# Rutschgebiet Hohberg-Rohr (Plaffeien, FR) : Disposition und Aktivität

Autor(en): **Raetzo, Hugo / Keusen, Hans Rudolf / Oswald, Daniel**

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Bulletin für angewandte Geologie**

Band (Jahr): **5 (2000)**

Heft 1

PDF erstellt am: **27.04.2024**

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

| Bull. angew. Geol. | Vol. 5 | Nr. 1 | S. 55–68 | September 2000 |
|---|---|---|---|---|

# Rutschgebiet Hohberg-Rohr (Plaffeien, FR) - Disposition und Aktivität

mit 5 Figuren

HUGO RAETZO[1) 2)], HANS RUDOLF KEUSEN[1)] & DANIEL OSWALD[3)]

*Zusammenfassung*

Die Rutschung Hohberg-Rohr liegt am Kontakt Klippendecke-Flysch. Die instabile Masse besteht aus den entsprechenden Verwitterungsprodukten und älteren Rutschablagerungen. Diese geologische Disposition verursacht ungünstige geotechnische und hydrogeologische Bedingungen. Die 2,5 km lange Rutschung Hohberg-Rohr bewegt sich mit einigen cm bis dm pro Jahr. Zwischen 11'585 BP und 1999 AD sind verschiedene Beschleunigungsphasen eingetreten. Die Schneeschmelze und die ausgiebigen Regenfälle haben im Frühling 1999 die Rutschung Hohberg beschleunigt. Auf der Rutschfront steht das Quartier Gerendacherli, in dem die Schäden aufgrund der Beschleunigung zugenommen haben. Dieses pessimistische Szenario wurde in der vorangehenden Risikoanalyse dargelegt. Zur Überwachung wurde das bestehende Messnetz erweitert und ein Frühwarndienst aufgezogen. Aufgrund des hohen Schadenpotentials werden im Rutschgebiet forstliche, hydrogeologische und wasserbauliche Sanierungsmassnahmen ausgeführt.

## 1. Ereignis

### 1.1 Entwicklung im Rutschgebiet vor 1999

Oberhalb von 1300 m ü.M. münden mehrere kleinere Rutschungen in die Hauptrutschmasse. Diese Rutschungen verzeichnen gemäss dendrochronologischer Analysen eine zyklische Aktivität. 1994 beschleunigt sich bei Unter Guglera Hohberg eine 300 m breite Rotationsrutschung (1450 m ü.M.). In diesem Gebiet werden 1995 die ersten Drainagegräben erstellt. Weiter unten im Rutschgebiet löst sich ein sehr aktiver Schuttstrom und zerstört auf 1310 m ü.M. die Zufahrtstrasse Lengmoos (siehe Fig. 1: dunkelrote Zone, $v > 40$ cm/Jahr). Vermessungen seit 1995 ergeben auf dieser Alpstrasse eine totale Verschiebung von mindestens 20 m. Der stark wassergesättigte Schuttstrom reagiert auf Jahreszeiten und Infiltrationsphasen.

Unterhalb von 1300 m ü.M. rutscht eine tiefgründige Masse auf einer Breite von zirka 300 m Richtung Westen. Die Geschwindigkeiten im mittleren Rutschgebiet betragen 6 – 50 cm pro Jahr. Am linken Ufer des Hohbergbachs sind die Massen schneller als am rechten Ufer. Die tiefgründige Rutschung verlangsamt sich 1998 infolge der trockenen Witterung (siehe GPS-Punkt 12 in Fig. 4). Auf dem Kegel bei

[1)] Geotest AG, 3051 Zollikofen
[2)] Bundesamt für Wasser und Geologie, 3003 Bern (neue Adresse)
[3)] Institut de Géologie, Université Pérolles, 1700 Freiburg

