



Rutschung Falli Hölli, ein ausserordentliches Ereignis?

The landslide of Falli Hölli, an extraordinary event?

von H. RAETZO & O. LATELTIN

Zusammenfassung: Die Rutschung von Falli Hölli beschleunigte sich 1994 auf 6 m/Tag. Während dem Ereignis wurden die Gefahren rasch mit neuen Untersuchungsmethoden abgeschätzt. Nachträglich datierte man mit C^{14} und Dendrochronologie fossile Hölzer aus dem Holozän. Die Reaktivierung von 1994 konnte so als 1000-jährliches Ereignis eingeordnet werden.

Abstract: The Falli Hölli-Landslide accelerated in 1994 to 6 m/day. New methods were applied to define the dangers. After the slide, C^{14} - and dendrochronological data showed a cyclicity of 1000 years for this reactivation.

1. Einleitung

Im Winter 1994 reaktivierte sich ein alter Rutschhang in den Freiburger Voralpen (Schweiz) unerwartet rasch. Auf dem Gebiet der Gemeinde Plasselb wurde die Ferienhaussiedlung Falli Hölli vollständig zerstört. Die Schäden an den rund 30 Gebäuden betragen über 15 Millionen Schweizer Franken.

Ein grosser Anriss befindet sich am Grat des Schwybergs auf einer Höhe zwischen 1560 und 1645 m ü.M. Über Chlöwena, Falli Hölli und Lantera bewegte sich eine grosse Quartärmasse zunächst als Rotations-, im unteren Teil dann als Translationsrutschung. Die Hauptfront der Rutschung mündet bei ca. 1000 m ü.M. in den Höllbach, wo sich nach der Dammbildung der Höllbach zu einem kleinen See gestaut hat. In diesem Zusammenhang hat die ETH Lausanne die Dammhöhe modelliert (VULLIET et BONNARD, 1996), wobei die ETH Zürich Dammbuchsenarien mit den ausbrechenden Flutwellen simuliert hat (BEZZOLA et al., 1996).

Die 1994 reaktivierte Rutschung von Falli Hölli ist für schweizerische Voralpengebiete ein grosses und eindrückliches Ereignis. Bei einer Länge von 2 Kilometern und einer maximalen Breite von 700 Metern erhält man, kombiniert mit der Tiefe (ca. 40m), aussergewöhnliche Dimensionen: Die Rutschfläche und das -volumen betragen ca. 1.5 km², bzw. 40 Millionen m³. Die Beschreibung der Phänomene, des Ablaufs und der Ursachen wurde von denselben Autoren bereits in einem Zwischenbericht publiziert (RAETZO et LATELTIN 1994). Das Rutschmaterial besteht aus Quartärablagerungen: Moränen, Murgang- und Schlammstromablagerungen, altes sowie rezentes Rutsch- und Felssturzmaterial. Der anstehende Fels besteht aus Tonmergel und Sandsteinen. Die mit rund 50° Richtung SSE einfallenden Sedimentschichten gehören zum Gurnigelflysch und weisen ein Alter auf, das von der Kreide bis zum frühen Tertiär reicht. Die monoklinale Struktur der zum Teil unvollständigen Flyschschuppen prägt die lokale Morphologie. Die teilweise über 100 m dicken Sandsteinkörper spielen im Verhalten und in der Ausdehnung des Rutschkörpers eine entscheidende Rolle.

