

DER FERNPASSBERGSTURZ

Eine differentielle Felsgleitung

Gerhard Abele

1. Einleitung

Vor dreißig Jahren begann der Verfasser seine geomorphologischen Untersuchungen im Hochgebirge mit einer Arbeit über die Fernpaßtalung. Schwerpunkthaft wurde dabei der Fernpaßbergsturz betrachtet, dessen so reizvolle kleinhügelige Trümmerlandschaft der engen Talfurche ihr Gepräge gibt. Die vielen interessanten geomorphologischen Probleme, die sich beim Studium des Bergsturzes stellten und die der Anfänger nicht immer lösen konnte, waren eine Anregung, die Untersuchungen auf andere Bergstürze in den Alpen, Anden und Kordilleren Nordamerikas auszudehnen. Dabei zeigte sich, daß manche beim Fernpaßbergsturz für selbstverständlich gehaltene Erscheinung eine schwer erklärbare Besonderheit im Rahmen eines Vergleichs mit den anderen Bergstürzen darstellt und daß umgekehrt manches Problem, das sich damals ergab, relativ leicht zu lösen ist. Auch die guten Aufschlußverhältnisse, die sich erst nach Abschluß der damaligen Arbeiten bei Straßenbaumaßnahmen am Weißensee und später bei der Neutrassierung der Fernpaßstraße südlich des Lermoos-Biberwierer Tunnels einstellten, lassen manche einst getroffene Aussage in neuem Lichte erscheinen.

Durch den Wechsel an seine neue Wirkungsstätte in Innsbruck schließt sich für den Verfasser der Kreis, und es scheint lohnenswert, den Fernpaßbergsturz vor dem Hintergrund der inzwischen gewonnenen Erfahrungen und insbesondere unter Berücksichtigung der sehr viel umfangreicher gewordenen wissenschaftlichen Literatur über Bergstürze erneut zu betrachten.

2. Das Bergsturzgebiet

Die zu einem großen Teil aus stark zerrütteten Hauptdolomitschollen aufgebaute Trümmerlandschaft am Fernpaß wurde von Penck (1901/09, S. 293) und Ampferer (1904, S. 82) als Ablagerungsgebiet eines Bergsturzes gedeutet. Dieser löste sich aus der deutlich erkennbaren Nische auf der Ostflanke der Loreagruppe, hinterließ unmittelbar an deren Fuß den mächtigen Wall, der den Fernpaß trägt, und entsandte von dort je eine Trümmerzunge gegen das Lermooser Becken im Norden und das Gurgltal im Süden.

2.1 Die Abbruchsnische

Eine Sonderstellung unter den Bergstürzen hat der Fernpaßbergsturz in der Konfiguration seiner Abbruchsnische (Abb. 1), die bei tiefem Eingreifen in das Rückgehänge (3,5 km Entfernung zwischen ihren am weitesten berg- und talwärts gelegenen Punkten in der Horizontalen gemessen) nur eine relativ geringe Breite (unter 1,5 km) aufweist. Bei der relativen Einbuchtung (maximale und auf gleicher Höhe gemessene Tiefe der Abbruchsnische dividiert durch die auf gleicher Höhe gemessene Breite) wird die Nische des Fernpaßbergsturzes (relative Einbuchtung: 0,8) in den Alpen nur von dem im Rheintal westlich Chur gelegenen Bergsturz vom Säsgit (relative Einbuchtung: 0,9)

übertroffen. Die Tiefe der Nische am Fernpaß überrascht umso mehr, als die Schichten nicht durchweg talwärts einfallen und keine ablösungsfördernde Abgleitfläche zu erkennen ist. In anderen Bergsturznischen mit großer Tiefe ist dies der Fall (Bergsturznischen von Siders im Wallis sowie bei Flims im Vorderrheintal und am Säsgat).

Das weite westwärtige Eingreifen in das Rückgehänge ist bei der Nische des Fernpaßbergsturzes wohl durch eine W-E-gerichtete Schwächezone im Hauptdolomit zu erklären. Dementsprechend liegt das Gebiet stärksten jungen Schuttanfalls in der Nische dort, wo die Abbruchswände am weitesten nach Westen vorspringen. Auch das Kälberthal nördlich und das Klausbachtal südlich des Abbruchsgebiets weisen offensichtlich eine im Gebirgsbau vorgezeichnete W-E Anordnung auf.

Das Hohlvolumen der Abbruchsnische beträgt knapp 1 km³. Eine der Ursachen für den Niedergang eines solch großen Bergsturzes mag die - nach alter Anlage - starke, junge Überformung der Fernpaßtalung gewesen sein. In erheblichem Umfang war daran sicher die Glazialerosion beteiligt, denn das durch die Barriere der Nördlichen Kalkalpen in den Glazialen hoch aufgestaute Inngletschereis fand in der Fernpaßquerfurche einen schmalen Durchlaß, durch den es sich mit entsprechend großer Fließgeschwindigkeit und Erosionskraft hindurchzwängte. Bezeichnenderweise ist die Fernpaßfurche das einzige Tal der Nördlichen Kalkalpen, das - mit Umweg über das Gurgltal - gleichzeitig in das Innsystem einmündet.