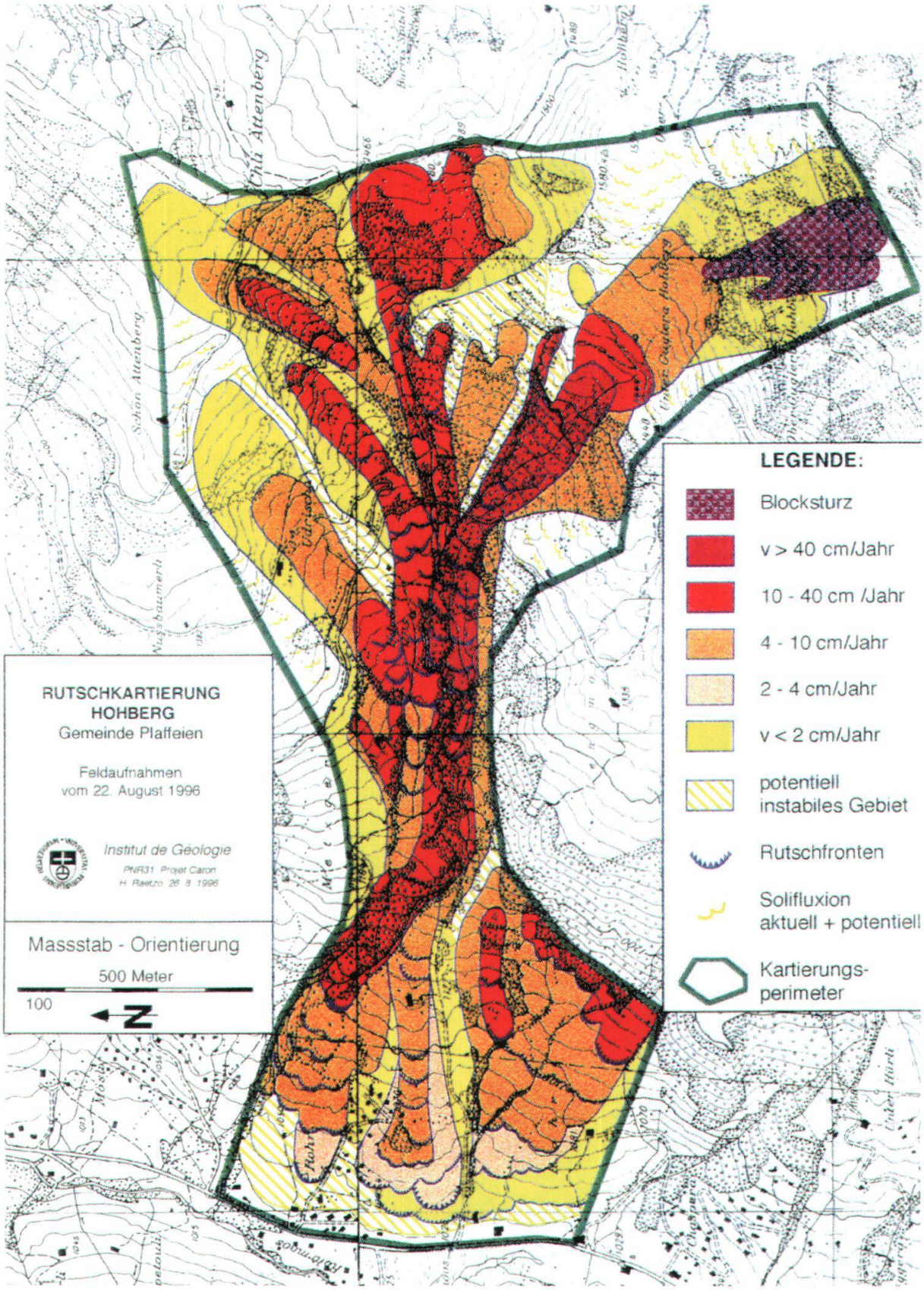


**Fig. 1:** Rutschkartierung Hohberg, Karte der Phänomene vom August 1996. Feldarbeiten im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms 31 (NFP31PNR). Die Rutschung Hohberg-Rohr liegt in der Gemeinde Plaffeien, Kanton Freiburg. Im Tal der Warmen Sense traversiert die Kantonsstrasse Zollhaus-Schwarzsee den Rutschfuss bei Rohr. Die Massenbewegungen haben ihren Ursprung im 1800 m hohen Hohmattli- Hohberg-Massiv.

Ludena-Rohr breiten sich verschieden schnelle Rutschzungen bis auf den Talboden aus. Die Rutschzunge reagiert mit einigen Monaten Verspätung auf die Massenverlagerungen im Einzugsgebiet. Die Geschwindigkeiten nehmen an der Front bis auf wenige mm pro Jahr ab.

### 1.2 Beschleunigung im Frühling 1999

Die ausserordentlichen Schneemengen des Winters 1998/99 und die Regenfälle bewirken eine Zunahme der Verschiebungen beim Schuttstrom Lengmoos, bei der Rutschung Udrischli und schliesslich auf der Front (siehe Kap. 2, Fig. 4+5). Die Beschleunigung im Einzugsgebiet wirkt sich zirka drei Monate später auf die unterliegenden, teils besiedelten Gebiete aus. Im Quartier Gerendacherli nehmen die Scherkräfte zu, sodass an mehreren Gebäuden neue Risse entstehen. Ein Haus wird aufgrund der Deformationen unbewohnbar.

## 2. Disposition

### 2.1 Grunddisposition

#### *2.1.1 Topografie und Nutzung*

*Kennzahlen:*

| | |
|---|---|
| Höhe Anriss: | 1790 m ü.M. |
| Höhe Front: | 1025 m ü.M. |
| Breite: | 300–1000 m |
| Länge: | ca. 2500 m |
| Fläche: | ca. 2 km$^2$ |

Das Rutschgebiet Hohberg wird durch den Hohbergbach entwässert, dieser mündet in die Warme Sense. Der Rutschhang ist grösstenteils Richtung Westen, teilweise Richtung Nordwesten orientiert. Die Hangneigungen erreichen im Anrissgebiet 50° und im langen „Transitbereich" 11–14°. Lokal ist das Gelände aufgrund der Geologie steiler, gegen die Front hin nimmt das Gefälle sukzessive bis in die Ebene ab. Rund ein Drittel der Fläche ist bewaldet. Ein grosser Anteil wird alpwirtschaftlich als Viehweiden genutzt. Im Rutschgebiet stehen ein halbes Dutzend Alphütten und in der Frontalzone der Rutschung liegt ein Wohnquartier.

#### *2.1.2 Geologie*

*Kennzahlen:*

| | |
|---|---|
| Tiefe der Gleitflächen: | 16–18 m (in Bohrungen F1-3) |
| Mächtigkeit des Lockergesteins: | 72 m in F3 (Rutschfront) |
| Volumen: | ca. 30 Mio. m$^3$ (aktiv und latent) |
| Felsformationen: | ¾ der Fläche im Flyschgebiet, z.T. in Klippendecke |

Das Anrissgebiet oberhalb 1500 mü.M. liegt grösstenteils in den Préalpes Médianes (Klippen). Die Malm-, Dogger- und Liasformationen sind von kalkigen Fazies geprägt. An der Basis der Préalpes Médianes finden wir Gips und Dolomit aus der Trias. Das Hohmattlimassif ist stark verfaltet. Die tektonische Beanspruchung an der Front der Préalpes Médianes ist für Sackungsbewegungen und Zerklüftungen verantwortlich. Sturzprozesse und Karsterscheinungen sind eine Folge davon.