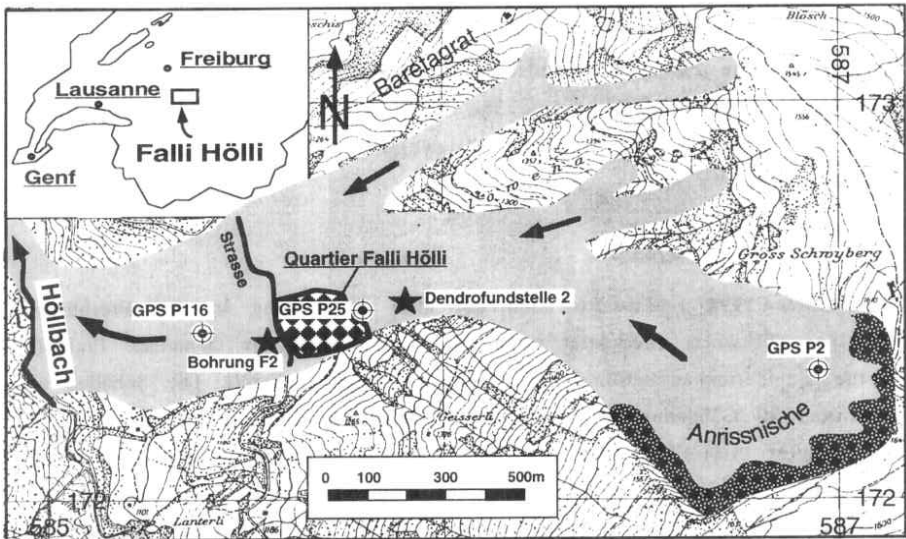


Abb. 1: Lokalisierung und Situationsplan der Rutschung Falli Hölli

Fig. 1: Situation of the landslide Falli Hölli

(Autorisation Service Cantonal du Cadastre No. 96'033)

2. Die Gefahreneinschätzung

2.1 Kartierung der Hanginstabilitäten und der Geologie

Der erste Schritt in der Beurteilung von derartigen Naturgefahren muss die genaue Kartierung der Hanginstabilitäten unter Berücksichtigung des geologischen Untergrundes sein. Nebst schnelleren Phänomenen (Sturzprozesse, Murgänge) war in Falli Hölli die Rutschung das Grundproblem. Im Mai 1994 verschob sich lediglich der obere Teil als tiefgründige Rutschung mit einer aktiven Zunge, die bis zu den ersten Ferienhäusern reichte. In dieser Anfangsphase galt es einerseits, die Rutschzonen nach deren Aktivität und Tiefe auszuscheiden, andererseits musste die Frage nach der grösstmöglichen Ausdehnung, d.h. dem Reaktivierungspotential, dieser Rutschung beantwortet werden (LOUP et RAETZO, 1994). Für die Mitglieder des Krisenstabs war diese Grundlage bei allen Entscheidungen determinierend und somit unentbehrlich. Wie im Abschnitt 2.2 beschrieben wird, beschleunigte sich der mittlere Teil der Rutschung Falli Hölli zunehmend, so dass im August 1994 das am 15. Juni ausgeschiedene Reaktivierungspotential voll ausgeschöpft war.

In Falli Hölli waren in der Gefahreneinschätzung nebst den Rutschungen auch Blocksturz- und Murgangprozesse zu berücksichtigen. Erstere waren vor allem in der Anrissnische, d.h. ausserhalb der Wohnzone, aktiv. Zum Schutz der Bauarbeiter mussten für die Blocksturztrajektorien die extremsten Reichweiten berücksichtigt werden. Diese können mit gängigen Berechnungs- oder Simulationsmethoden abgeschätzt werden. Das Nachstürzen von Felspartien aus der Anrissnische kann bei grossen Massenverlagerungen ein Problem sein. In Falli Hölli hat die Kontrolle der Spaltöffnungen keinen Grund zur Beunruhigung gegeben (max. Blockgrösse von 10 m^3). Die Bildung von Murgängen auf einer sehr aktiven Rutschung ist keine Seltenheit. Aufgrund der zahlreich kartierten Murgangablagerungen oberhalb der Siedlung musste dieser Gefahr Priorität eingeräumt werden. Als Ausbruchsgebiete können Rutschfronten, Bachverkläuserungen, Steilhänge mit Geröll oder losem Rutschmaterial, Quell-, Stau- und Vernässungszonen auftreten. In Falli Hölli verursachte die Kombination von Bodenwasser, das von verschütteten Quellen und versiegten Bächen infiltrierte, mit gerutschtem Quartärmaterial mehrere Muren mit hohem Feinanteil. Diese Mischung erreichte im Steilhang mit über 30° Neigung Geschwindigkeiten von über 5 m/s an niederschlagsfreien

Tagen. Schwierig war die Beurteilung der Volumina und der maximalen Geschwindigkeiten dieser Schlammströme im anschliessenden Abschnitt mit ca. 17° Neigung. Zum Schutz von Personen und Gebäuden musste ein Alarmdispositiv ausgearbeitet werden, da während Starkniederschlägen im Feld oder im gestauten Gerinne ein mehrfach höheres Potential vorhanden gewesen wäre. Das extreme Murgangereignis blieb jedoch aus, so dass die Alphütte auf der Murgangtrajektorie bei 1261 m ü.M. nur "langsam", nach Evakuierung aller Bewohner, zerstört wurde (Juli 94).