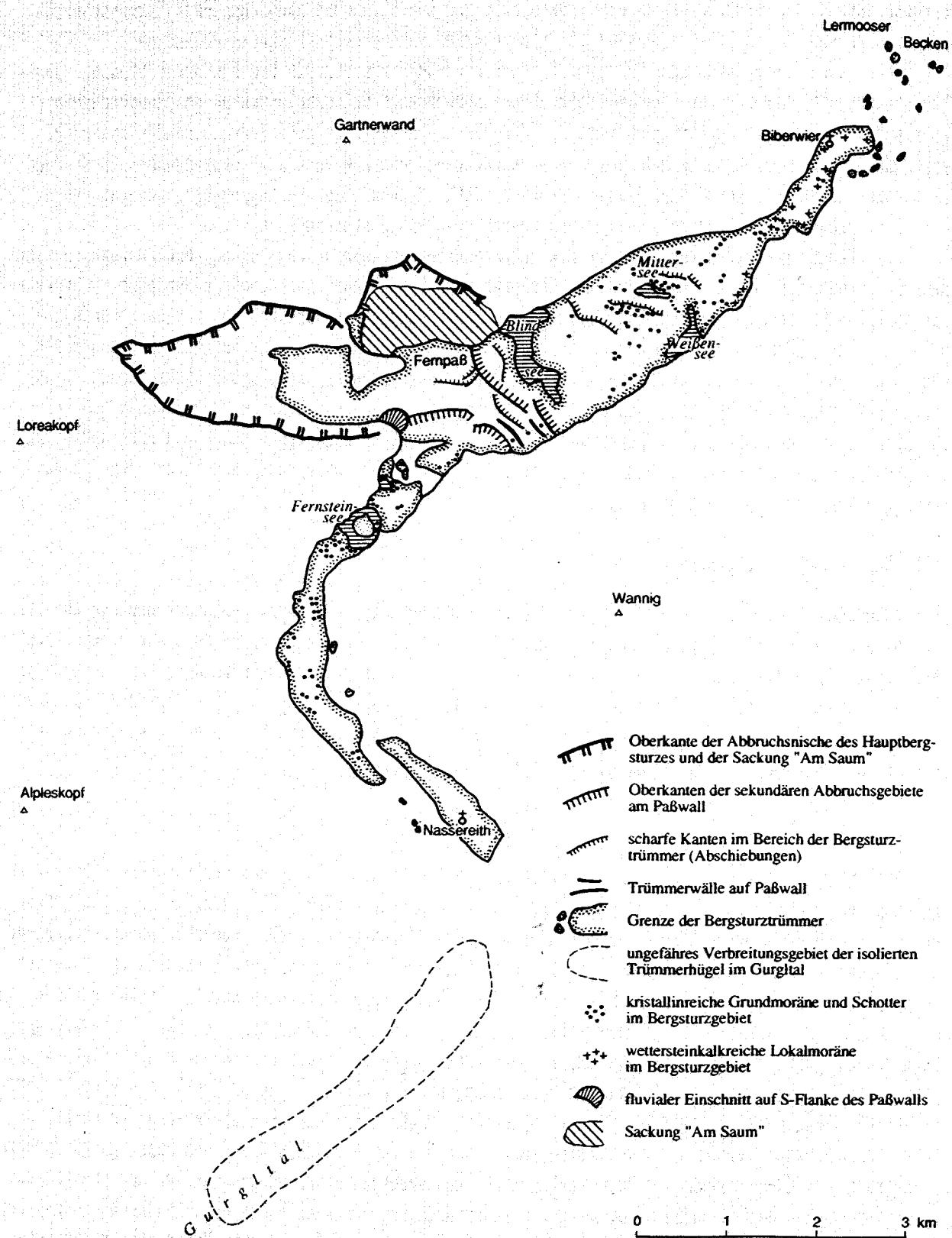
2.2 Das Ablagerungsgebiet

Die Bergsturzscholle wurde bei ihrem Niedergang aus dem Abbruchsgebiet deformiert, wobei sie sich den Formen anpaßte, die sie im Ablagerungsgebiet vorfand. Beim Aufprall auf den nahen Gegenhang kam die Hauptmasse der Trümmer, etwa die Hälfte des gesamten Bergsturzvolumens, unmittelbar vor dem Ausgang der Abbruchsnische zum Stillstand. Davon ausgehend schob sich - wie schon erwähnt - je eine Trümmerzunge in die nördliche und südliche Fernpaßfurche (Abb. 1).

2.2.1 Der Paßwall

Viele Bergstürze bilden auf Grund ihrer großen kinetischen Energie zwischen dem Abbruchsgebiet und der höchsten Trümmeranhäufung eine Tiefenzone aus, beispielsweise die Bergstürze am Obersee im Kanton Glarus und bei Poschiavo im Kanton Graubünden. Beim Fernpaßbergsturz ist dies nicht der Fall, da der Gegenhang in zu geringer Entfernung vom Abbruchsgebiet liegt. Der Ausgang der Nische ertrinkt geradezu in den sehr mächtigen Trümmern. Diese drängen den Kälberbach, der das Abbruchsgebiet quert, nach Süden ab, so daß er zwischen ihnen und dem Nischenflügel eine Schlucht einschnitt. Dabei entstand im Anstehenden des Nischenflügels ein etwa 10 m tiefes epigenetisches Tälchen. Die große Mächtigkeit ist auf die schon im Abbruchsgebiet vorhandene Dicke des Bergsturzpakets und seine relativ geringe Zerlegung beim Aufprall am Gegenhang zurückzuführen. Die weitgehende Bewahrung des Verbands der Bergsturzscholle trotz ihrer starken Zerrüttung (Puzzle-Effekt nach Shreve 1968) ist im Aufschluß beim Rasthaus Zugspitzblick auf der Nordflanke des Paßwalls gut zu er-