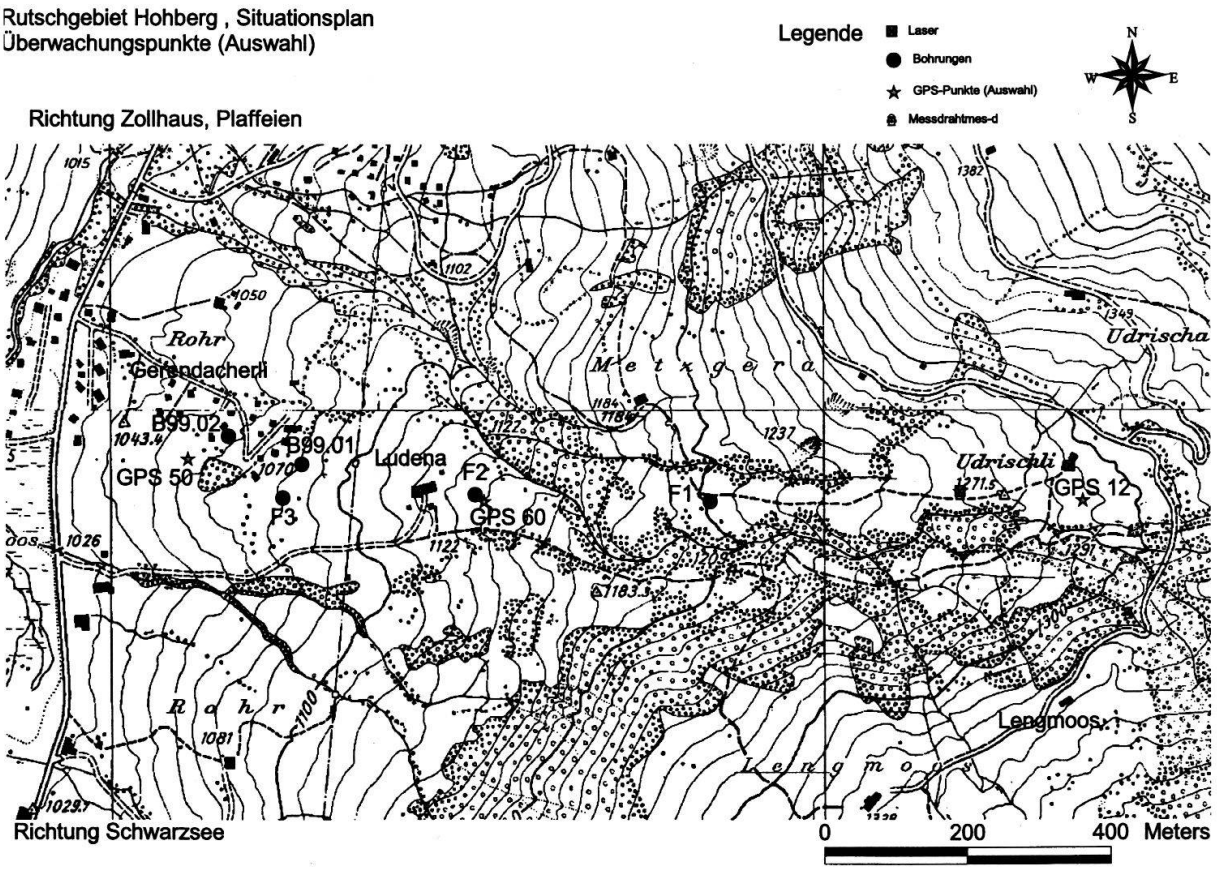


**Fig. 2:** Lageplan mit topografischen, geologischen und geodätischen Elementen.

Der „Transitbereich", einige Anrissnischen und die Frontalzone der Rutschung liegen im Flyschgebiet. Zwischen Préalpes Médianes und Gurnigelflysch im Norden liegt eine Wildflyschzone, deren Ausdehnung mangels Aufschlüssen wenig bekannt ist. Der Wildflysch besteht aus einer tonig-mergeligen Matrix, die auf Verwitterung und Erosion sehr anfällig ist. In die feinkörnigen Fazies sind Olistolithen von den darüber oder darunter liegenden Decken als Fremdkörper eingelagert. Der meist kalkige Fazies dieser Linsen steht im Kontrast zur Flyschmatrix, sie sind gegen Hanginstabilitäten resistenter und ragen mancherorts wie Inseln aus dem Rutschgebiet.

Der Gurnigelflysch in der Frontal- und Transitzone ist durch seine typische Wechsellagerung von Sandsteinen und Mergeln geprägt. Die Serie ist im Schwarzseegebiet zirka 1300 Meter mächtig. Die lithologische Abfolge und deren biostratigraphische Altersbestimmung werden von Van Stuijvenberg (1979) und Caron et al. (1989) beschrieben. Der Gurnigelflysch des Aettenbergs ist verfaltet und überschoben. Am Nordrand der instabilen Zone fallen die Schichten lokal gegen Süden, das heisst gegen das Rutschgebiet.

*Lockergesteine:*
Für die Gefahrenbeurteilung bedeutsam waren drei Bohrungen im Winter 1996/97 (CSD) und zwei Bohrungen im Sommer 1999 (GEOTEST AG). Die drei Bohrungen auf der Rutschzunge sind in Fig. 3 dargestellt.

