

# **Bildung von Erosionsgräben in einer Moränenterrasse im Diemtigtal während der Unwetter vom August 2005**

Autor(en): **Schwab, Severin / Tobler, Daniel / Graf, Kaspar**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin für angewandte Geologie**

Band (Jahr): **11 (2006)**

Heft 1

PDF erstellt am: **23.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-226160>

## **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.

# Bildung von Erosionsgräben in einer Moränenterrasse im Diemtigtal während der Unwetter vom August 2005

Severin Schwab<sup>1</sup>, Daniel Tobler<sup>1</sup> & Kaspar Graf<sup>1</sup>

**Stichworte:** Erosionsgräben, Innere Erosion, Sickererosion, Piping, Unwetter 2005

## Zusammenfassung

Als Folge der intensiven und lang anhaltenden Niederschläge vom 19. bis 23. August 2005 ereignete sich im Diemtigtal (Berner Oberland) im Gebiet Hanebüel-Riedere eine grössere Hangerosion. Am Fuss einer Geländeterrasse wurden am Mittwoch, den 24. August 2005 zuerst wenige Kubikmeter Lockermaterial erodiert. Dieses wurde infolge des hohen Bodenwasserdruckes, gespiesen durch Hangwasser- und Oberflächenwasserzuflüsse, in die talwärts liegenden Wiesen gespült und übermurtete diese. Rund einen Tag später wurden infolge innerer Erosion deutlich grössere Materialmengen aus der Erosionsnische transportiert. Es bildete sich eine markante, teils fächerartige Grabenstruktur, die aus bis zu 10 Meter tiefen Gräben besteht. Gesamthaft wurden 11'000 m<sup>3</sup> Material erodiert.

## Abstract

As a consequence of the intense and long lasting precipitation event from August the 19th to 23rd 2005, an exceptional erosion phenomenon occurred in the Diemtigtal (Berner Oberland) in the region of Hanebuel Riedere. On Wednesday, 24 August 2005, a first few cubic meters of slope material have been mobilised as a mud slide at the base of a well developed terrain terrace. Due to the high ground water pressure as well as additional water from surface flows, the material was splashed out and deposited on the meadows downhill. One day later, as a result of internal erosion, much larger quantities were transported from the already existing erosion niche. Consequently a distinctive, partly fan-like gully structure which consists of gullies up to 10 meters deep was formed. Altogether 11'000 m<sup>3</sup> of soil were eroded.

## 1. Einleitung

### 1.1 Ereignis

Als Folge der langanhaltenden Niederschlagsperiode vom 19. bis 23. August 2005 ereignete sich am 24. August 2005 im Diemtigtal (Berner Oberland) eine Hangerosion. Durch innere und rückschreitende Erosionsprozesse wurden gesamthaft rund 11'000 m<sup>3</sup> Lockermaterial mobilisiert. Es entstanden bis zu 10 m tiefe Gräben (Fig. 1).

### 1.2 Ziel der Untersuchung

Das Ziel der im Auftrag der Gemeindebehörden durchgeführten Untersuchung ist die detaillierte Beschreibung und Dokumentation der Erosionsphänomene im Raum Hane-

<sup>1</sup> GEOTEST AG, Birkenstrasse 15, CH-3052 Zollikofen



**Fig. 1:** Erosionsgräben und Teile des übermurnten Geländes im Gebiet Hanebüel-Riedere. Luftaufnahme vom 26.8.2005.

büel-Riedere (Ereignisanalyse). Es sollen mögliche Erklärungen für deren Entstehung und Ablauf geliefert und die wichtigsten Einflussgrößen auf den Mobilisations- und Transportprozess aufgezeigt werden. Weiter werden mögliche Massnahmen zur Behebung der aufgetretenen Schäden diskutiert.

### 1.3 Methodik

Die Untersuchungen erfolgten in drei Arbeitsschritten:

- detaillierte Geländebegehungen und -analysen,
- Zeugenbefragungen,

- Berechnungen auf der Basis eines digitalen Geländemodells.

Die Geländearbeiten umfassten eine detaillierte Kartierung der vorhandenen Phänomene gemäss den Vorgaben des Bundesamt für Wasser und Geologie (1995) sowie eine Fotodokumentation. Zur Rekonstruktion des Ereignisablaufes konnte auf Befragungen und Auskünfte von Augenzeugen zurückgegriffen werden. Die Volumenberechnungen und die weiterführenden Analysen basierten auf einem hochaufgelösten digitalen Höhenmodell. Zur Erstellung dieses Höhenmodells wurden im Grabenbereich sowie in dessen direktem Umfeld rund 460 Geländepunkte terrestrisch eingemessen (Wyss & Früh AG 2005). Auf der Grundlage dieser Daten konnte in einem geographischen Informationssystem ein digitales Höhenmodell mit dem Befehl TOPOGRID in ArcGIS (© ESRI) generiert werden. Die Volumenberechnungen erfolgten im Programm Microstation (copyright Bentley Systems).