Abb. 1: Der Fernpaßbergsturz



kennen. Die bis zu fast einen Kilometer langen scharfen Kanten, die die Oberfläche des Paßwalls gliedern und begrenzen sind einerseits ein Hinweis auf die Zerscherung des niedergehenden Bergsturzpakets, andererseits jedoch auch ein Indiz für die Erhaltung großer zusammenhängender Schollen. Bestünde der Paßwall nur aus Grobblockwerk, so hätten sich bei der Zerscherung keine langgestreckten, auffallend geradlinigen Kanten ergeben. Die Grobblockigkeit des Reliefs auf der Oberfläche des Paßwalls steht nicht im Widerspruch zur Annahme sehr großer zusammenhängender Schollen, die den Paßwall aufbauen, denn eine Folge von stark zerrütteten und im Verband gebliebenen Felspaketen in der Hauptmasse und obenauf liegenden kaum zerrütteten, aber in Grobblockwerk zerschlagenen Bergsturzpartien ergab sich bei vielen Bergstürzen (z. B. Köfels im Ötztal und Flims).

Vergleicht man die Konfiguration des Paßwalls mit der der Bergsturznische, so ist er in Abbruchrichtung gemessen deutlich kürzer als diese (Paßwall 2 km, Bergsturznische 3,5 km): Quer dazu, also in N-S-Richtung, ist er naturgemäß oben schmäler als unten (oben 0,5 bis 1 km; unten 1 bis 1,5 km), während die Nische, ebenfalls quer zur Abbruchrichtung, oben breiter als unten ist (oben knapp 1,5 km, die geringere Breite unten ist wegen der nachträglichen Verschüttung nicht genau bestimmbar). Dies läßt erkennen, daß mit der Talfahrt eine erhebliche Deformation verbunden war.

Verkürzt wurde das niedergehende Felspaket beim Aufprall auf den Gegenhang, als die frontalen Partien dem Schub des nachdrängenden Materials nach Norden und Süden auswichen. Erst die Hauptmasse kam beim Aufprall am Gegenhang zum Stillstand. Dies steht in Einklang mit der Verbreitung der kristallinreichen Grundmoränen-decke des ehemaligen Abbruchsgehänges auf der Trümmeroberfläche: Im Bereich des nördlichen Bergsturzastes liegt diese Moränendecke noch weitflächig auf dem Bergsturzmaterial (siehe unten). Dagegen fehlt sie auf der Oberfläche des Paßwalls. Dessen Trümmer stammen aus den höheren Teilen des Abbruchsgebiets. Dort lag auf dem Abbruchshang eher Material lokaler Herkunft, wie dies im Bereich der unmittelbar südwestlich anschließenden Lorea Alpe auch heute der Fall ist. Bezeichnenderweise sind im distalen, d.h. nischenfernen Teil des Paßwalls unmittelbar vor dem Gegenhang einige kristalline Geschiebe zu finden. Dieser Bereich stammt schon aus dem etwas tieferen und daher stärker durch kristallinreiche Moräne bedeckten Abschnitt des Abbruchsgebiets.

Die starke Deformation quer zur Abbruchrichtung kam zustande, als das Felspaket die Nische verließ und die Stützwirkung von deren Nord- und Südfügel verlor. Dadurch scherten in der Fernpaßfurche zwangsläufig die nördlichen und südlichen Randpartien ab (Abb. 2). Diese Bewegung wurde durch den Aufprall des Felspakets auf den Gegenhang sicher verstärkt. Neben der Zerscherung kam es am Paßwall auch zur Ausbildung von Spaltungsformen am Gegenhang. Dazu gehören die beiden senkrecht zum Gegenhang angeordneten Wälle und die dazwischen gelegene Kerbe. Ähnliche parallel zur Bergsturzbewegung und senkrecht zum Gegenhang gerichtete Spaltungsformen sind auch auf dem Rücken des Bergsturzes vom Säsgit entwickelt (Rücken von Crest Aulta und Ils Aults mit dazwischenliegender Tiefenzone).

2.2.2 Die beiden sekundären Abbruchsgebiete

Das Grobblockgelände der Paßwalloberfläche findet sein abruptes Ende, wo es sich mit den sehr steilen beiderseitigen Flanken an jeweils scharfer Kante verschneidet. Beim Aufprall am Gegenhang scherten die beiderseitigen Randpartien vom zentralen Teil ab (siehe oben). Aus diesen abgelösten Partien entwickelten sich sekundäre Bergstürze mit einer den neuen Gefällsverhältnissen folgenden Bewegungsrichtung. Die beiderseitigen Steilflanken des Paßwalls sind daher die Abbruchsgebiete, die die beiden Massenbewegungen hinterließen.

