

DIE UMSETZUNG VON ERGEBNISSEN EINER EREIGNISANALYSE

HOCHWASSER 2005 IM DIEMTIGTAL

IMPLEMENTING THE RESULTS OF AN EVENT-ANALYSIS

FLOODS 2005 IN THE DIEMTIGTAL VALLEY

Lukas Hunzinger¹, Gabi Hunziker², Peter Mani²

ZUSAMMENFASSUNG

Das Unwetter vom 20. – 22. August 2005 hat große Teile der Alpennordseite betroffen, unter anderem auch das Diemtigtal im Berner Oberland (Schweiz). Die Chirel, welche das Tal entwässert, verwandelte sich in einen tobenden Wildfluss und gestaltete das Tal stark um. Im Unterlauf hat sich der Fluss den ganzen Talboden zurückerobert und auf dem Kegel große Mengen an Geschiebe abgelagert. Dabei wurden Teile des Dorfes Oey stark beschädigt und die Straße ins Diemtigtal auf weite Strecken zerstört. Mit Hilfe einer lokalen, lösungsorientierten Ereignisanalyse (LLE) wurden sehr rasch Grundlagen erarbeitet, die in die Planung von Not- und Wiederherstellungsmaßnahmen einfließen. Die LLE lieferte Angaben zur statistischen Einordnung des Ereignisses, den maßgebenden Geschiebelieferungs- und Geschiebetransportprozessen und daraus abgeleitet die maßgebenden Gefahrenprozesse. Basierend auf diesen Daten wurde ein Maßnahmenkonzept für das betroffene Gebiet erarbeitet.

Keywords: Hochwasser, Ereignisdokumentation, Maßnahmenkonzept

The floods of August 20-22, 2005 affected large areas of the northern ridge of the Alps, among others the Diemtigtal Valley in the Bernese Oberland (Switzerland). The River Chirel that drains the valley, became a ravaging torrent and remodelled the valley heavily. In its lower reach, the river covered the bottom of the valley on its entire width and on the fan it deposited large amounts of solids. Parts of the village Oey were seriously damaged and the access road to the Valley was destroyed to a large extent. A local, solution-oriented event analysis set the basis for the planning and implementation of emergency and recovery measures. The analysis was elaborated in very short terms and consisted of a statistical evaluation of the event, the determination of relevant parameters for bed load mobilisation and transport and the evaluation of hazard processes. The data was used to elaborate a comprehensive concept of flood protection.

Keywords: Flood, event analysis, protective measures

¹ Flussbau AG, dipl. Ing. ETH, Schwarztorstraße 7, 3007 Bern, Schweiz, (Tel. +41 (0)31 376 11 05, email: lukas.hunzinger@flussbau.ch)

² geo7 AG, geowissenschaftliches Büro, Neufeldstraße 5 - 9, 3012 Bern, Schweiz, (Tel. +41 (0)31 300 44 33, Fax: +41 (0)31 302 76 11, email: peter.mani@geo7.ch)

LOKALE, LÖSUNGSORIENTIERTE EREIGNISANALYSE: EIN INSTRUMENT DER RASCHEN LÖSUNGSFINDUNG

Vom 20. – 22. August 2005 fielen in weiten Teilen der Alpennordseite große Niederschlagsmengen, welche verbreitet zu großen Schäden führten. In Bezug auf Ausdehnung und Intensität handelt es sich hierbei um das größte Ereignis in jüngerer Zeit. Stark betroffen war auch das Diemtigtal im Berner Oberland. Die Chirel, bisher ein liebliches Gebirgsflüsschen, verwandelte sich in einen tobenden Wildfluss, welcher das Tal stark umgestaltete. Im Unterlauf hat sich der Fluss den ganzen Talboden zurückerobert und auf dem Kegel große Mengen an Geschiebe abgelagert. Ein Ereignis dieses Ausmaßes ist im Diemtigtal seit über 150 Jahren nicht mehr aufgetreten. Im Dorf Oey, auf dem Schwemmkegel der Chirel, wurden mehr als 80 Häuser zum Teil stark beschädigt. Besonders schwerwiegend war jedoch, dass im unteren Talabschnitt die Talstraße auf einer Länge von 3 km vollständig zerstört wurde. Diese Straße erschließt zwei Wintersportstationen im hinteren Diemtigtal, welche für das Tal von großer wirtschaftlicher Bedeutung sind.