#### 1.4 Untersuchungsgebiet

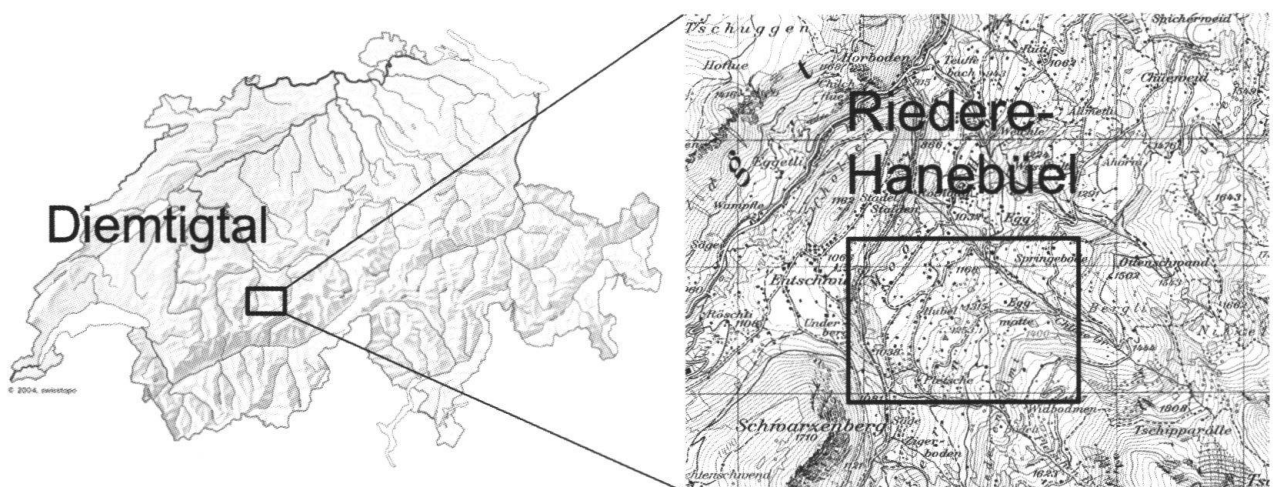
Das Untersuchungsgebiet liegt im Berner Oberland (Diemtigal, Raum Riedere südöstlich von Entschwil; siehe Fig. 2). Für den Ablauf der Ereignisse waren drei Lokalitäten von entscheidender Bedeutung: Erstens das Gebiet Anger (1450 m ü. M.), wo eine Spont-

anrutschung mit Übermuerung von Landwirtschaftsland stattfand, zweitens das Gebiet Pletsche (1240 m ü. M.), wo ein kleiner Teich besteht, der während des Ereignisses zum Überlaufen kam und drittens das Gebiet Hanebüel (1160 m ü. M.), wo die bereits erwähnten Erosionsgräben entstanden und eine grössere Landwirtschaftsfläche übermurt wurde. Fig. 3 zeigt einen geographischen Überblick zu den Prozessräumen.

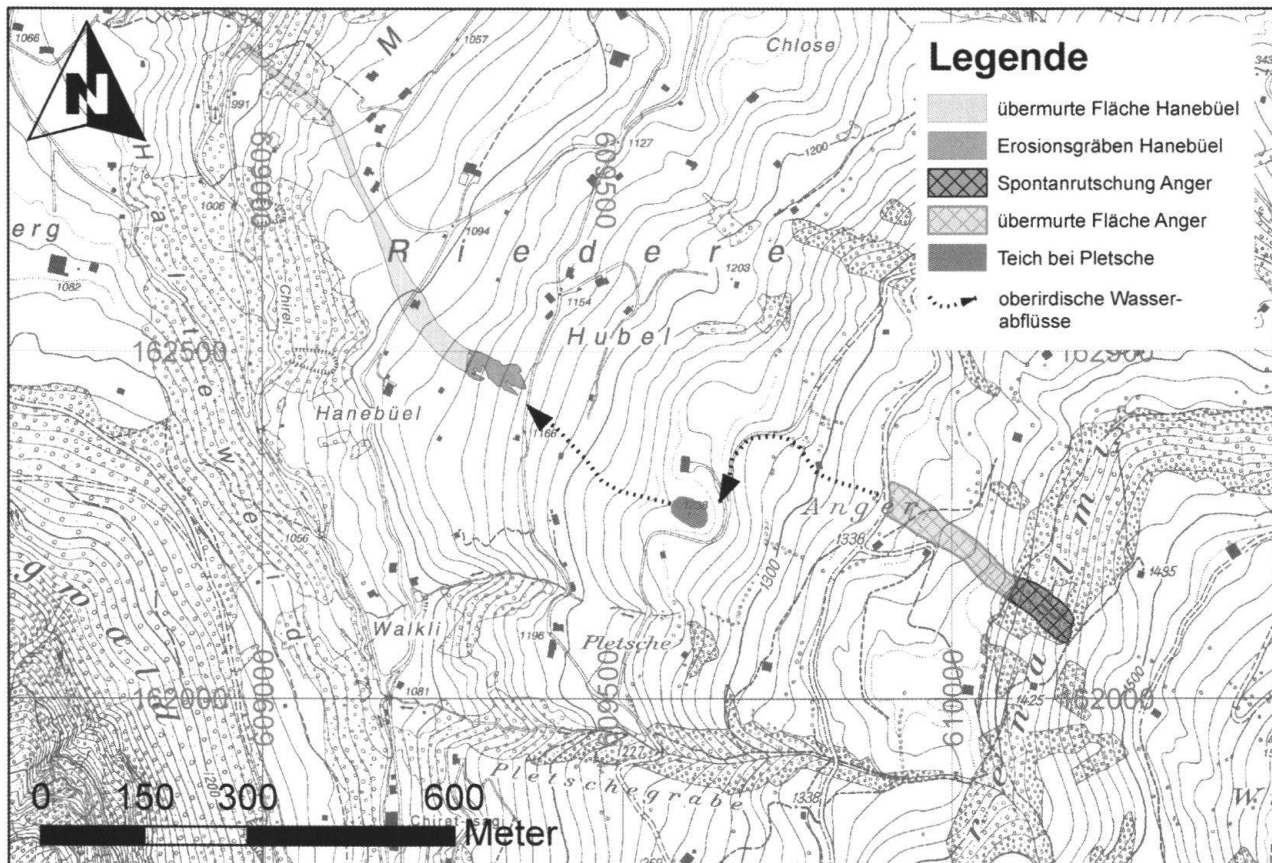
#### 1.5 Geologische, geomorphologische und pedologische Verhältnisse

Das Gebiet Hanebüel-Riedere liegt im Bereich der Niesendecke. Der Fels wird von bis zu 10 m mächtigem quartärem Lockermaterial überlagert (Rabowski 1992). Der Bereich der Erosionsgräben (1160 m ü. M.) besteht aus einer morphologisch markanten Moränenterrasse (verschwemmte Moräne). Sie stammt von einem lokalen Gletscher, der seinen Ursprung im oberen Diemtigtal bei der Männliflüh hatte. Die Hangneigung beträgt am Terrassenhang 20 bis 30°. An verschiedenen Stellen weist sie teils muschelförmige Einbuchtungen auf, die auf frühere und ähnliche Erosionsvorgänge wie im vorliegenden Ereignis hinweisen.