Die geologische Kartierung kann in der oben erwähnten Hanginstabilitätskarte zum Teil integriert werden. Sie bildet aber einen eigenen Arbeitsgang während der Gefahrenabschätzung. Die lithologischen, strukturellen, tektonischen und hydrogeologischen Eigenschaften von Fels- und Lockergestein bestimmen das Potential und das Verhalten der Massen.

In Falli Hölli kann aufgrund der geologischen Struktur der obere Teil als Rotationsrutschung ausgeschieden werden. Die anstehenden Sandsteinschichten bilden die Grenze zwischen dem oberen Subsystem und der unteren Translationsrutschung, deren Ausdehnung durch die Tektonik klar gegeben ist. Die untere Masse mit der Ferienhaussiedlung Falli Hölli rutschte zwischen massiven Sandsteinschichten, die Richtung SSE mit 50° - 60° einfallen, bis sie vom Gegenhang blockiert wurde. Die Beschleunigung der Rutschmassen, abhängig vom Felsuntergrund, wird im Abschnitt 2.2 mit GPS-Daten dargestellt.

Nach der geologischen Kartierung werden die Formationen nach ihrer Durchlässigkeit ausgeschieden. Dazu gehört ein Quelleninventar mit einer hydrogeologischen Gesamtwasserbilanz, da Infiltrationen und Wasseraustritte Prozesse auslösen oder beeinflussen. Auf der Rutschung Falli Hölli lösten die Wasseraustritte im Steilhang, wo die durchlässigen Sandsteine anstehen, Rutsch- und Murgangprozesse aus.

2.2 Geodätische Vermessung und Rutschungsprognosen

Nach der Kartierung der Gefahrenzone muss ein geodätisches Netz aufgebaut werden. In Falli Hölli waren es rund 100 Punkte, die regelmässig mit GPS vermessen wurden. Je nach topographischer Situation ist dafür auch ein elektronischer Theodolith geeignet. Die Messintervalle betragen zunächst 7, dann 14 und später über 30 Tage. Aus der Abb. 2, die den Verlauf der Geschwindigkeiten gegen die Zeit zeigt, gehen zwei verschiedene Rutschverhalten hervor. Der obere Teil der Rutschung beschleunigte sich in

der Anfangsphase wenig (P2 oberhalb 1400m). Während der beginnenden Bewegungsphase der Rotationsrutschung ist der Vektor der treibenden Kräfte (v.a. der Gravitationskomponente) infolge des steiler geneigten Gleithorizontes grösser. Der vertikale Verschiebungsbetrag nimmt im Verlauf des Rutschprozesses ab, währenddessen der horizontale Betrag zunimmt. Die vorliegende Geometrie der Rotationsgleitfläche bewirkt, dass sich nach einer Beschleunigungsphase die Standsicherheit des Hanges zunehmend verbessert und sich die Bewegung, wie im oberen Teil von Falli Hölli ab dem 48. Messtag, verlangsamen wird.