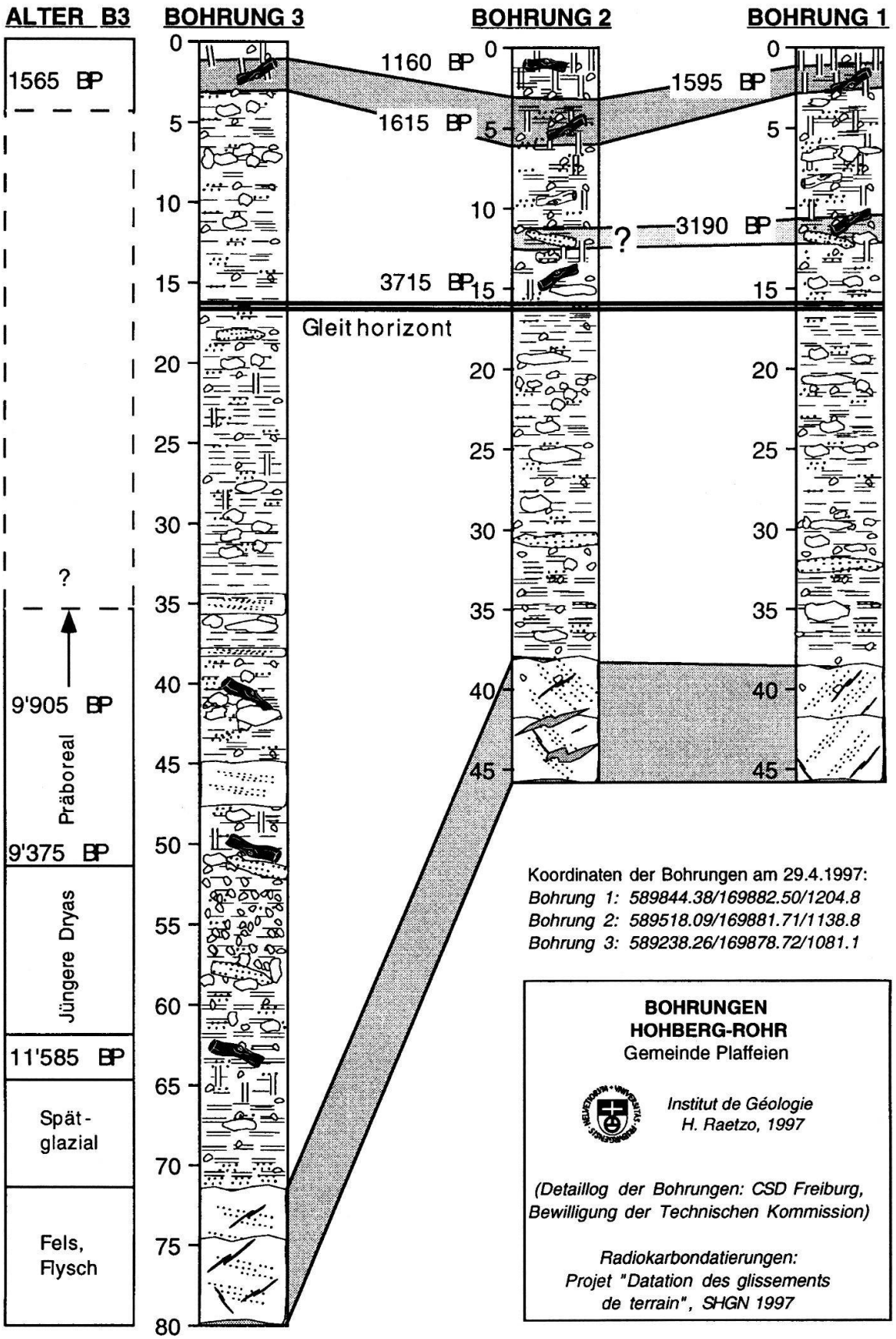


**Fig. 3:** Bohrlogs von F1-3, Lage der Bohrungen siehe Fig. 2. Die Lockergesteine sind mehrheitlich matrixgestützt. Die tonig-siltige Matrix von bindigem Charakter beinhaltet Lagen von Kies, Steinen, Blöcken und selten Sand. Alle Rutsch- und Murgangablagerungen wurden nach der letzten Eiszeit abgelagert.

Die Bohrungen F1 und F2 erreichen den Fels in 38 – 39 m, die Gesamttiefe beträgt 44 – 46 m. Eine tonig-siltige Matrix wird selten von Blöcken, Kies- und Steinlagen unterbrochen. Die siltigen Tone zeigen eine generell hohe Plastizität, manchmal ist organisches Material eingelagert. Radiokarbondatierungen ergeben Alter zwischen 1160 BP und 3190 BP. Der Gleithorizont befindet sich in beiden Bohrungen auf 17 m in siltigem Ton hoher Plastizität. Der in F2 angebohrte Fels aus grobem Sandstein (Gurnigelflysch) ist teilweise zerklüftet. Die Bruchränder zeigen Reaktionssäume.

Die Bohrung F3 erreicht den Fels aus Sandstein in 72 m, die Gesamttiefe beträgt 80 m. Die Lockergesteine bestehen grösstenteils aus Ton-Silt-Gemischen. In diese feinkörnige Matrix sind wenig Sand, Kiese, Steine und einige Blöcke eingelagert. In der Bohrung F3 liegen ebenfalls Hölzer, deren Alter mittels Radiokarbondatierungen bestimmt wird. Die obersten Murgang- und Rutschablagerungen datieren von 1565 BP. Zwischen 40 und 52 m Tiefe liegen 9'000 bis 10'000 Jahre alte Hölzer. Die Kiesablagerungen unterhalb von 52 m sind Träger von artesischem Grundwasser. Unter den Kiesschichten liegen in 64 m Tiefe Sedimente mit organischem Material, das sich 11'585 BP während Klimaänderungen abgelagert hat.