Das in den Grabenwänden aufgeschlossene Bodenprofil (A- und B-Horizonte) hat stellenweise eine Höhe von bis zu 10 m. Der Rego-



**Fig. 2:** Geographische Lage des Gebietes Hanebüel-Riedere (Rechteck). Vergrösserter Ausschnitt der Landeskarte 1:50'000. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA067782).



**Fig. 3:** Situation der näheren Umgebung des Gebietes Hanebüel-Riedere mit den wichtigsten Lokalitäten und Prozessräumen. Grundlage: Digitaler Übersichtsplan UP5; © Vermessungsamt des Kantons Bern.

sol zeigt im Übergang vom A- zum B-Horizont einen gewellten Grenzverlauf, der entweder von Umlagerungen infolge oberflächlicher Rutschungen oder von Erosionsprozessen herrühren kann. Der C-Horizont besteht aus leicht siltigen bis siltigen Kieselsteinen mit tonigen Zwischenlagen, die als Wasserstauer wirken. Auffällig ist die inhomogene Lagerung des Materials mit einer teilweise hangparallelen Schichtung. Diese Inhomogenitäten führen zu komplexen, kleinräumig wechselnden hydrogeologischen Verhältnissen (Durchlässigkeiten, Wasserflusswege).

Das weiter oben liegende Anrissgebiet der Rutschung im Gebiet Anger (1450 m. ü. M.) liegt in einem rund 35° steilen Waldgelände, das ebenfalls aus quartären Ablagerungen aufgebaut ist. Der Fels (Niesenflysch) ist unter einer geringmächtigen Lockermaterialbedeckung anstehend. Im Bereich des Rutschungsanrisses existieren Quellaustritte,

die lokal zur Vernässung des Hanges führen. Dazwischen besteht bei Pletsche in einer Geländemulde einer Moränenterrasse ein kleiner Teich (1240 m. ü. M.). Er weist keinen eigentlichen Zufluss auf, sondern wird lediglich durch oberflächlich zufließendes Niederschlagswasser gespeist. Ein Abfluss besteht, wenn überhaupt, höchstens im Untergrund.

## 2. Ereignisauslösende Wetterlage

Ähnlich wie bei den Hochwassern im Jahre 1999 war eine sogenannte Vb-Zugbahn («Fünf – b») des Tiefs Norbert für die starken Niederschläge vom 19. bis 23. August 2005 verantwortlich (siehe Höhenwetterkarte in Fig. 4). Wie MeteoSchweiz (2005) in einem Kurzbericht vermerkt, verlagerte sich ein Tiefdruckgebiet von Frankreich kommend über den Golf von Genua zum Golf von Venedig und blieb dort unerwartet stationär.

Dadurch wurden über längere Zeit feucht-warme Luftmassen vom Mittelmeer im Gegenuhrzeigersinn um das Tief verfrachtet und gelangten schliesslich in einer sich nur sehr langsam ostwärts verlagernden Nordostströmung an den Alpennordhang. Durch diese Staulage und das Zusammentreffen mit kühler Luft, welche von der Nordsee herangeführt wurde, wurden lang andauernde und ausgiebige Niederschläge ausgelöst. Gemäss Bundesamt für Wasser und Geologie (2005) kam es in der Schweiz zu lokal einzigartigen Niederschlagsmengen mit einer Wiederkehrperiode von teilweise über 200 Jahren. In der Folge kam es in verschiedenen Gegenden der Schweiz, namentlich im Berner Oberland, im Emmental und Entlebuch, in der gesamten Zentralschweiz und in der Ostschweiz zu Unwetterereignissen. Das Ereignis bei Hanebüel-Riedere fällt in diesen Zeitraum.

### 3. Ereignisablauf

#### 3.1 Rutschung/Hangmure im Gebiet Anger

Die flachgründige Spontanrutschung Anger ereignete sich im Zeitraum vom 22. bis 24. August 2005 in einem durch den Orkan Lothar geschädigten Waldstück. Der Anriss liegt auf rund 1450 m ü. M und weist eine Breite von 30 bis 40 m auf. Infolge des hohen Wasserangebotes (Quellhorizonte mit Wasserschüttung im Bereich des Rutschungsanrisses) fand ein Übergang der Rutschung in eine Hangmure statt. Diese übermurete eine rund 250 Meter lange und 35 bis 50 Meter breite Landwirtschaftsfläche und tangierte ein Haus (Fig. 5). Gesamthaft wurden 1500 bis 2000 m<sup>3</sup> Erdmaterial mobilisiert. Die Hangmure entwässerte bei einer Strasse auf einer Höhe von rund 1330 m ü. M.. Das nur noch mit wenig Feststoffen belastete Wasser floss oberflächlich bis zum kleinen Teich nördlich von Pletsche weiter (Fig. 3).