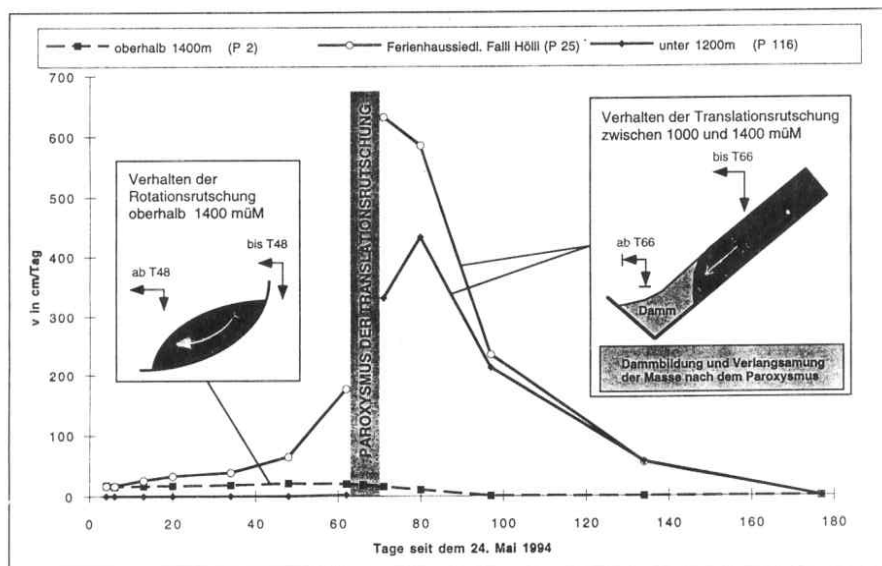


Abb. 2: Horizontale Geschwindigkeit der instabilen Massen in Abhängigkeit der rotations- oder translationsförmigen Rutschprozesse (Erkl. im Text)
 Fig. 2: Horizontal velocity of the rotational and translational landslide

Anders ist dies bei Translationsrutschungen. In der Graphik sieht man die exponentielle Beschleunigung des Punktes P25 bis zum Paroxysmus, der mit der Formel von FUKUZONO (1990) auf einige Tage genau vorhergesagt wurde. Die Berechnungsmethode und deren Anwendung wurde bereits von BONNARD et al. (1995) in der Zeitschrift "Felsbau" publiziert. Die Erklärung für derart modellhafte Beschleunigungskurven liegt in der flachen Form des Gleithorizontes. Selbst wenn der Gleithorizont nicht ganz flach war, fehlten

resistente Sandsteinschichten, die dem enormen Druck standgehalten hätten. Die untere Masse der Grossrutschung Falli Hölli hingegen, bis zum 62. Tag ohne Verschiebung, wurde innert weniger Tage reaktiviert. Mit einer Geschwindigkeit von mehr als 6 m pro Tag erreichte die Rutschmasse Ende Juli den Höllbach. Die Dammbildung und der anstehende Fels am Gegenhang bewirkten ab dem 71., bzw. dem 80. Tag eine Verlangsamung der unteren Rutschmasse. Der Punkt 116 reagierte etwas verzögert, was mit dem sekundären Gleithorizont in 22 m Tiefe zu erklären ist.

2.3 Geophysikalische und konventionelle Tiefensondierungen

Bei der Stabilisierung von Rutschungen ist nebst der Geschwindigkeitserfassung die Kenntnis der Tiefe unerlässlich. Die Wahl der Sanierungsmassnahmen hängt direkt von diesen Faktoren ab. Zur punktuellen Bestimmung der Gleithorizonte benötigt man Bohrungen, die für die Anwendung von Klinometersonden mit speziellen PVC-Rohren ausgekleidet werden. Mit den geophysikalischen Erkundungsmethoden kann man die Mächtigkeit von Rutschungen dreidimensional bestimmen. Standardmethoden wie Geoelektrik und Refraktionsseismik liefern im allgemeinen nur dann zufriedenstellende Resultate, wenn die verschiedenen Schichten unterschiedlich elektrische bzw. akustische Eigenschaften aufweisen. Im Flyschgebiet von Falli Hölli haben wir deshalb neue geophysikalische Methoden getestet und später mit den drei Bohrungen kalibriert: Reflexionsseismik mit hoher vertikaler Auflösung und Very Low Frequency-Electromagnetic-Messungen (VLF-EM). Die Methoden mit den vielversprechenden Resultaten wurden von RAETZO et al. (1995) bereits publiziert. Im Moment entwickeln wir mit verschiedenen Institutionen ein vierdimensionales Modell, das auf den geophysikalischen Daten basiert.

3. Die "historischen" Lehren aus Falli Hölli's Geschichte

3.1 Die letzten Jahrzehnte der Rutschung und deren Vorzeichen oder Auslösemechanismen

Die regelmässigen Berichte des Freiburgerischen Alpwirtschaftlichen Vereins warnen für das Gebiet Falli Hölli immer wieder vor schlechtem, durchnässtem und instabilem Boden. So kann man zum Beispiel aus dem "Rapport sur les inspections d'alpages en 1936" für die Lantera die

