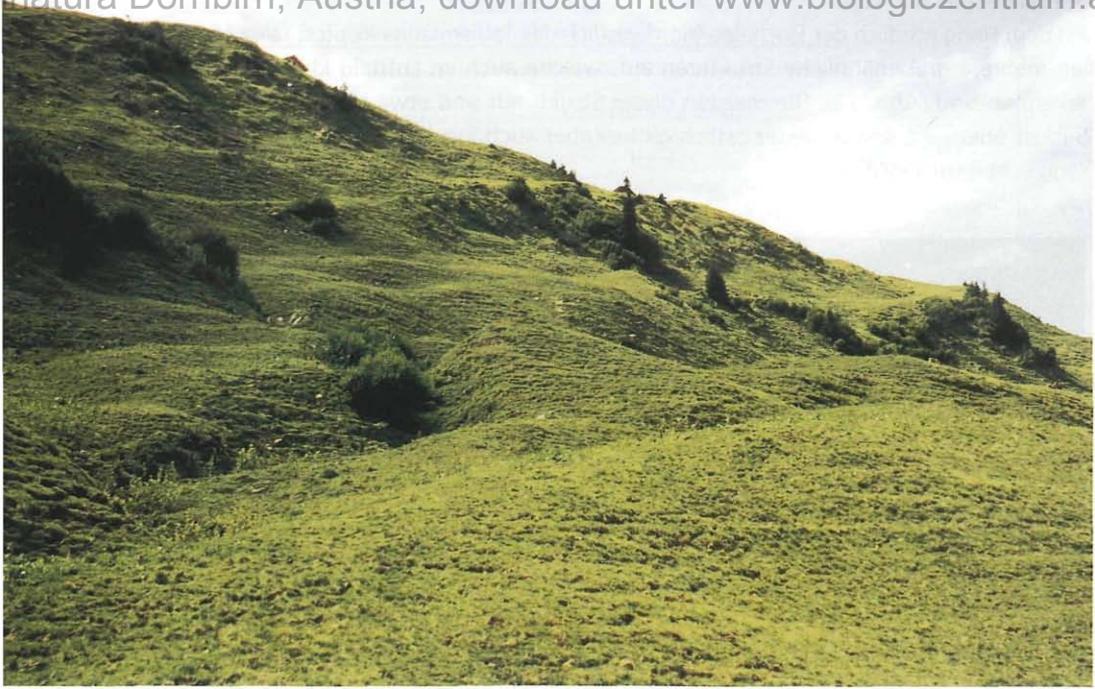
Diese Depressionen sind zwischen 50 und 100 m lang, 2 bis 10 m breit und bis zu 3 m tief. Sie sind zum Hang hin gebogen und treten staffelförmig auf. Die Schichten der hier anstehenden Fanola-„Serie“ sind mit etwa 40-50° nach Süden orientiert, fallen also gegen den Hang ein. Ein Zusammenhang der Strukturen mit der Schichtung wie in den vorangegangenen Beispielen ist also nicht wahrscheinlich.

Allerdings sind die Gesteine der Fanola-„Serie“ sehr mergelig und damit verwitterungsanfällig und so bildete sich auf den Flyschgesteinen eine bis zu zwei Meter mächtige Schicht aus lockerem Verwitterungsmaterial.

Die auffallende Regelmäßigkeit und die Form der Depressionen, lässt eine Erklärung als kriechende (langsame, fließähnliche) Bewegung der Lockergesteinsüberdeckung mit einigen kleineren Rotationsrutschungen innerhalb dieser Schicht vermuten. Einige Depressionen wären so kleine Nackentäler, die zwischen der Rutschmasse und der Abrissfläche entstehen.

Sehr schön ist auf dem Luftbild zu erkennen, wie sich die Depressionen an der Morphologie des Berges orientieren. Unterhalb der Hochalpe scheint sich die Oberfläche stufenweise in Richtung Gräsalpe zu bewegen.

**Abb. 12: Luftbild im Bereich der Hochalpe. Die rote Umrandung zeigt das Ausmaß der Hangbewegung(en), die Pfeile zeigen die jeweilige Bewegungsrichtung.**



**Abb. 13: Hang mit Grabenstrukturen unterhalb der Hochalpe (Gebäude am oberen Bildrand)**

#### **4. Literatur**

- DIKAU, R., BRUNSDEN, D., SCHROTT, L., IBSEN, M.-L. (1996): Landslide Recognition, identification, movement and causes. – 251 S; Sussex (Wiley)
- OBERHAUSER, R. (Red.) (1980): Der geologische Aufbau Österreichs – hrsg. v. d. Geol. B.-A.; Wien-New York (Springer)
- RICHTER, M. (1965): Die Vorarlberger Alpen – Sammlung geol. Führer, 49, 171 S., 58 Abb., 1 Karte; Berlin (Borntraeger)
- RUFF, M. (2000): Geologische und Geotechnische Kartierung in der südlichen Vorarlberger Flyschzone.- 96 S., 105 Abb., 5 Tab., 3 Karten, 1 Profilkarte; Unveröffentlichte Diplomarbeit (Universität Karlsruhe)
- SCHOLZ, H. & SCHOLZ, U. (1995): Bau und Werden der Allgäuer Landschaft. – 305 S., 134 Abb., 47 Taf.; Stuttgart (Schweizerbart)

*Anschrift der Autoren:*

*Dipl.Geol. Michael Ruff*

*Dipl.Geol. Wolf Kassebeer*

*Prof. Dr. Dr. K. Czurda*

*AGK Angewandte Geologie Karlsruhe*

*Universität Karlsruhe*

*Kaiserstrasse 12*

72 *D-76128 Karlsruhe*

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Vorarlberger Naturschau - Forschen und Entdecken](#)

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: [11](#)

Autor(en)/Author(s): Gzurda Kurt, Ruff Michael, Kassebeer Wolf

Artikel/Article: [Die Geologie in der Umgebung von Schoppernau \(Vorarlberg, Österreich\) und ihre Bedeutung bei der Entstehung von Hangbewegungen. 59-72](#)