Sekundäre Abbruchsgebiete wie am Fernpaß sind auch bei anderen Bergstürzen entwickelt. Sie bilden sich vor allem bei großer kinetischer Energie des primären Bergsturzes. Daher neigen vor allem aus großer Höhe niedergehende große Trümmermassen zur Ausbildung sekundärer Abbruchsgebiete. Den ersten Impuls hierzu geben dabei die beim Aufprall am Gegenhang erfolgten und parallel zu diesem wirksamen Bewegungskomponenten. So kamen bei den Bergstürzen von Kandersteg (Berner Alpen), von der Totalp (bei Davos) und am Eibsee (bei Garmisch-Partenkirchen) jeweils sekundäre Abbruchsnischen zustande. Bei großer Mächtigkeit der niedergehenden Bergsturzscholle können sich zwei oder mehr sekundäre Bergstürze ausbilden. Dies gilt, wie gezeigt, für den Fernpaßbergsturz und den Bergsturz von Flims, von dessen besonders mächtigem Trümmerkörper sich drei Trümmerzungen lösten, eine vorderrheinaufwärts (mit Abbruchsnische im Kessel von Tuora, Foppas und Carrera), eine vorderrheinabwärts (mit Abbruchsgebiet südlich von Digg) und eine dritte in das von Süden kommende Safiental. Da dieses in Bewegungsrichtung des primären Bergsturzes gelegene schmale Tal nur eine geringe Trümmermasse aufnahm, ist die sekundäre Abbruchsnische ebenfalls relativ klein (Becken von Ransun).

Beim Bergsturz von Köfels bewahrte der Trümmerkörper trotz seiner großen Mächtigkeit weitgehend seinen inneren Zusammenhang, so daß sich nur relativ kleine sekundäre Abgleitungen ausbilden konnten. An der Nordflanke belegen die hintereinandergestaffelten Abschiebungen im Bereich der Serpentinen der Straße nach Niederthai eine um 90° von der primären Bergsturzrichtung abweichende differentielle Felsgleitung. Ein nördlicher Ausläufer davon war wohl der Trümmerhügel nördlich von Umhausen.

Der primäre Fernpaßbergsturz prallte in einem Winkel von 25° auf den Gegenhang, so daß es zu einer asymmetrischen Abscherung der beiden Bergsturzäste kam. Auf der Nordseite des Paßwalls erfolgte die Abscherung in der vorgegebenen ENE-Talrichtung, etwa 25° von der primären Bergsturzrichtung abweichend. Weit stärker war die Abweichung der Abscherung auf der Südflanke des Paßwalls, wo sich die Bewegungsrichtung des Südastes um etwa 135° (!) von der primären Bewegung unterscheidet. Der initiale Bewegungsimpuls der sekundären Massenbewegung kam daher nicht wie beim Nordast von der Bewegung des primären Sturzes, sondern nur von dem zu den Paßwallflanken hin gerichteten lateralen Bewegungsimpuls, der beim Verlust der Stützwirkung des südlichen Nischenflügels und beim Aufprall am Gegenhang wirksam wurde. Daher verlor der primäre Bergsturzkörper durch Abscherung im Nordosten

eine weit größere Trümmermasse als an seiner Südflanke (im Nordosten grob etwa 40 % des Gesamtvolumens, im Süden sicher unter 10 %).

Auf der Nordflanke des Paßwalls ergab sich dabei durch hintereinandergestaffelte Abschiebungen der treppenartige Abfall des sekundären Abbruchsgebietes. Dagegen hinterließ der abgescherte Südast im sekundären Abbruchsgebiet an der Südflanke des Paßwalls eine gegen Norden ausgreifende leicht konkave Wölbung.

2.2.3 Die beiden Äste des Fernpaßbergsturzes

Nicht nur der primäre Fernpaßbergsturz, sondern auch die vom Paßwall ausgehenden sekundären Bergstürze bewegten sich zu einem großen Teil en bloc. Dies bestätigten folgende Beobachtungen:

- Viele Aufschlüsse im Bereich der Bergsturzwälle und isolierten Bergsturzhügel (Toma) zeigen große, stark zerstörte aber zusammenhängende Bergsturzschollen. Dies gilt auch für die umfangreichen Aufschlüsse, die beim Bau der neuen Trasse der Fernpaßstraße zwischen dem Lermooser Tunnel und dem Weißensee entstanden sind. Zusammenhängende Gesteinspartien von vielen Zehner von Metern Kantenlänge konnten nur durch eine En-bloc-Bewegung bzw. differentielle En-bloc-Bewegung verlagert worden sein. Andernfalls hätten sie ihren Verband verloren.
- Auch die bis zu über 500 m langen, scharfen und geradlinigen Kanten, an denen sich die Flachformen des Nordastes mit Steilabfällen verschneiden, können nur bei En-bloc-Bewegung entstehen.
- Auf den flacheren Partien wird das Bergsturzmaterial stellenweise von kristallinreicher Grundmoräne des Inngletschers bedeckt (Abb. 1 u. 2). Demgegenüber sind auf den Steilabfällen der Bergsturzwälle und Toma kaum Moränen, ja oft nicht einmal vereinzelte Erratika zu finden. Eine Überfahrung der Trümmer durch den Inngletscher, wie sie der Verfasser angenommen hatte (Abele 1964, S. 70) ist daher unwahrscheinlich. Bei den flachen Partien handelt es sich um Teile des ursprünglich moränenbedeckten Hanges im Abbruchsgebiet, die beim Niedergang des Bergsturzes in ihre heutige Position kamen. Die moränenfreien Steilhänge hingegen sind durch Verwerfungen beim Bergsturzvorgang und durch Verstürzungen der Steilflanken der Trümmerhügel entstanden. Eine Erhaltung der Moränenauflage auf den niedergehenden Bergsturzschollen ist nur bei einer En-bloc-Bewegung möglich.