Feststellung *“eine Partie Rutschgebiet”* finden. Auch in späteren Alpinspektionsberichten sind ähnliche Feststellungen zu finden. 1967 hiess es zu Andrey's Chlöwena, die sich auf einer Höhe von 1265 m befindet: *“Ein Teil der Weide liegt im Rutschgebiet.”* In den 60er-Jahren begann die touristische Überbauung, obwohl der beauftragte Geologe in seinem Bericht vor Rutschungen warnte. Seit Ende der 60er-Jahre waren auch Landbesitzer über den *“schlechten Boden”* auf dem Rutschhang besorgt. Sie bemühten sich um Sanierungsarbeiten, hatten aber besonders mit Finanzierungsgesuchen wenig Erfolg. Seit 1975 können die Massenverlagerungen im Steilhang mit Luftbildern dokumentiert werden. An dieser Stelle sind Murgänge losgebrochen. Die *“Vorläufige Übersichtskarte der Rutschgebiete”* erschien 1976. Darauf ist das Gebiet von Falli Hölli als *“ausgesprochene Rutschung”* ausgeschieden. Seit dem Beginn der 80er-Jahre bewegte sich der obere Teil der Rutschung jährlich bis zu 40 cm/Jahr. Diese Verschiebungswerte konnten 1995 mit Photogrammetrie auf den Luftbildern zwischen 1981 und 1993 ermittelt werden (BONNARD et al. 1995, LATELTIN et BONNARD 1995). Im Sommer 1992 waren Rutschaktivitäten oberhalb 1400 m ü.M. zu beobachten. Der Steilhang zeigte eine erhöhte Aktivität mit kleinen Schlammströmen. Für das Jahr 1993 haben einige Bewirtschafter Veränderungen in den Wasserwegen und in der Vegetationsdecke beobachtet. Über die Beschleunigung der Rutschmasse im Winter 1993/94 gibt es leider keine Aussagen. Doch schon im März, bei der ersten Schneeschmelze, mussten die gestauchten Trinkwasserleitungen mehrmals repariert werden. Im April bemerkten Anwohner eine weitere Verschlechterung der Lage, bis am 1. Mai 1994 das erste Ferienhaus von Falli Hölli schief stand.

3.2 Die letzten Jahrhunderte wurden mit dendrochronologischen Untersuchungen dokumentiert

Fossile Baumstämme sind nach den Erdverschiebungen 1994 vermehrt an die Oberfläche getreten. Mit dem Laboratoire Romand de Dendrochronologie (LRD) haben wir eine Auswahl von über 40 Baumstämmen (Fichten und Weisstannen) gemacht. Die Analysen sind noch im Gang. Erste Resultate geben Hinweise über das Verhalten der Rutschung in der Vergangenheit. Im folgenden wird nur das Ereignis von 1612 als Beispiel der Fundstelle 2 dargelegt. Der zweite, hier vorgestellte Fundort liegt am südlichen Rand der Rutschung auf 1220 m ü.M. (Abb. 2).



Abb. 3: In der Graphik sind die Jahrringdicken der Baumstämme 21, 23 und 24 der Fundstelle 2 dargestellt. Der Tod der drei Bäume in den Jahren 1612, 1602 oder kurz vorher zeugt von einer mittleren Reaktivierungsphase.

Fig. 3: Dendrochronological curves of 3 trees. The death in 1612, 1602 or some years before indicates a medium reactivation.

Aufgrund der verschiedenen Feldbeobachtungen müssten die analysierten Baumstämme aus dem Steilhang bei 1400 m ü.M. kommen: Die Baumstämme sind in tonige Schlammstrom- oder Murgangablagerungen eingebettet, was auf einen Transport hinweist. Auch das Fehlen der äusseren Jahrringe bei den Baumstämmen 22 und 24 ist ein Indiz dafür. Mindestens ein Baum (Nr. 24) ist in steilem und instabilem Gelände gewachsen. Die dendrochronologische Sequenz des Baumstammes 21 geht von 1421 bis 1602. Dank dem letzten Jahrring kann der Tod dieses Baumes auf das Winterhalbjahr 1602/03 datiert werden. Bei der Analyse des fossilen Holzes fallen die zahlreichen Insektengänge auf. Der Baumstamm lag mehrere Jahre auf freiem Boden, bis er transportiert und von Erdmaterial eingelagert wurde. Die dendrochronologische Sequenz des Baumstammes 23 geht von 1291 bis 1611. Gemäss dem letzten Jahrring kann der Tod dieses Baumes auf das Winterhalbjahr 1612/13 datiert werden. Die letzten 10 Jahrringe sind auffallend asymmetrisch. Seit 1602 befand sich dieser Baum auf instabilem Boden und produzierte laufend Kompensationsholz. Die Bäume 21 und 23 fielen während dem gleichen Ereignis, das 1602 begann und mehrere Jahre dauerte (mind. bis 1612). Der Baum 24 stand in steilem Gelände und war dadurch den instabilen Phasen mehr ausgesetzt. Leider fehlt dort die Rinde, so dass der Tod nicht auf das Jahr genau datiert ist. Die Sensibilität auf