Nach den Schadenmeldungen im Quartier Gerendacherli werden im Siedlungsgebiet zur Abklärung von möglichen Sanierungsarbeiten zwei zusätzliche Bohrungen abgeteuft. Die 50 m tiefen Bohrungen sind für Grundwasser- und Deformationsmessungen mit einem gelochten Inklinometerrohr ausgerüstet. Tonige Silte und siltige Tone sind vorherrschend. Bei der Bohrung B99.02 liegen durchlässige Kiesschichten in 38 – 50 m Tiefe. In beiden Bohrungen lagern fossile Hölzer, deren Datierung noch aussteht. Inklinometermessungen in B99.01 ergeben eine Gleitfläche in 14 m Tiefe.

### *2.1.3 Hydrogeologie*

Gips- und Dolomitvorkommen an der Basis der Préalpes Médianes sind für thermale Schwefelquellen im Schwarzseegebiet verantwortlich. Diese wurden seit dem Ende des 19. Jahrhunderts für den Kurbetrieb genutzt. Die chemische Zusammensetzung des Grundwassers im Rutschgebiet und der Einfluss auf die Aktivitätsphasen sollen im Rahmen von laufenden Dissertationen erforscht werden. Die Wasserzirkulation im Karstmassif Hohmattli (Anrissgebiet) ist nicht erfasst. Am Kontakt zu den unterliegenden Flyschformationen befinden sich Quellen, die für die Ausdehnung und für die Dynamik der Massenbewegungen von Bedeutung sind. Die Wasserzirkulation im Gurnigelflysch wird von der unterschiedlichen Durchlässigkeit der Schichten beeinflusst. Die Sandsteinformationen des Thanetien und Cuisien (Paläo- bis Eozän) bilden dank der Zerklüftung gute Grundwasserträger. Im Einzugsgebiet liegen als Folge der Wasserzirkulation zahlreiche Feuchtgebiete und kleine, diffuse Wasserläufe.

In der Bohrung B99.02 lagert unter den Rutsch- und Murgangablagerungen ein Kieskörper, dessen Verbindung zur alluvialen Talverfüllung der Warmen Sense wahrscheinlich ist. Während den Bohrarbeiten im Juli 1999 fliesst artesisches Grundwasser aus 38 m Tiefe an die Oberfläche. Die obere Kote des Grundwasserträgers liegt mit 1015 m ü.M. deutlich unter dem Talgrund von 1025 m ü.M. Eine ältere Probebohrung im Talboden hat ebenfalls einen Arteser angebohrt. Es ist

denkbar, dass das artesische Grundwasser unter der Rutschung und jenes im Talboden miteinander kommunizieren.

## 2.2 Variable Disposition

Das zirka 2 km$^2$ grosse Rutschgebiet hat eine Dynamik, die von Klimafaktoren beeinflusst wird. Die Reaktion auf Witterungseinflüsse ist von der Grunddisposition des Teilgebietes abhängig. Grundwasserströmungen und Massenbewegungen sind für die Dynamik mitverantwortlich. Ein für Flyschrutschungen typischer „Handorgeleffekt" verursacht Aktivitätsschwankungen. Die bergseitige Belastung und die talseitige Entlastung bewirken diese Handorgel- oder Wellenbewegung. Man unterteilt das Rutschgebiet in drei Bereiche:

- Das obere Rutschgebiet mit verschiedenen Anrissen liegt oberhalb von 1400 m ü.M. Die Geschwindigkeitsentwicklung seit 1997 ist im oberen Bereich nicht einheitlich.
- Im mittleren Rutschgebiet (1200–1400 m ü.M.) werden seit vier Jahren Beschleunigungen und Verlangsamungen mit GPS und Distolaser aufgezeichnet. Die Verschiebungen des GPS-Punktes 12 sind in Fig. 4 dargestellt.
- Im unteren Rutschgebiet (unter 1200 m ü.M.) laufen verschiedene Zungen auf einem breiten Schuttfächer fingerförmig aus. Davon ist die Hauptzunge in der Falllinie direkt mit dem Geschehen im mittleren und oberen Rutschgebiet verbunden. Die Aktivität ist also von den Massenbewegungen weiter oben abhängig und wird somit durch den „Handorgeleffekt" gesteuert. Die Verschiebung und die Geschwindigkeit der Hauptzunge ist durch die zwei GPS-Punkte 60 und 50 in Fig. 4 dargestellt.

## *2.3 Auslösendes Ereignis*

Grosse und tiefgründige Rutschungen im Flysch reagieren normalerweise, aber nicht zwingend mit einer Verzögerung auf meteorologische Einflüsse. Auch die Rutschung Hohberg reagiert in der Regel Monate nach überdurchschnittlichem Wassereintrag mit einer entsprechenden Beschleunigung. Die Dynamik des Jahres 1999 wird auch durch die feuchte Vorgeschichte seit Herbst 1998 beeinflusst. Die ausserordentlichen Schneemengen des Winters 1998/99 beginnen im Rutschgebiet Hohberg im Februar zu schmelzen. Bis auf zirka 1400 m ü.M. regnet es ab Ende Februar auf die gesättigte Schneedecke. Die Bodenschicht ist zu diesem Zeitpunkt ebenfalls gesättigt. Als Folge der milden Temperaturen ist der Boden unter der Schneedecke aufgetaut, was die Durchlässigkeit gegenüber dem gefrorenen Zustand erhöht. Die Reaktion auf den Wassereintrag folgt 1999 unverzüglich. Ab Anfang März registriert der Laser bei Udrischli eine massive Beschleunigung (siehe Fig. 5). In der Nähe des Lasers Udrischli steht der GPS-Punkt 12, der sich auf der gleichen Masse befindet und sich dementsprechend verhält (siehe Fig. 4). In wenigen Monaten verschiebt sich die tiefgründige Rutschung im Mittelteil über einen Meter talwärts. Der Schuttstrom Lengmoos rutscht zwischen November 98 und Mai 99 mehr als 5 m. Diese Massenverlagerung wird sich auf das untere Rutschgebiet auswirken.