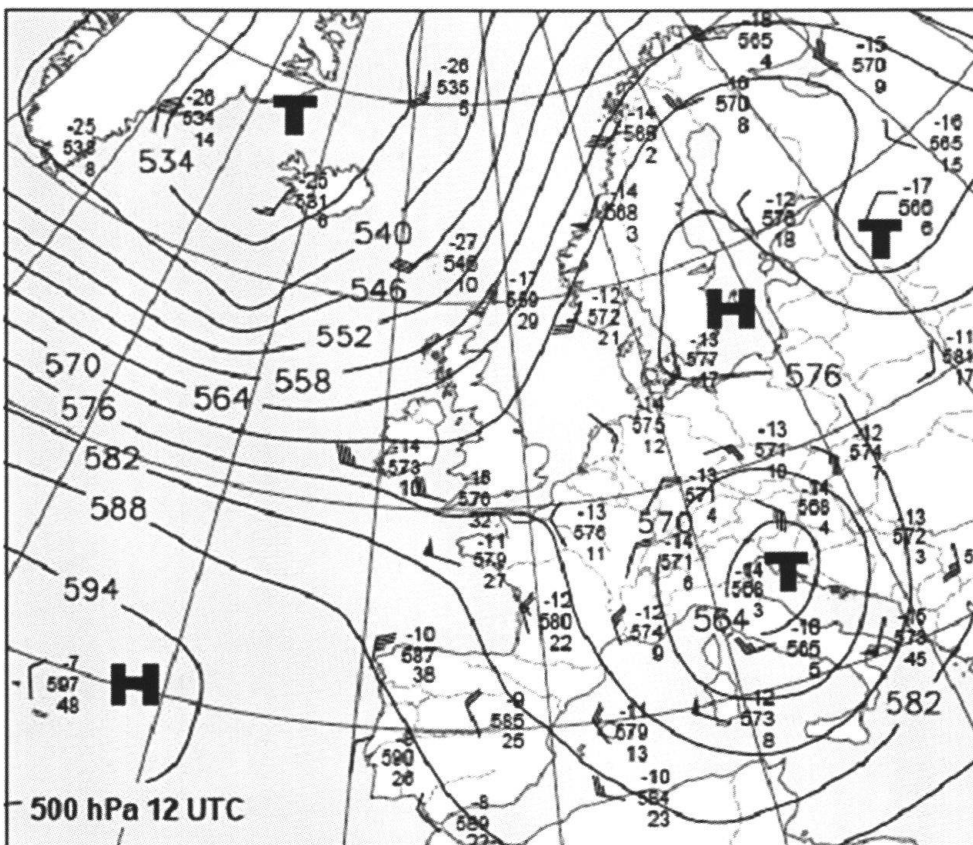


Fig. 4:  
Höhenwetterkarte auf  
500 hPa, 22.08.2005,  
12 UTC  
(MeteoSchweiz 2005).



**Fig. 5:** Anrissfläche der Spontanrutschung im Gebiet Anger (gestrichelt) mit der unterhalb liegenden, frisch übermurteten Landwirtschaftsfläche. Aufnahme vom 30. August 2005.

### 3.2 Teichausfluss bei Pletsche

Der Teich nördlich von Pletsche auf Kote 1240 m ü. M. fasst meist nur wenige Kubikmeter Wasser und trocknet in den Sommermonaten regelmässig aus (Fig. 6). Durch die langanhaltenden und ergiebigen Niederschläge hatte er ausserordentliche Wasserzuflüsse zu verzeichnen, die hauptsächlich aus der Spontanrutschung im Gebiet Anger stammten. Das Wasser folgte der Topographie und floss über die unweit östlich davon vorbeiführende Strasse der Geländemulde zu. Der Teich wurde vollständig gefüllt (23. und 24. August 2005) und konnte seine Retentionsfunktion nicht mehr erfüllen. Das zusätzliche Wasser aus der Rutschung Anger konnte somit direkt in Richtung der Morä-

nenterrasse im Hanebüel abfliessen. Nach einer groben Schätzung mit der Formel von Strickler-Manning betrug der gesamte Abfluss ca. 5'000 bis 10'000 m<sup>3</sup>. Der 1 bis 2 m breite Abflusskorridor war zum Zeitpunkt der Geländebegehung vom 30. August 2005 noch gut sichtbar (leicht verschlammte und hangabwärts geneigte Grashalme).

### 3.3 Erosion im Gebiet Hanebüel

Laut Zeugenaussagen brachen zuerst wenige Kubikmeter durchnässtes Erdmaterial aus der Moränenterrasse aus, welches sich in der Folge in Form einer Hangmure über die unterliegenden Wiesen ergoss. Durch rückschreitende Erosion entstand daraufhin der orographisch linke, kleinere Graben (Fig. 7).



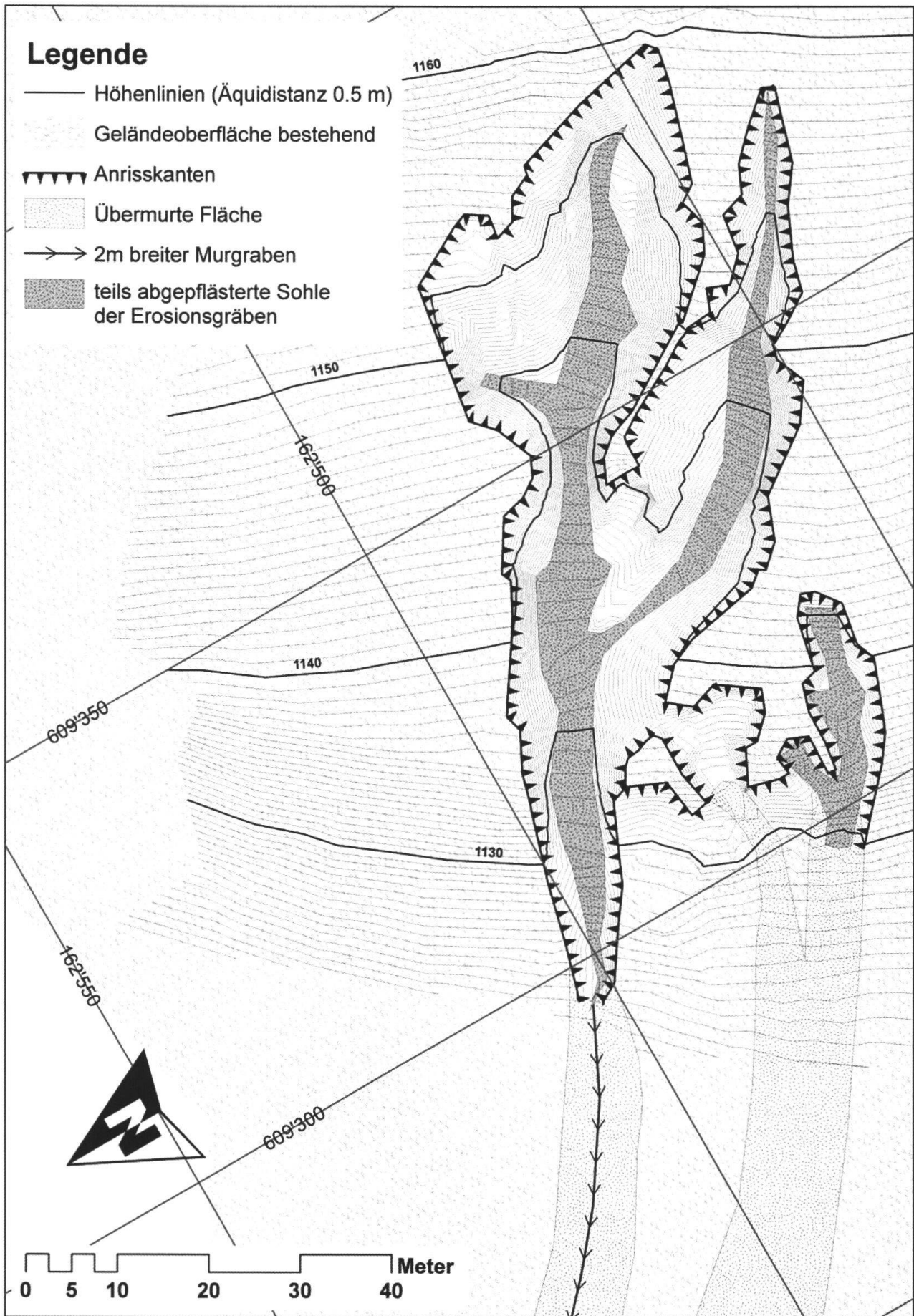
**Fig. 6:** Teich bei Pletsche. Die Stelle des Überlaufs befindet sich ganz links im Bild. Via Strasse (links oben im Bild) floss dem Teich viel Wasser aus dem Rutschgebiet bei Anger zu.