instabile Phasen und die Produktion von Kompensationsholz verschiedener Bäume gibt uns weitere Informationen zum Verhalten der Rutschung Falli Hölli. Sedimentologische, lithologische, dendrochronologische und andere Informationen bestätigen eine Wiederkehrperiode für lokale Aktivitätsphasen von weniger als 100 Jahren (Amplitude 1). Aufgrund der Beobachtungen an anderen Fundstellen fand im 13. Jahrhundert ein mittleres Rutschereignis statt, belegt durch den Tod des Baumes 251. Diese und andere Hinweise unterstützen die Annahme von rund 400 Jahren als Wiederkehrperiode von mittleren Rutschereignissen. Bei diesen rechnen wir mit Gleithorizonten tiefer als 2 m und Oberflächenausdehnungen von mindestens 200 m² (Amplitude 2).

3.3 Die letzten Jahrtausende (Sedimentologie und C¹⁴-Daten)

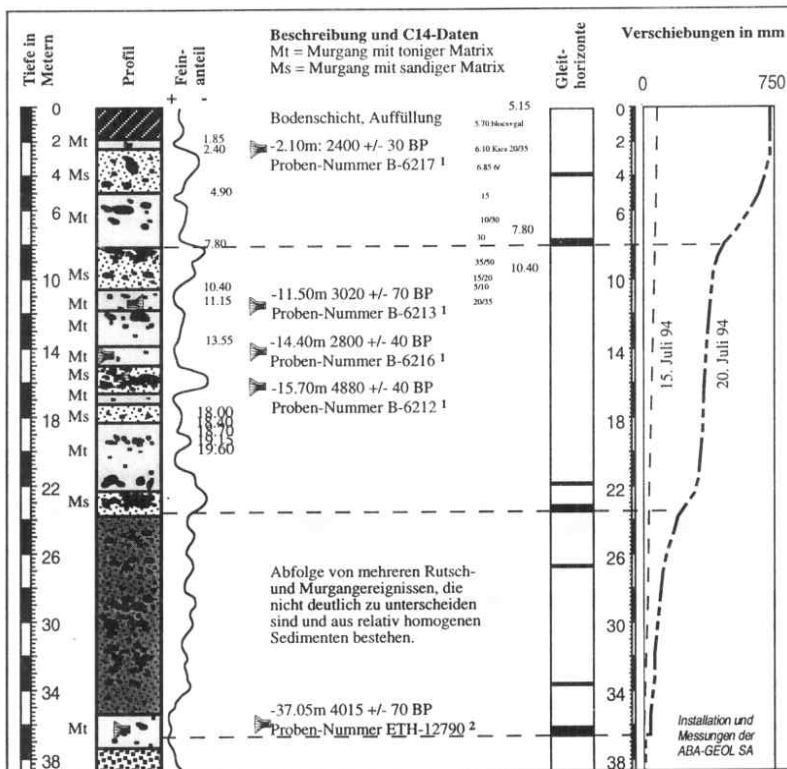


Abb. 4: Schema der Bohrung 2, C¹⁴-Daten und Klinometermessungen

Fig. 4: Boreholelog 2, C¹⁴- and inclinometric-data

C¹⁴-Daten des Physikalischen Instituts der UNI Bern¹ und der ETH Zürich²

In der Bohrung F2 (Abb. 4) sind bis in eine Tiefe von 38 m zahlreiche Rutsch- und Murgangereignisse registriert. In einzelnen Schichten fanden wir Holzreste und liessen sie im Physikalischen Institut der Universität Bern (Radiokarbonlabor) datieren. Die Daten zwischen 5000 und 2000 BP deuten auf eine Wiederkehrperiode von 1000 Jahren hin. Sedimentologisch kann man für die datierten Ereignisse auf grosse Reaktivierungen wie diejenige von 1994 schliessen (Amplitude 3).