Die Reaktion der Rutschzunge auf diese Beschleunigung wird durch zwei GPS-Punkte illustriert (siehe Fig. 4). Der GPS-Punkt 60 steht auf der Rutschzunge bei

F2 und der GPS-Punkt 50 im Auslaufbereich beim Quartier Gerendacherli. Im Winterhalbjahr 96/97 und 97/98 beschleunigen sich die zwei Punkte leicht, die Geschwindigkeit der Zunge bleibt aber unter 1 cm/Monat. Im Mai 1999 reagiert der Punkt 60 auf die Beschleunigung, die im März beim Laser Udrischli eingetreten ist. Von Mitte Mai bis Mitte Juni verschiebt sich der Punkt 60 mit 9 cm/Monat, einer

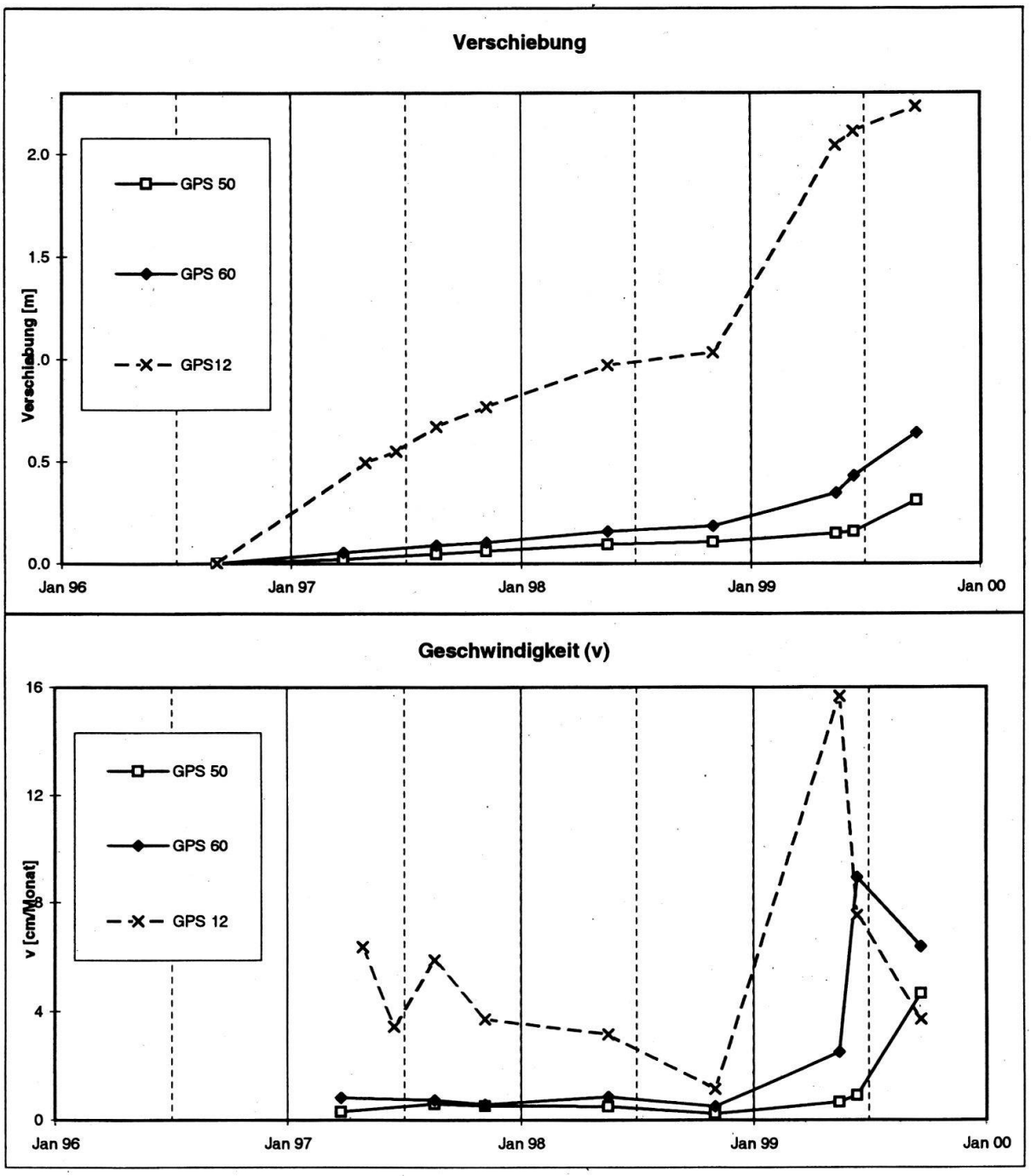


**Fig. 4:** GPS-Messungen auf drei ausgewählten Punkten im Rutschgebiet Hohberg. Verschiebung horizontal (m) und Geschwindigkeit (cm/Monat).

| *Punktnummer* | *X-Koordinate* | *Y-Koordinate* | *Höhe (m)* | *Kommentar* |
|---|---|---|---|---|
| GPS Punkt 12 | 590362 | 169877 | 1288 | Tiefgründige Rutschbewegung, Mitte |
| GPS Punkt 60 | 589522 | 169876 | 1140 | Rutschzunge |
| GPS Punkt 50 | 589108 | 169934 | 1056 | Auslaufbereich Rutschzunge |

gut zehnfach höheren Geschwindigkeit als in den Vorjahren. Der Punkt 50 befindet sich zirka 400 m weiter talwärts und reagiert erst Ende Juni auf die bergseitige Massenverlagerung. Die Analyse sämtlicher Messdaten im Rutschgebiet ergibt eine Reaktionszeit, die mit der Distanz zum Anriss zunimmt. Die Beschleunigungswelle 1999 hat sich mit einer mittleren Geschwindigkeit von 10 m/Tag verschoben.