Die bei der Neutrassierung der Fernpaßstraße zwischen dem Lermooser Tunnel und dem Weißensee entstandenen Aufschlüsse zeigten nicht nur eine Überlagerung der Bergsturztrümmer durch Moräne, sondern auch Moräneneinschlüsse im Bergsturzmaterial. Bei den kristallinreichen Moräneneinschlüssen ist schwer zu entscheiden, ob die Moräne vom Bergsturz aufgeschürft wurde oder ob sie einst dem Abbruchshang auflag und beim Niedergang des Bergsturzes von dessen Trümmern überlagert wurde. Das aus der Mieminger Kette stammende wettersteinkalkreiche Lokalmaterial im Nordteil der nördlichen Trümmerzunge kann nur vom Bergsturz aufgeschürft oder - nordöstlich des

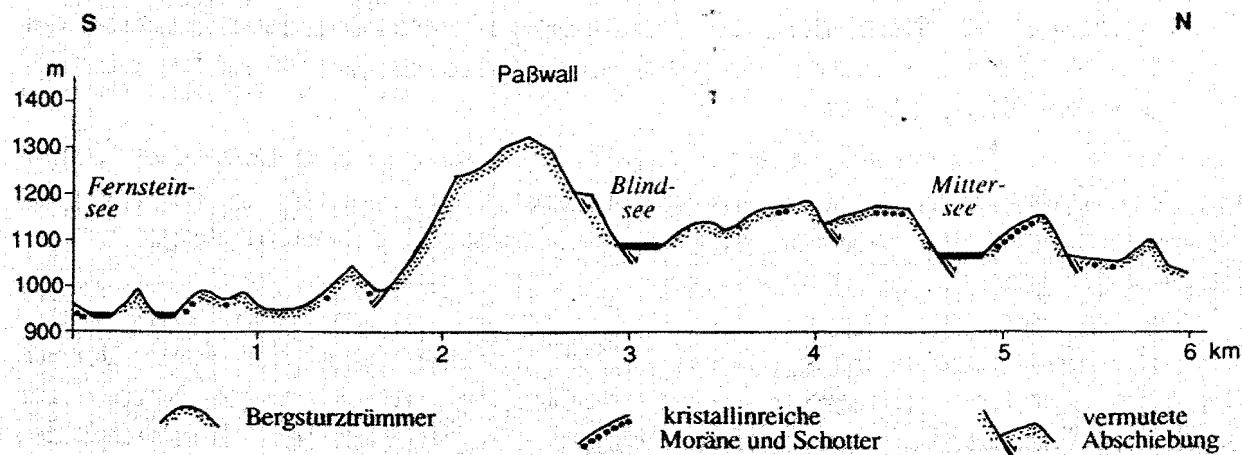
Weißensees - von Lokalgletschern auf den schon abgelagerten Bergsturztrümmern abgesetzt worden sein.

Die bei der Talfahrt erfolgte Deformation des abgleitenden Felspaketes war im Bereich der beiden Bergsturzäste weit größer als beim primären Bergsturz. Der Paßwall hat dementsprechend seine große Mächtigkeit bewahrt, während die beiden Äste nach Norden und Süden stark 'in die Länge gezogen' wurden und ausdünnten. Auf diese weite Ausbreitung der sekundären Bergstürze ist es zurückzuführen, daß der Fernpaßbergsturz eine Streuung von 1 : 3,3 aufweist (Flächenverhältnis zwischen Abbruch- und Ablagerungsgebiet). Die Bergsturzbewegung muß sich daher vor allem in Zerrungsscheinungen ausgewirkt haben. Tatsächlich gibt die Oberfläche des Nordastes deutliche Hinweise auf eine in Längsrichtung wirkende Zerrungstektonik durch hintereinandergestaffelte Abschiebungen: Die größte dieser Abschiebungen ist das sekundäre Abbruchsgebiet an der Nordostflanke des Paßwalls (siehe oben). Die tiefe und langgestreckte Quermulde des Blindsees liegt unmittelbar am Fuß des sekundären Abbruchsgebiets im stark abgesunkenen Nacken der abgeglittenen Scholle.

Nordöstlich des Blindsees sind drei Wälle quer zur Tal- und Bergsturzrichtung hintereinandergestaffelt (Abb. 2). Die örtliche Moränendecke der jeweils weniger stark geneigten SW-Flanken der Wälle weist diese Partien als Teile der ursprünglichen Hangoberfläche des Abbruchshanges aus (siehe oben). Dieses Flachrelief schneidet sich an scharfer Kante mit den jeweils moränenfreien NE- bis NNE-geneigten Steilflanken dieser Wälle. Die asymmetrischen Formen entstanden demnach bei der Versetzung des ursprünglichen Abbruchshanges durch drei hintereinandergestaffelte Abschiebungen. Der Mittersee liegt in einer der dabei entstandenen Tiefenzonen zwischen dem Steilhang der Abschiebung im SSW und der schiefgestellten moränen-, schotter- und sandbedeckten ehemaligen Hangoberfläche im Nordosten.