4. Ein ausserordentliches Ereignis?

4.1 Die zeitliche Frequenz (Wiederkehrperiode)

Im vorangehenden dritten Abschnitt zeigen Untersuchungen mit der Radiokarbonmethode und der Dendrochronologie, dass der Rutschhang Falli Hölli seit dem Mittelholozän mehrmals aktiv war. Es stellt sich nun die Frage nach der Grössenordnung der durch eingelagerte Baumstämme registrierten Paroxysmen. Bestimmt sind in diesen Daten der letzten 5000 Jahre grössere, mittlere und kleinere Ereignisse enthalten (Amplituden 1 bis 3). Aus den Radiokarbonresultaten kann man für die letzten 5000 Jahre drei bis vier Grossrutschungen datieren. Zusammen mit 1994 ergeben diese ungefähr Jahrtausendereignisse. Bei der Dendrochronologie müssen wir momentan auf Teilresultate zurückgreifen, können aber zum grossen noch einen mittleren und kleinen Krisenzyklus ausmachen.

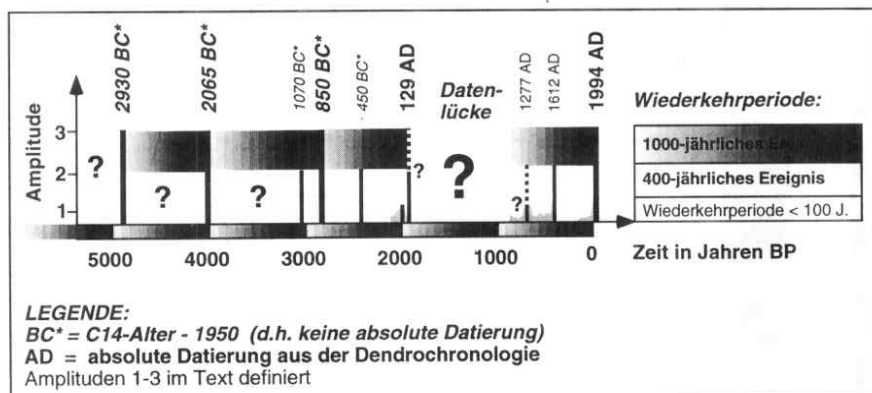


Abb. 5: Amplituden der momentan datierten Rutschkrisen seit dem Mittelholozän (Analysen im Gang, Daten nicht vollständig)

Fig. 5: Amplitudes (or Intensities) of reactivations since 5000 BP

4.2 Weitere Rutschungen im regionalen Umfeld

In der näheren Umgebung von Falli Hölli gibt es zahlreiche historische und aktive Rutschungen. Aus diesem Gebiet des Gurnigelflysch möchten wir nur einige Beispiele aufführen, um die räumliche Häufung zu untermauern:

Rutschungsname	Distanz von Falli Hölli	Anrisshöhe in m ü.M. - Rutschrichtung	Tiefe	Nutzung	Aktivität	Schäden
Kapberg	3 km	1440 - E	> 30 m	Weiden, Wald	cm/Jahr	(ja) klein
Räschera	2.5 km	1280 - W	> 15 m	Wald, Weiden	dm/Jahr	ja
Steinbach	0.2 km	1600 - E	> 20 m	Weiden, Häuser, Wald	cm/Jahr bis m/Tag	ja
Hohberg	4.5 km	1500 - W	> 20 m	Weiden, Wald, (Häuser)	cm/Jahr bis dm/Tag	ja
Schlossisbödeli	2.3 km	1500 - E	> 15 m	Weiden, Wald	dm/Jahr	(ja)
Pürrena	2.5 km	1400 - E	> 10 m	Weiden, Wald	cm/Jahr	nein
REFERENZ: Falli Hölli	0 km	1600 - W	> 40 m	Weiden, Häuser	7. 1994: 6m/Tag	ja, gross

Tabelle 1: 6 Rutschungen aus der Umgebung im Vergleich mit Falli Hölli

Table 1: 6 landslides from the same region compared to Falli Hölli

5. Schlussfolgerungen

Die Ereignisse des 17. und 20. Jahrhunderts deuten auf eine lange Reaktivierungsphase des Rutschhanges von 10 bis 30 Jahren hin. In dieser Zeit müssen Vorzeichen erkannt werden. Es sind in dieser Phase geeignete Überwachungsmassnahmen zu treffen.