In der Nacht vom 25. auf den 26. August 2005 wurden weitere Erdmassen mobilisiert. Etwa 30 m nordöstlich der oben beschriebenen instabilen Hangstelle bildete sich dadurch ein neuer, aber deutlich grösserer Erosionsgraben. Auch hier wirkte die Erosion rückschreitend in die Geländeterrasse hinein und bildete eine verzweigte Grabenstruktur aus. Fig. 8 zeigt eine Luftaufnahme der Erosionsstelle und des übermurteten Geländes, Fig. 7 zeigt die Karte der Phänomene der Erosionsgräben. Die beiden Hauptgräben weisen Längen von 100 respektive 65 Metern auf. Die maximale Erosionstiefe beträgt 10 Meter. Die Kubatur des gesamthaft aus der Moränenterrasse erodierten Erdmaterials liegt bei total 11'000 m<sup>3</sup>. Anwohner berichteten von fontänenartigen Wasseraustritten in den Erosionsbereichen.

Die unterhalb der Erosionsgräben liegenden Flächen wurden teils bis zu 1,5 m hoch übermurt, wobei der Durchschnitt bei rund 0,3 m

lag. Auf der Strasse nach Walkli wurde rund 1 m hoch Geschiebe abgelagert. Ein Landwirtschaftsgebäude, das direkt an der Strasse liegt, wurde von den Geschiebemassen getroffen, aber nicht beschädigt. Auch unterhalb der Strasse nach Walkli wurden grössere Gebiete vom Murgang überführt. Er führte südlich am Haus auf ca. 1080 m ü. M. vorbei in den Portwald und mündete schliesslich in den Chirel. In den Erosionsgräben entwickelte sich eine Art Gerinnesohle, die deutlich abgepflästert, d.h. ausgewaschen ist (Fig. 9). Zudem hat sich unterhalb des längsten (östlichsten) Erosionsgrabens das Wasser rund 1,5 m tief und 2 m breit in das Übermurgungsmaterial eingetieft (Fig. 10). Das nahe Umfeld der Erosionsgräben sowie die Grabenwände können als stabil betrachtet werden. Es konnten keine sekundären Risse oder Stauchwulste seitlich oder oberhalb der Gräben beobachtet werden. Das Fehlen von Rissen zeigt auch, dass keine eigentlichen Rutschbewegungen stattfanden.





**Fig. 7:** Karte der Phänomene der Erosionsgräben und von Teilen des übermurten Geländes.



**Fig. 8:** Erosionsgräben (obere Bildmitte) und übermurtetes Gelände im Gebiet Hanebüel-Riedere. Zwischen den beiden Hauptübermurtungsflächen liegt ein Stall, der von den Erdmassen getroffen wurde. Die Strasse nach Walkli verläuft etwas unterhalb der Bildmitte. Luftaufnahme vom 26.8.2005.



**Fig. 9:** Einblick in den nördlichsten, bis zu 10 Meter tiefen Erosionsgraben mit deutlich sichtbarer Abpflasterung der frisch entstandenen «Gerinnesohle».



**Fig. 10:** Blick in das unterhalb der Erosionsgräben liegende, übermurtete Gelände und den rund 2 Meter breiten Abflussgraben.

## 4. Ereignisanalyse

### 4.1 Vorgeschichte, Einfluss der Niederschläge

Ausgelöst wurde das Ereignis durch die tagelang anhaltenden Niederschläge. Das Lockergestein wurde zunächst mit Wasser gesättigt und schliesslich übersättigt, was entsprechend hohe interne Wasserdrücke zur Folge hatte.

### 4.2 Ereignisauslösung durch ober- und unterirdische Wasserflüsse

Das für die Erosion verantwortliche Wasser konnte den Erosionsgräben auf zwei Arten zufließen: Erstens als nicht versickernder Niederschlag, der zu einem Oberflächenabfluss führte und zweitens als versickerter

Niederschlag, der zu einem Hangwasser- bzw. Sickerwasserfluss führte. Die drei Lokaltäten Anger, Pletsche und Hanebüel hatten dabei in Bezug auf die Wasserflüsse einen kausalen Zusammenhang:

- Das aus der Rutschung im Anger austretende und über Strassen abfliessende Wasser (Oberflächenabfluss) führte zur Überfüllung des Teiches in Pletsche.
- Das aus diesem Teich auslaufende Wasser floss wiederum als Oberflächenabfluss direkt zur Moränenterrasse im Hanebüel. Hier war es auf zwei Arten wirksam: Einerseits führte es zu einer primär linear wirkenden Erosion, die aber vermutlich erst wirksam wurde, als die Erosionsgräben schon teilweise bestanden. Andererseits konnte es durch Versickerung kurz

oberhalb der Erosionsgräben zu einem zusätzlichem Hangwasserfluss beitragen. Beobachtungen zeigen, dass auch am Ende des Erosionsprozesses noch viel Wasser in den Erosionsgräben floss. Die abgeplästerte Sohle der Gräben ist ein deutliches Zeichen für eine wasserreiche und feststoffarme Schlussphase des Ereignisses (vgl. Fig. 9). Bezüglich der Hangwasserflüsse kann die beobachtete inhomogene Lagerung des Hangmaterials (lokale Wasserstauer) die Entstehung von lokalen hohen Druckgradienten begünstigt haben. Nach Selby (1993) ist in gut durchlässigen Materialien (z.B. grobkörniger Kies) der Fließwiderstand klein, was bei inhomogenem Schichtaufbau die Entstehung gespannter Druckverhältnisse bewirkt. Bei solchen Verhältnissen wird die Böschungstabilität stark reduziert, da die Materialreibung durch den hohen Porenwasserdruck überwunden wird. Die Versickerung des Teichwassers oberhalb der entstandenen Erosionsgräben zeigt, dass hohe Sickerleistungen möglich waren und das Kriterium des gut durchlässigen Materials zumindest lokal gegeben war. Es ist wahrscheinlich, dass sich in der Moränenterrasse hohe Porenwasserdrücke aufbauen konnten. Weiter ist anzunehmen, dass das unmittelbar oberhalb der Erosionsgräben versickernde Teichwasser das auslösende Moment für die Bildung der Erosionsgräben war. Der ohnehin schon hohe Porenwasserdruck (übersättigte und angerissene Bodenschichten) wurde durch den zusätzlichen Wasserinput noch einmal erhöht. Die rückhaltenden Kräfte (Wurzelkräfte und Reibung) konnten dem höheren Druck nicht mehr standhalten, der Hang wurde lokal instabil.

#### **4.3 Klassifizierung der Erosionsphänomene**

Die abgelaufenen Prozesse unterscheiden sich in Bezug auf Dynamik und mobilisiertes Substrat. Entsprechend der Klassifikation nach Varnes (1978) und nach Selby (1993)

können sie folgendermassen eingeordnet werden:

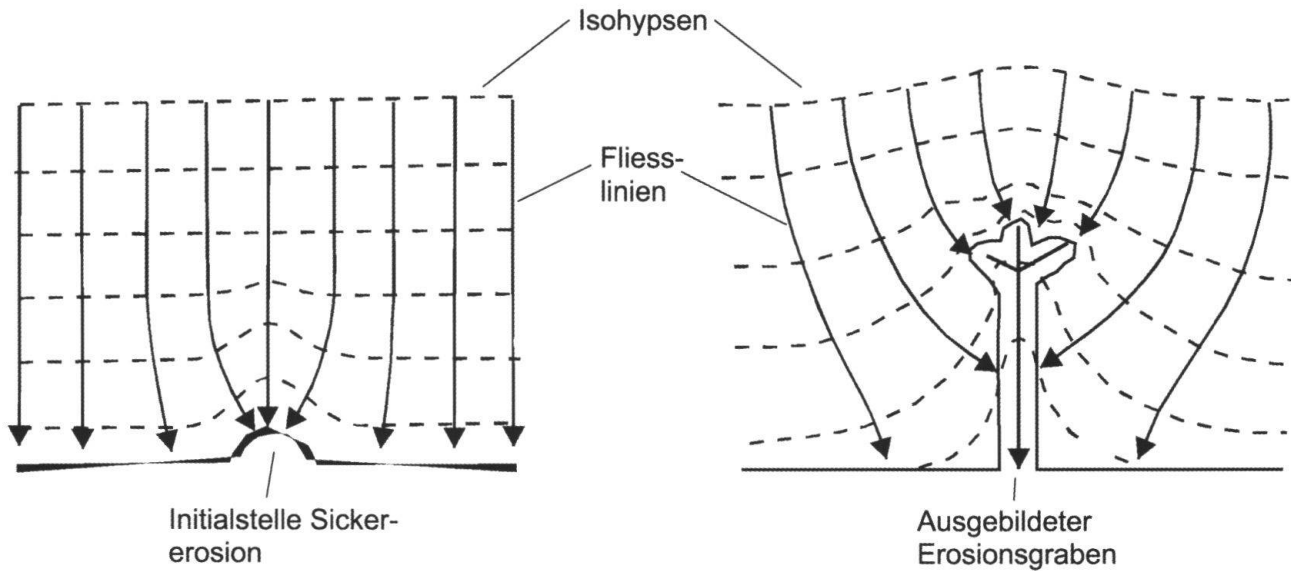
##### **4.3.1. Spontanrutschung bei Anger**

Die Rutschung im Gebiet Anger kann als Translationsrutschung charakterisiert werden, die in eine Hangmure (earth slide) überging.

##### **4.3.2. Erosionsgräben bei Hanebüel**

Im Gebiet Hanebüel kann unterschieden werden zwischen den Prozessen, die zur Grabenbildung führten und den sekundären Prozessen, wie der Übermuring der untenliegenden Hangbereiche. Ersteres ist ein komplexes Phänomen, das sich aus einzelnen Teilprozessen zusammensetzt. Vermutlich haben innere Erosionsprozesse mit Sickerströmungen, die den Hang sehr schnell kollabieren liessen, die Hauptrolle gespielt. Der Ereignisablauf und die geologische Disposition deuten auf diese Prozesse hin. Der Ausbruch einer kleinen Hangmure am Terrassenfuss ist auf die übersättigten Bodenschichten zurückzuführen. Dieser Vorgang hatte eine Konzentration des Sickerwassers im Bereich der Ausbruchstelle zur Folge (siehe linker Teil von Fig. 11). Die anschliessend durch zunehmende Ausbildung des Grabens konvergierenden Sickerwasserlinien (siehe rechter Teil von Fig. 11) liessen die erosive Wirkung des Hangwassers lokal schnell ansteigen. Durch innere und rückschreitende Erosionsvorgänge konnten in kurzer Zeit enorme Materialmengen mobilisiert werden. Es entstanden tief eingeschnittene Erosionsgräben. Im englischen Sprachgebrauch werden für diese Art von Prozessen die Begriffe «seepage erosion» (Sickererosion) oder «internal erosion» (innere Erosion) verwendet (Crosta & di Prisco 1999).