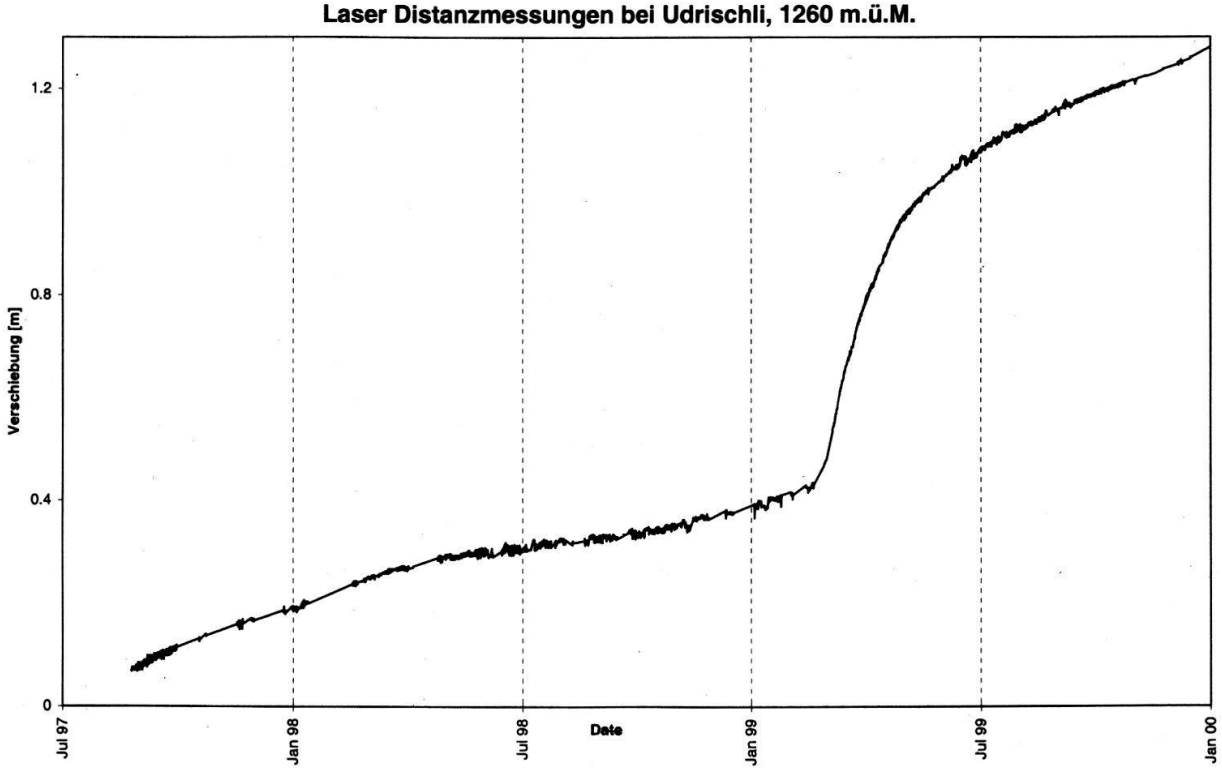


**Fig. 5:** Laser-Messungen bei Udrischli, 1260 m ü.M. Die Distanz zwischen dem ruhigen und dem rutschenden Punkt wird automatisch gemessen. Das Intervall ist programmierbar, es beträgt im Winter eine Stunde, da die Stromversorgung mit Solarzellen nicht mehr Messungen zulässt.

Nach den Beschleunigungsphasen tritt bei GPS 12, GPS 60 und GPS 50 eine sukzessive Beruhigung ein. Anders als in den vorangehenden Jahren bleibt die Aktivität auf der Rutschzunge bis Ende 1999 hoch. Lasermessungen beim Punkt 60 ergeben eine Durchschnittsgeschwindigkeit von zirka 3 cm/Monat (zuvor < 1 cm/Monat). Eine geringere Restscherfestigkeit, gestörte Wasserwege und hoher Porenwasserdruck kommen als Ursachen in Frage. Die Überwachung muss in der Folge intensiviert werden.

## 3. Gefahrenmanagement

### *3.1 Gefahren- und Risikoanalyse*

Nach den Schäden von 1994 beauftragen die Behörden das Geologische Institut der Universität Freiburg mit der Kartierung, der GPS-Überwachung, der Gefahrenanalyse (Beer, Raetzo & Caron 1997) und der Risikoanalyse (Raetzo & Caron 1998). In der Risikoanalyse werden vier Szenarien berücksichtigt. Davon sind das zweite Szenario „status quo" mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit von 70% und

das pessimistische dritte Szenario mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit von 20% relevant. Letzteres beschreibt die Gefahrenanalyse mit einer Reaktivierung latenter Rutschmassen. Die substabilen Rutsch- und Murgangablagerungen sind teilweise überbaut, zunehmende Scherkräfte können Wohnhäuser zerstören. Bei einer Verklausung des Hohbergbachs steigt zudem die Murganggefahr. Die Risikoanalyse ergibt beim dritten Szenario aufgrund des potentiellen Sachschadens von zirka 20 Mio. CHF ein Risiko von 4 Mio. CHF. Nach dem Rutschjahr 1999 muss mit dem pessimistischen Szenario gerechnet werden.