Unmittelbar am Fuß der Steilabfälle der drei Wälle sind reihenförmig angeordnete, auffallend regelmäßige Trichter bis zu über 10 m eingesenkt. Sie entstanden vielleicht als Toteislöcher, wie der Verfasser annahm (Abele 1964, S. 77), eher jedoch als Folge

Abb. 2: Nord-Süd - Vertikalprofil über die Bergsturztrümmer in der Fernpaßfurche



der Zerrungsbewegungen. Kam es bei den Abschiebungen zur Bildung von Hohlformen innerhalb des Bergsturzkörpers, so wurden diese durch von oben nachbrechendes Lockermaterial aufgefüllt. Falls dieses Nachbrechen über schmale schlottförmige Hohlräume erfolgte, bildeten sich an der Bergsturzoberfläche Trichter mit gleichmäßig geneigten Flanken. Ähnliche Trichter senkten sich in den Rücken der im Jahre 1963 erfolgten Felsgleitung von Vajont (östlich des Piavetales). Durch Zerrungstektonik beim Bergsturzvorgang entstanden auch die isolierten Bergsturzhügel (Toma), die mit ihren glattflächigen Flanken nordöstlich des Mitter- und Weißensees und südlich des Paßwalls ein charakteristisches Merkmal der Fernpaßfurche bilden. Trotz ihrer regelmäßigen Form bestehen diese Aufragungen teilweise aus zusammenhängenden Bergsturzschollen. Es handelt sich daher um die höher aufragenden Teile der bei der differentiellen En-bloc-Bewegung auseinandergerissenen Schollen. In gleicher Weise entstanden beim Niedergang des Bergsturzes vom Mt. St. Helens (1980 Wash., USA) die im Bereich der Trümmerzunge im Toutle River Valley steil, teilweise senkrecht aufragenden isolierten Hügel, die aus zusammenhängenden, aber stark zerrütteten Bergsturzschollen bestehen. Ihre Gestalt wird sich sicher durch allmähliche Abböschung der Steilflanken der regelmäßigen Form der Toma annähern. Auffallend ist das Fehlen von Randwällen im Bereich der beiden Trümmerzungen am Fernpaß. Andere Bergstürze, die sich über große Entferungen in Tallängsrichtung bewegten, hinterließen an den Talflanken oft viele Kilometer lange Randwälle (z. B. Bergsturz vom Cerro Mesón Alto, Hinterland von Santiago, Chile und Bergsturz vom Mt. St. Helens).

Angesichts der bis in die distalen Bereiche der Bergsturzäste vorkommenden zusammenhängenden Schollen spielte die differentielle En-bloc-Bewegung beim Niedergang des Fernpaßbergsturzes die wesentliche Rolle. Das Fließen war an schmale mobile Zonen zwischen den Blöcken gebunden. Dort wurde die Bewegung durch Selbstschmierung begünstigt (vgl. Scheller 1970, Habib 1975 und Erisman et al. 1977). Für die Bewegung der beiden Äste des Fernpaßbergsturzes besteht außerdem die Möglichkeit des Transports auf einer vom Bergsturz mobilisierten Mure. Ein solcher Transport konnte bei den Bergstürzen im Vorder- und Hinterheintal (westlich Chur) und im Almtal (Totes Gebirge) nachgewiesen werden (Pavoni 1968, Abele in diesem Heft, S 33 - 39). Im Bereich dieser Bergstürze 'schwimmen' isolierte Bergsturzschollen in graduierten Mursedimenten. Dies kann nur erklärt werden, wenn die Bergstürze bei ihrem Niedergang die wasserdrückende Talfüllung mobilisierten und ihre Trümmer von den dabei in Bewegung gesetzten Muren (debris flows) weitertransportiert wurden. Beim Fernpaßbergsturz ließe sich hierdurch vor allem die abnorm große Länge des Südastes erklären.

Der Südast des Fernpaßbergsturzes besitzt eine weit größere Mindestlänge (11,5 km Entfernung zwischen dem höchsten Punkt des Paßwalls und dem am weitesten davon entfernten Bergsturzhügel im Gurgltal, im Stromstrich gemessen) als der Nordast (6,5 km). Angesichts der weit stärkeren Abweichung des Südastes von der Bewegungsrichtung des primären Bergsturzes und des weit kleineren Volumens ist dies sehr überraschend. Selbst wenn man annimmt, daß der Fernpaßbergsturz im Lermooser Becken weiter vorstieß als bis zu den nördlichsten heute sichtbaren Trümmeraufragungen und selbst wenn man die 170 m tiefere Lage der südlichen Ausläufer der Trümmer im

Gurgltal berücksichtigt, ist die große Länge des Südastes auffällig. Fast alle Bergstürze mit vergleichbarem Volumen bleiben in ihrer Fahrbahnlänge (Entfernung zwischen dem oberen Abriß des Abbruchsgebiets und dem äußersten Ende des Ablagerungsgebiets, im Stromstrich gemessen) weit hinter der des Südastes des Fernpaßbergsturzes (15,5 km) zurück.