Zusätzlich kann auch das sogenannte «Piping» einen Einfluss auf die Erosionsprozesse gehabt haben. Unter Piping versteht man den linearen unterirdischen Abfluss



**Fig. 11:** Verlauf der Sickerwasser-Fließlinien und der Isohypsen im Falle von beginnender (links) und fortgeschrittener (rechts) Sickererosion im Bereich eines Erosionsgrabens (nach Crosta & di Prisco 1999).

(subsurface runoff) entlang von Makroporen (Spalten, Grabengänge, Wurzelräume etc.) und den damit verbundenen unterirdischen Materialtransport (Reinhardt 2003, nach Selby 1993). Zeugen für diesen Prozess sind die von Anwohnern beobachteten Wasserfontänen. Diese Wasseraustrittsstellen befanden sich generell in den höhergelegenen Bodenschichten (B-Horizont, 1–2 m unter Terrain). Es ist möglich, dass der Prozess des Pipings für die oberflächliche Erosion verantwortlich war und die beschriebene Sickererosion eher die unteren Teile des Hangprofils erfasste.

#### 4.3.3. Übermürung bei Hanebüel

Die unterhalb der entstandenen Gräben wirkenden Prozesse können mit dem Begriff Erdstrom (earth flow) umschrieben werden (Selby 1993).

### 5. Aktuelles und zukünftiges Gefahrenpotenzial

Das aktuelle Gefahrenpotenzial im Bereich der im August 2005 entstandenen Erosionsgräben ist gering, da bereits erste Massnahmen (siehe Kap. 6) realisiert wurden. Die

Morphologie des gesamten Hangbereiches der Moränenterrasse zeigt aber, dass gleiche oder ähnliche Ereignisse schon früher aufgetreten sind. Unter der Voraussetzung ähnlicher Niederschlagsbedingungen wie im August 2005 kann die Erosion benachbarter Hangbereiche nicht ausgeschlossen werden. Entsprechend ist auch mit ähnlichen Folgen zu rechnen (Übermürung des untenliegenden Geländes und von Strassen, evtl. von Liegenschaften). Die Wahrscheinlichkeit solcher Ereignisse wird als gering eingestuft. Es ist mit einer durchschnittlichen Wiederkehrdauer von deutlich mehr als 100 Jahren zu rechnen.

### 6. Massnahmen

Im Oktober 2005 wurden durch die GEOTEST AG zuhanden der Gemeinde Oey-Diemtigen Massnahmenvorschläge ausgearbeitet. In der Folge werden die heute projektieren Massnahmen für die drei Lokalitäten Hanebüel, Pletsche und Anger erläutert.

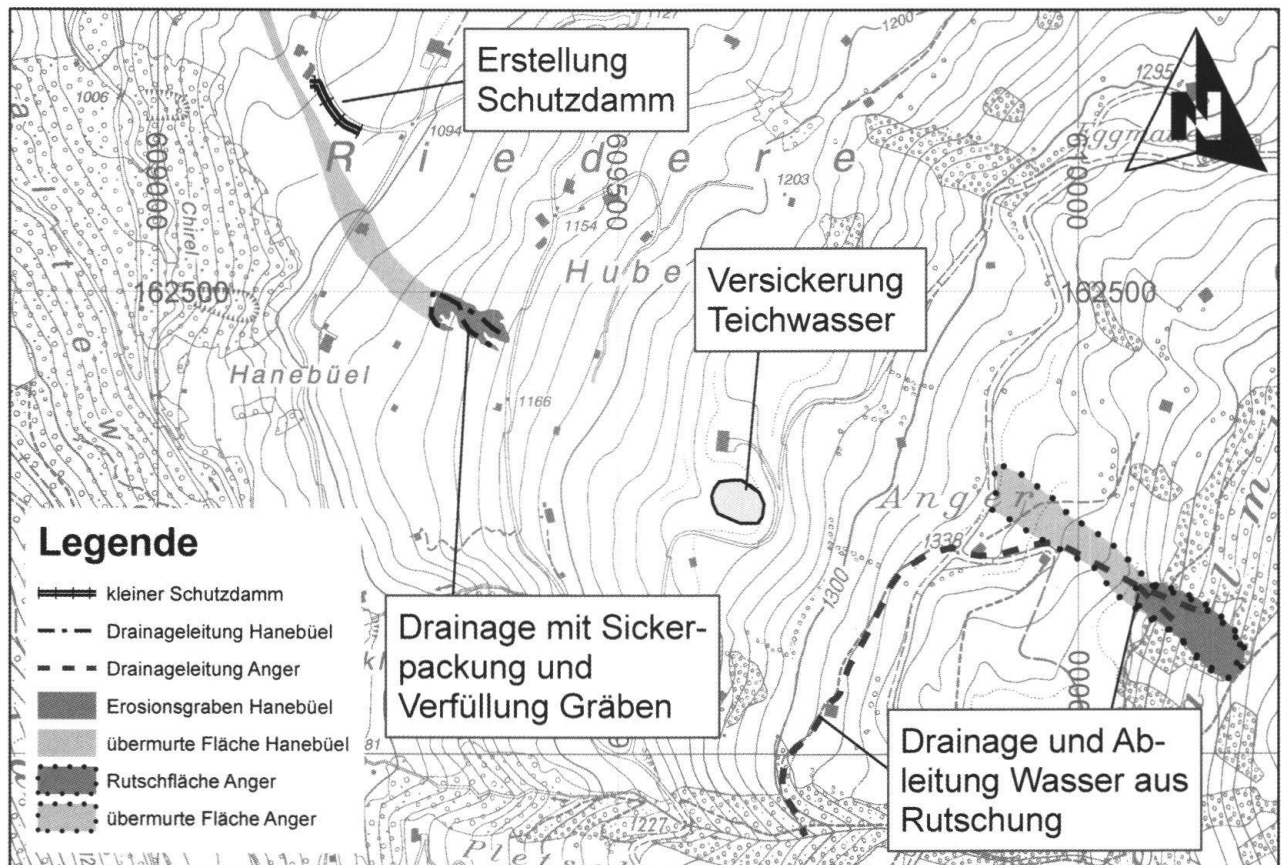


Fig. 12: Übersicht über die geplanten oder bereits ausgeführten Massnahmen im Gebiet Hanebüel bis Anger. Grundlage: Digitaler Übersichtsplan UP5; © Vermessungsamt des Kantons Bern.