Schon kurz nach dem Unwetter war klar, dass dieses Ereignis in Bezug auf die aufgetretenen Schadenprozesse und ihr Ausmaß in der Region einmalig war. Von den Fachstellen des Kantons und des Bundes wurde deshalb gefordert, dass aus diesem Ereignis rasch Lehren gezogen würden und diese in die Ereignisbewältigung und die Maßnahmenplanung einfließen. Insbesondere sollte verhindert werden, dass Notmaßnahmen ergriffen würden, welche einem späteren, definitiven Schutzkonzept zuwiderlaufen könnten. Dies erforderte ein rasches Handeln, denn der Bedarf nach sofortigen Schutzmaßnahmen war groß: Eine sofort eingerichtete Notstraße bot keine wintersichere Verbindung ins hintere Diemtigtal und es musste noch vor

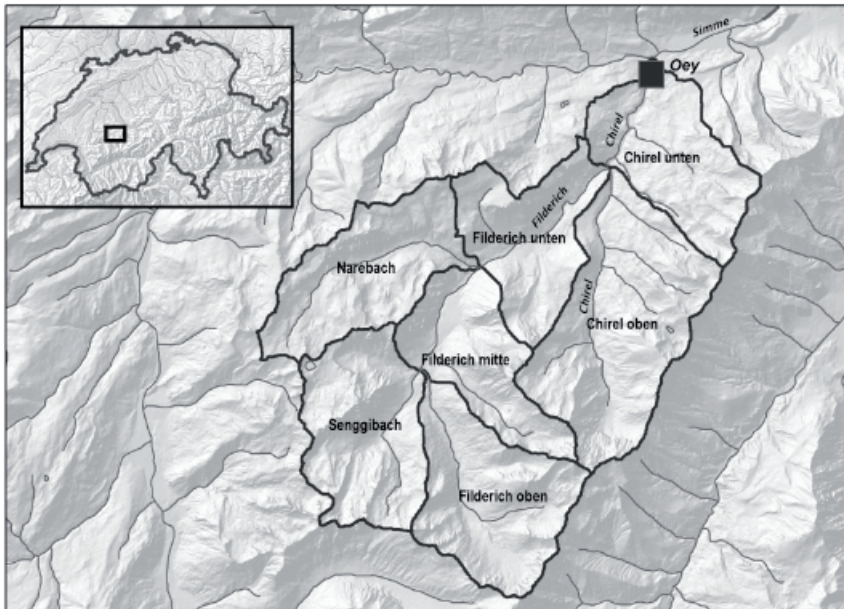


Abb. 1: Das Diemtigtal und seine Lage in der Schweiz.
Fig. 1: The Diemtigtal Valley and its location within Switzerland.

Wintereinbruch durch eine neue sichere Verbindung durch das Tal ersetzt werden. Für die Siedlungen musste im Hinblick auf mögliche Schneeschmelz-Hochwasser eine akzeptable Hochwassersicherheit wieder hergestellt werden.

Die Grundlagen dazu wurden mit einer lokalen, lösungsorientierten Ereignisanalyse (LLE) erarbeitet (Mani & Roth, 2008, Tiefbauamt des Kantons Bern, 2006). Das Team für die Erarbeitung der LLE setzte sich neben der Projektleitung aus Fachspezialisten für die Bereiche Geomorphologie/Geologie, Hydraulik/Geschiebe sowie Wasserbau zusammen. Diese Zusammensetzung bot Gewähr, dass alle wichtigen Aspekte in der Analyse fachlich fundiert bearbeitet wurden. Die Ergebnisse der LLE werden in den folgenden Abschnitten zusammengefasst.

DAS EREIGNIS

Niederschlag

In der Umgebung des Diemtigtals befinden sich 6 Niederschlags-Messstationen von MeteoSchweiz sowie 3 höher gelegene IMIS-Stationen (Interkantonale Mess- und Informationssystem für die Lawinenwarnung). Die Auswertung der Messdaten zeigt, dass die größten Niederschlagsmengen beim Talausgang fielen. Die Niederschlagssumme liegt hier im Bereich von 170 - 190 mm. Weiter stand eine flächendeckende Gitterinterpolation der Tagesniederschläge von der MeteoSchweiz zur Verfügung. Daraus konnten die Gebietsniederschläge für die Teileinzugsgebiete berechnet werden (Tab. 1).