Bei Annahme einer Mobilisierung der Talfüllung in der Fernpaßfurche durch den sehr mächtigen primären Bergsturz ist gut vorstellbar, daß die dabei in Bewegung gesetzten Muren in stärkerem Maße zum tiefer gelegenen Gurgltal als zum höher gelegenen Lermooser Becken bewegt wurden. Beim Weitertransport des Bergsturzmaterials durch eine Mure wäre auch das geringe oder fehlende Aufbranden der südlichen Trümmerzunge auf den Außenseiten der Talbiegungen zu erklären.

3. Chronologie der geomorphologischen Ereignisse in der Fernpaßfurche

Auf der Grundlage der oben entwickelten Vorstellungen und noch darzustellender Befunde ergibt sich für die Fernpaßfurche und ihre Nachbargebiete folgende Chronologie der geomorphologischen Ereignisse:

1. Die Inntalterrassensedimente werden im Gurgltal, auf der östlich anschließenden Mieminger Terrasse und damit auch in der Fernpaßfurche bis in eine Höhe von mindestens 1060 m abgelagert, denn so hoch greifen deren höchste Vorkommen heute noch.
2. Die Inntalterrassensedimente im Gurgltal werden bis auf schmale Terrassenreste am Fuß des Tschirgantzuges abgetragen. Die dabei entstandene bis zu über 230 m tiefe und sehr breite Ausraumzone wurde sicher nicht durch den kleinen Fluß geschaffen, der dem Gurgltal aus der Fernpaßfurche zuströmte. Eine solch große Erosionsleistung konnte nur der Inngletscher erreichen, der ja seine Grundmoränen auf den Terrassenresten am Fuß des Tschirgantzuges und auf den Inntalterrassensedimenten des Mieminger Plateaus hinterließ. Im Bereich des Mieminger Plateaus blieb die Schotterfüllung trotz der Überfahrung durch den Inngletscher erhalten, da die Hauptmasse des aus dem Gurgltal kommenden Gletschers westlich davon zur Fernpaßfurche abzweigte, in der die Inntalterrassensedimente ja auch beseitigt wurden. Dort ist wegen der späteren Einlagerung der Trümmer des Fernpaßbergsturzes (siehe unten) nicht zu erkennen, ob der Gletscherarm eine Wasserscheide oder, wie Penck (1901/09, S. 293) annahm, ein durchgehendes Gefälle vom Lermooser Becken zum Gurgltal hinterließ. Sicher trug der in die schmale Fernpaßfurche eingewängte Inngletscherarm zur Übersteilung des Abbruchsgehanges des Fernpaßbergsturzes bei.
3. Der Fernpaßbergsturz gleitet in die Fernpaßtalung und schafft oder erhöht dort die Wasserscheide zwischen dem Lermooser Becken und dem Gurgltal. Die Trümmer konnten nicht auf einen aktiven Inngletscherarm niedergegangen sein, da bei einem Anstieg der Gletscheroberfläche nach Süden die Ablagerungen des Bergsturzsüdastes im Gurgltal nicht zu erklären wären. Eine Toteisfüllung bei der Talfahrt des Bergsturzes ist zwar nicht auszuschließen, sie konnte jedoch nicht

mächtig gewesen sein, denn sonst hätte sie dem tief in die Fernpaßfurche hinabgreifenden Abbruchshang ein Widerlager geboten.

4. Durch das Abgleiten der großen Trümmermasse ändern sich die Spannungs- und Gleichgewichtsverhältnisse im Abbruchsgebiet. So verliert der östlich des Kälbertales gelegene Nordflügel der Nische sein Widerlager und bewegt sich als Sackung nach Süden (Scholle 'Am Saum'). Möglicherweise ist ein Teil der innerhalb der Abbruchsnische gelegenen Trümmer durch einen oder mehrere Nachstürze geliefert worden. Deren Ausdehnung ist sicher kleiner als dies der Verfasser (1964, S. 90 f) angenommen hat. Zumindest ist unwahrscheinlich, daß das Gebiet der scharfen Kanten, im Bereich des östlichen Paßwalls (siehe oben) und damit auch das Gebiet östlich des Blindsees noch zum Nachsturzgebiet gehört.

Anhaltspunkte für eine Datierung der Massenbewegungen ergaben sich nur im Bereich eines sehr kurzen Randwalles, der nordwestlich der Fernpaßhöhe den Ausgang des Kälbertales abdämmt. Im Feinmaterial der oberhalb dieser Schwelle abgelagerten Stausedimente befindet sich neben Weidenblättern und Fichtennadeln auch der Stamm einer Fichte. Für diese wurde ein ^{14}C -Alter von 2255 ± 60 Jahren vor 1950 ermittelt (Bestimmung durch Prof. Dr. M. Geyh, Niedersächsisches Amt für Bodenforschung). Da die kleine Hohlform am Ausgang des Kälbertales relativ rasch aufgefüllt worden sein mußte, ist das Alter der stauenden Schwelle sicher nicht sehr viel höher als der oben genannte ^{14}C -Wert.

Schwierig ist die Entscheidung, ob der stauende Randwall zum Hauptsturz oder zu einem Nachsturz gehört. Die Tatsache, daß das Blockmaterial dieses Walls nicht nur in das Kälbertal, sondern auch in das sonst rücktiefungslose westliche Randtälchen der Scholle 'Am Saum' eingreift, spricht eher für die Zugehörigkeit zu einem Nachsturz, denn diese Sackung ist ja erst nach der Talfahrt des Fernpaßbergsturzes erfolgt (siehe oben).