## 6.1 Anger

Im Gebiet Anger ist vorgesehen, die Rutschmasse im Spätsommer 2006 zu drainieren, und das Wasser in den nahegelegenen Pletschegrabe abzuleiten (Fig. 12). Die im August 2005 übermürte Fläche wurde bereits geräumt. Für die Drainageleitung ergibt sich eine maximale Länge von ca. 800 m. Diese wird aus der Rutschmasse zuerst in der Falllinie und anschliessend in südwestlicher bis südlicher Richtung geführt (Fig. 12).

## 6.2 Teich nördlich von Pletsche

Der Teich bildet im jetzigen Zustand eine Gefahrenquelle für die untenliegenden Hangbereiche. Die Drainage-Massnahmen im Gebiet Hanebüel sind nur zweckmässig, wenn ein erneutes Ausfliessen bzw. Überlaufen dieses Teichs verhindert werden kann. Hierzu wird direkt im Teich ein Sickerschlitz erstellt

und anschliessend ein Schacht mit Sickerkies eingebracht. Die auf den Spätsommer 2006 geplante Massnahme soll die dauernde Entwässerung respektive Versickerung des Teichs garantieren und eine Neubildung stehenden Wassers verhindern.

## 6.3 Hanebüel

Die Erosionsgräben im Gebiet Hanebüel wurden im November 2005 drainiert und im darauf folgenden Frühling 2006 aufgefüllt (siehe Fig. 12). Dabei konnte das bei der Räumung der übermürten Fläche unterhalb der Gräben angefallene Material zur Auffüllung verwendet werden. Der überwiegende Anteil der Erosionsgräben wurde jedoch mit zugeführtem, qualitativ hochwertigem Material (gut abgestufter Kies) verfüllt. Während der Sommermonate 2006 wird mit der Rekultivierung die ursprüngliche Geländeoberfläche wiederhergestellt.

Unterhalb der Erosionsgräben wurde entlang einer Zufahrtsstrasse auf Kote ca. 1080 m ü.M. ein rund ein Meter hoher Schutzdamm erstellt, um bei einem ähnlichen Ereignis das Weiterfliessen des Murgangs in Richtung der Liegenschaften nördlich von Riedere zu verhindern.

## 7. Schlussfolgerungen und Ausblick

Innere Erosion in diesem Ausmass ist in der Schweiz selten anzutreffen und selbst während der Unwetter vom August 2005 – soweit den Verfassern bekannt – in dieser Art nur im Gebiet Hanebüel aufgetreten. Trotz dieser Seltenheit ist der Prozess im Hinblick auf seine Zerstörungskraft im Entstehungs-, Transit- und Ablagerungsbereich eine Naturgefahr, die im Rahmen der Erstellung von Gefahrenkarten ausgewiesen werden sollte. Es ist allerdings fraglich, ob solche Ereignisse vorhersehbar sind und mit der gängigen schweizerischen Praxis der Beurteilung von Naturgefahren erkannt werden können, da es sich um ein sehr spezielles und aus verschiedenen Prozessen kombiniertes Phänomen handelt.

Weitergehende Studien im Gebiet Hanebüel wären wünschenswert, um die bisherigen Untersuchungen wissenschaftlich zu vertiefen. Dabei müssten geotechnische, hydrogeologische und pedologische Fragestellungen im Vordergrund stehen (Wasserführung im Untergrund, Lage der Felsoberfläche, Vorhandensein von tieferliegendem Grundwasser, etc.).

## Literatur

- Bundesamt für Wasser und Geologie (1995): Symbolbalken zur Kartierung der Phänomene. Empfehlungen. Bundesamt für Wasser und Geologie, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Hrsg.).
- Bundesamt für Wasser und Geologie (2005): Bericht über die Hochwasserereignisse 2005. Bern.
- Crosta, G. & di Prisco, C. (1999): On slope instability induced by seepage erosion. *Can. J. Geotech.* 36: 1056–1073.
- GEOTEST AG (2005): Oey-Diemtigen Hanebüel, Erosionsgräben. Unveröffentlichter Bericht Nr. 05197.1; Zollikofen.
- Rabowski, F., 1992: Geologische Spezialkarte Nr. 69 Simmental und Diemtigtal. Schweizerische Geologische Kommission, Bern.
- Selby, M. J., 1993: *Hillslope materials and processes*. 2nd ed.:1–145. Oxford Univ. Press.
- Turner, K. A., Schuster R. L. (Ed.), 1996: *Landslides: Investigation and mitigation*. Special Report. Transport Research Board, National Research Council; 247.
- Varnes, D. (1978): *Slope Movement, Types and Processes*. In: National Academy of Sciences, Special Report 176:11–33. Washington.
- Wyss & Früh AG (2005): Gemeinde Diemtigen, Topografie Hanebüel 1:250. Plan Format 840 x 590 mm und dazugehörige DWG-Datei.

## Online Seiten

- MeteoSchweiz, 2005: Starkniederschläge 19. bis 23. August 2005. Bader, T., Schlegel T., Schmid, K.; Zugriff 20. März 2006: <http://www.meteoschweiz.ch/web/de/wetter/wetterereignisse/starkniederschlaege.html>
- Reinhardt, C., 2003: Gully-Erosion und Methoden der Bekämpfung in den wechselfeuchten Tropen und Subtropen. OS Watershed management in den wechselfeuchten Tropen und Subtropen. Zugriff 27.3.2006: <http://www.geosigns.de/pdf/Gully-Erosion.pdf>.