### *3.2 Überwachung und Frühwarndienst*

Die Komponenten der Überwachung sind in Fig. 2 dargestellt. Seit 1999 übernimmt die Firma Geotest AG die Überwachung und den Frühwarndienst (in Zusammenarbeit mit dem Geologischen Institut UNIFR).

| *Messung/Beobachtung:* | *Einsatzfrequenz:* |
|---|---|
| Beobachtungen im Feld | nach Bedarf |
| Messdraht Lengmoos (1310 m ü.M.) | nach Bedarf, Verfügbarkeit |
| Laser bei Udrischli (1260 m ü.M.) | automatisch alle Stunden |
| Laser bei Ludena (1122 m ü.M.) | automatisch alle 20 Minuten |
| Distanzmessungen im Siedlungsgebiet | nach Bedarf, ca. 8 Messungen/Jahr |
| GPS-Messungen im ganzen Rutschgebiet | nach Bedarf, ca. 1 Messung/Jahr |
| Inklinometermessungen | nach Bedarf |

Das Messnetz ist so aufgebaut, dass die Lasergeräte an zwei Schlüsselstellen die tiefgründige Rutschbewegung kontinuierlich erfassen. Erfahrungsgemäss beträgt die Reaktionszeit der Rutschungen im Quartier einige Monate ab Beschleunigung beim Laser Udrischli. Beschleunigt sich auch der zweite Laser bei Ludena, ist kurzfristig mit einer höheren Gefährdung zu rechnen. Dank dieser Geschwindigkeitsaufzeichnungen werden die Distanzmessungen mit Theodolit und die GPS-Kampagnen effizient genutzt.

### *3.3 Massnahmen*

Nach der Gefahren- und Risikoanalyse haben die Landeigentümer, als Trägerin steht die Mehrzweckgenossenschaft Schwyberg-Aettenberg, bei Bund und Kanton ein Subventionsgesuch für das Sanierungskonzept eingereicht. Die Projektverfasser haben sich die Fachgebiete folgendermassen aufgeteilt: Geologie (Geotest AG), Forst (Büro Philipona & Brügger) und Wasserbau (Ribi SA). Im Sanierungsprojekt sind Aufforstungen, Oberflächenentwässerungen, Tiefendrainagen und wasserbauliche Massnahmen vorgesehen. Mit den bevorstehenden Sanierungen wird in erster Linie versucht, die Infiltration des Wassers in den Rutschkörper zu verhindern. Zudem sollen untiefe Drainagen das oberflächennahe Wasser aus der Rutschmasse ableiten.

## 4. Folgerungen

Seit dem Rückzug der Gletscher sind mehrmals grosse und kleine Massenbewegungen im Rutschgebiet Hohberg-Rohr aufgetreten. Für die Aktivität der Rutschung spielt das Klima eine entscheidende Rolle, wobei die Reaktion entsprechend der Disposition variieren kann. Auch 1999 haben Witterungseinflüsse eine

Beschleunigung verursacht, dabei ist eine Welle mit 10 m/Tag vom oberen ins untere Rutschgebiet gewandert.

Auf der Rutschzunge hat sich die Geschwindigkeit ungefähr um den Faktor 10 erhöht, in der Folge gerieten auch vormals ruhige, latente Massen in Bewegung. Messungen und Deformationen aus dem Jahr 1999 widerspiegeln eine seltene Zustandsveränderung im Frontalbereich. Im unteren Rutschgebiet haben sich die Geschwindigkeiten nach der Beschleunigung auf einem höheren Niveau eingependelt. Das Ereignis 1999 zeigt die mögliche, pessimistische Entwicklung, die in der Risikoanalyse unter Szenario 3 beschrieben wurde. In Anbetracht des möglichen Schadens von zirka 20 Mio. CHF lasten grosse Hoffnungen auf den geplanten Sanierungsmassnahmen.

Die Resultate aus dem Rutschgebiet Hohberg-Rohr zeigen, dass mit geologischen Untersuchungen die Bandbreite gefährlicher Prozesse eruiert werden kann. Ruhige Phasen werden aufgrund der variablen Disposition von Beschleunigungen abgelöst. Diese natürlichen Aktivitätsschwankungen müssen in der Gefahrenanalyse und im Management berücksichtigt werden. Der Raumplanung in Rutschgebieten stellen sich somit hohe, weitsichtige Anforderungen.

*Kurzbibliographie*


BEER C., RAETZO H. & CARON C. 1997: Geologische Untersuchungen, Gefahrenanalyse Rutschgebiet Hohberg-Rohr. Geologisches Institut der Universität Freiburg (unveröffentlicht).

CARON C., HOMEWOOD P., & WILDI W. 1989: The original Swiss Flysch. Earth-Science Reviews, 26, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.

CSD 1997-98: Verschiedene Berichte zum Rutschgebiet Hohberg-Rohr (unveröffentlicht)

GEOTEST AG 1998-99: Verschiedene Berichte zum Rutschgebiet Hohberg-Rohr (unveröffentlicht).

RAETZO-BRÜLHART H. 1997: Massenbewegungen im Gurnigelflysch und Einfluss der Klimaänderung. Arbeitsbericht NFP31, vdf-Hochschufverlag der ETH Zürich.

RAETZO H. & CARON C. 1998: Risikoanalyse Rutschgebiet Hohberg-Rohr. Geologisches Institut der Universität Freiburg (unveröffentlicht).

RAETZO H., DAPPLES F., OSWALD D. & CARON C. 1998: Datierung von Massenbewegungen. Geologisches Institut der Universität Freiburg, Bericht zu Handen der Landeshydrologie- und geologie, 3003 Bern (unveröffentlicht).

VAN STUIJVENBERG J.1979: Geology of the Gurnigel area. Beiträge Geologische Karte Schweiz, N.F.