4. Schluß

Die Trümmerlandschaft am Fernpaß zeigt modellhaft klar folgende Merkmale einer differentiellen Felsgleitung:

1. Ein erheblicher Teil der Trümmer besteht aus großen Schollen, die trotz der starken Zerrüttung ihren Verband bewahrt haben (Puzzle-Effekt nach Shreve 1968). Dies ist nicht nur in der Hauptmassenanhäufung am Fernpaß der Fall, sondern - trotz des weiten zurückgelegten Weges - auch im Bereich der nördlichen und südlichen Bergsturzzunge. Bei großem Anteil der zusammenhängenden Schollen muß der Bereich, in dem die Relativbewegung innerhalb der Trümmer erfolgte, zwangsläufig auf schmale mobile Zonen beschränkt gewesen sein.
2. Die unmittelbar vor der Abbruchsnische zum Stillstand gekommene mächtigste Trümmeranhäufung, die den Fernpaß trägt, wurde beim Aufprall am Gegenhang an internen Gleitflächen zerschert. Dies zeigen die geradlinigen und langgestreckten Kanten und Steilabfälle, die die Oberfläche des Paßwalls gliedern.

Durch den Spaltungseffekt beim Aufprall am Gegenhang ergaben sich außerdem zwei senkrecht dazu angeordnete, durch eine Kerbe voneinander getrennte Wälle.

3. Beim Austritt aus der Bergsturznische und Aufprall auf den Gegenhang scherten die frontalen und lateralen Teile von der Hauptmasse ab und bildeten den Nord- und Südast des Fernpaßbergsturzes. Am Fuß der Nische blieb die dadurch verkürzte und verschmälerte Scholle des Paßwalls zurück. Daß die Ablösung des lateralen Materials en bloc erfolgte, zeigen die beiden abrupt einsetzenden Steilflanken des Paßwalls. Von hier glichen die Trümmer der beiden Bergsturzzungen nach ENE und SW ab und hinterließen jeweils sekundäre Abbruchshänge innerhalb des Ablagerungsgebietes.
4. Im Bereich des Bergsturznordastes lassen sich die drei asymmetrischen Querwälle mit ihren jeweils steilen NE- und flachen SW-Abdachungen, die sich an langgestreckten scharfen Kanten verschneiden, als hintereinandergestaffelte Abschiebungen erklären. Die teilweise durch kristallinreiche Moräne bedeckten flachen Abdachungen sind Teile des Abbruchshanges, die an den weitgehend moränenfreien Steilabfällen gegeneinander versetzt wurden. Die auffallend gute Erhaltung der Moränenaufklage stützt die Annahme einer differentiellen En-bloc-Bewegung. Der Blind- und der Mittersee liegen jeweils in den beim Abschiebungsvorgang entstandenen asymmetrischen Tiefenzonen.
5. Durch Zerrungstektonik beim Bergsturzniedergang bildeten sich auch die teilweise aus großen Schollen aufgebauten isolierten Aufragungen der Toma. Ihre regelmäßige Gestalt erhielten sie durch nachträgliche Abböschung ihrer Steilflanken.

Literatur

- Abele, G. (1964): Die Fernpaßtaltung und ihre morphologischen Probleme. *Tübinger Geogr. Studien* 12, Tübingen, 123 S.
- Abele, G. (1974): Bergstürze in den Alpen, ihre Verbreitung, Morphologie und Folgeerscheinungen. *Wissenschaftliche AV-Hefte* 25, München, 230 S.
- Abele, G. (1984): Schnelle Felsgleitungen, Schuttströme und Blockschwarmbewegungen in den Alpen im Lichte neuerer Untersuchungen. In: *Münchener Studien zur Sozial- und Wirtschaftsgeographie* 26, Kallmünz/Regensburg, S. 165-179.
- Ampferer, O. (1904): Die Bergstürze am Eingang des Ötztales und am Fempaß. *Verh. k.k. geol. R.-A.*, S. 73-87.
- Erismann, T. H., H. Heuberger u. E. Preuss (1977): Der Bimsstein von Köfels (Tirol), ein Bergsturz - "Frikionit". In: *Tschermaks Min. Petr. Mitt.* 24, S. 67-119.
- Falbesoner, H. (1886): Der Fempaß und seine Umgebung in bezug auf das Glacialphänomen. XI Programm des F.B. Privatgymnasiums am Seminarium Vincentinum, Brixen, 41 S.
- Habib, P. (1975): Production of Gaseous Pore Pressure during Rock Slides. In: *Rock Mechanics* 7, S. 193-197.
- Heim, A. (1932): Bergsturz und Menschenleben. Zürich, 218 S.
- Pavoni, N. (1968): Über die Entstehung der Kiesmassen im Bergsturzgebiet von Bonaduz-Reichenau (Graubünden). In: *Ecl. Geol. Helv.* 61/2, S. 494-500.
- Penck, A. u. E. Brückner (1901/09): Die Alpen im Eiszeitalter. 3 Bde.
- Scheller, E. (1970): Geophysikalische Untersuchungen zum Problem des Taminser Bergsturzes. Diss. Zürich (ETH), 91 S.
- Shreve, R. L. (1968): The Blackhawk Landslide. *Geol. Soc. of America, Boulder, Col.*, 47 S.