Die ersten Rutschereignisse von Falli Hölli sind auf das Mittelholozän datiert. Seit diesem Klimaoptimum haben wir bis 2000 BP in rund 1000-jährigen Abständen ein Grossereignis. Dazwischen ist mit mittleren (400 Jahre) und kleinen (< 100 J.) Aktivphasen zu rechnen. Die Reaktivierung von 1994 ist also nur aus der Sicht eines Menschenlebens ausserordentlich. Den IPCC-Szenarien (International Panel on Climate Change) entsprechend, muss mit einer erhöhten Aktivität auf Rutschhängen dieser Region gerechnet werden, wenn man die künftigen Temperatur- und Niederschlagsveränderungen in den Wasserhaushalt integriert. Dadurch wäre eine Verkürzung der historischen Wiederkehrperioden zu erwarten und das

Ereignis von 1994 als erstes Zeichen zu interpretieren. Die Verteilung von instabilen Hängen in Flyschgebieten der Voralpen ist überraschend hoch, so dass in Zukunft die Risikoanalyse und Prävention von Naturkatastrophen noch wichtiger wird.

Referenzen:

BEZZOLA G.R., NAEF F., ROTH M., ZURBRÜGG C. 1996: Dambruch- und Flutwellenszenarien als mögliche Konsequenzen der Grossrutschung Chlöwena, Interpraevent 96 (im Druck)

BONNARD Ch., NOVERRAZ F., LATELTIN O. & RAETZO H. 1995: Large landslides and possibilities of sudden reactivation. 44th Geomechanics Colloquy, Salzburg, 6/95, 401-407

FUKUZONO T. 1990: Recent studies on time prediction of slope failure. Landslide News No 4, ed. Kyoto University of Japan, 9-12

Laboratoire Romand de Dendrochronologie, 1510 Moudon, Schweiz
Gutachten z.H. des Geol. Inst. UNIFR (Réf.LRD95/R3995), unveröffentlicht

LATELTIN O. & BONNARD Ch. 1995: Reactivation of the Falli Hölli Landslide in the Prealps of Freiburg. Landslide News No 9, ed. Kyoto University of Japan

LOUP B. & RAETZO H. (1994), Kartierung der Rutschung Falli Hölli (unveröffentlichter Zwischenbericht des Krisenstabs), Kantonsforstamt und Oberamt des Sensebezirks, Tafers, 1994

RAETZO H. & LATELTIN O. 1994: Die Rutschung von Falli Hölli (Kt. Freiburg). Nachrichten Deutsche Geologische Gesellschaft, Hannover, Heft 53, 50-52

RAETZO H., LATELTIN O., PUGIN A., STIEFELHAGEN W. und MÜLLER I. 1995, Geophysikalische Messungen zur Beurteilung von Rutschungen. Zeitschrift des Schweizer Ingenieur und Architekt (SI+A, 48/95), 9-11

Société fribourgeoise d'économie alpestre, Freiburger Alpwirtschaftlicher Verein "Rapport du comité sur sa gestion pour l'exercice 1936" und "Rapport sur les inspections d'alpages en 1967, Zone XVIII: Schweinsberg", Imprimerie St-Paul, Fribourg

Vorläufige Übersichtskarte der Rutschgebiete, Baudirektion des Kantons Freiburg, 1976

VULLIET L. 1995: Predicting large displacement of landslides. Proc. 5th Int. Symp. on Numer. Meth. in Geomechanics, NUMOG V, Davos, Switzerland, 6-8 September 1995

VULLIET L. & BONNARD Ch. 1996: The Chlöwena landslide: Prediction with a viscous model. Int. Symp. on Landslides, ISL96, Trondheim (im Druck)

Adresse der Verfasser:

RAETZO Hugo, Institut de Géologie, Université Pérolles, 1700 Fribourg, Schweiz
(PNR31, Projet CARON, FNRS-No 4031-033429)

Dr. LATELTIN Olivier, Landeshydrologie- und gologie, BUWAL, 3003 Bern, Schweiz