Tab. 1: Gebietsniederschlag für Teileinzugsgebiete.

Tab. 1: Area precipitation in sub-basins.

| Teileinzugsgebiet | Fläche [km ²] | Niederschlag [mm/Tag] | | | |
|-------------------|------------------------------|-----------------------|------|------|-------|
| | | 20.8 | 21.8 | 22.8 | Total |
| Chirel oben | 28.6 | 20 | 104 | 45 | 169 |
| Chirel unten | 16.6 | 25 | 108 | 45 | 178 |
| Filderich oben | 19.8 | 17 | 95 | 40 | 152 |
| Filderich Mitte | 14.5 | 17 | 102 | 43 | 172 |
| Filderich unten | 15.4 | 18 | 106 | 43 | 167 |
| Narebach | 18.2 | 18 | 105 | 43 | 166 |
| Senggibach | 18.7 | 16 | 93 | 40 | 149 |

Zusätzlich wurde mit Hilfe von Niederschlagsradar-Daten der Intensitätsverlauf für die einzelnen Teileinzugsgebiete rekonstruiert. Da es sich dabei um unkorrigierte Radardaten handelte, konnte nur ein relativer Vergleich vorgenommen werden. Die Auswertung zeigt, dass während des Ereignisses mehrere intensive Phasen aufgetreten sind. In der ersten Phase am 20.8. wurde zuerst das Einzugsgebiet der Chirel überregnet. Am 21.8.

mittags fielen im Gebiet Filderich Mitte und in der oberen Chirel die stärksten Niederschläge. Eine weitere Intensivierung um Mitternacht vom 21. auf den 22.8. belastete dann wiederum das Einzugsgebiet der Chirel. Gegen Schluss des Ereignisses, am 22.8. um 8 Uhr, wurde dann das ganze Diemtigtal sehr stark überregnet.

Tab. 2: Statistische Einordnung des Ereignisniederschlages.

Tab. 2: Statistical evaluation of the precipitation of the event.

| | 1-TagesN | 2-TagesN | 3-TagesN | 5-TagesN | 20-TagesN |
|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Ereignisniederschlag | 83 mm | 118 mm | 141 mm | 164 mm | 221 mm |
| Rang | 1 | 2 | 2 | 2 | 5 |
| Jährlichkeit | 100 | 50 | > 50 | 50 | < 30 |

Für die statistische Einordnung des Ereignisniederschlags wurde aus den umliegenden Niederschlags-Messstationen mit langen Messreihen der Gebietsniederschlag abgeschätzt. Die Ergebnisse der Extremwertstatistik für den Gebietsniederschlag sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Die Auswertung zeigt, dass einzig beim 1-Tagesniederschlag ein neuer Maximalwert mit einer Jährlichkeit von 100 Jahren erreicht wurde. Für mehrtägige Niederschläge wurden bereits 1970 ähnlich hohe Werte registriert.

Abflussmengen

Mit Hilfe der Niederschlagsverteilung im Einzugsgebiet, einer Kapazitätsrechnung für die Brücken auf dem Schwemmkegel und zwei Pegelaufzeichnungen in der Simme (Vorfluter der Chirel) konnte die Abflussganglinie in der Chirel rekonstruiert werden. Allerdings hatte der Pegel an der Simme in Latterbach, unmittelbar unterhalb der Einmündung der Chirel, während der Abflussspitze der Simme keine Wasserstände aufgezeichnet. Die Rekonstruktion der Abflüsse war mit Hilfe aufgezeichneter Hochwasserspuren trotzdem möglich. Die Abflussspitze in der Chirel hat $100 \text{ m}^3/\text{s}$ betragen (Tab. 3).

Die Form der rekonstruierten Abflussganglinie lässt sich mit dem zeitlichen Verlauf der Niederschläge im Einzugsgebiet korrelieren (Abb. 2). Die intensiven Niederschläge vom Nachmittag des 21. August haben zu einem Anstieg des Hochwassers bis in die frühen Morgenstunden des 22. August geführt. Die Abflussspitze ist gegenüber der maximalen Niederschlagsintensität um rund sechs Stunden verzögert. In der Nacht auf den 22. August haben die Niederschläge etwas nachgelassen, und auch der Abfluss ist zurückgegangen. Eine zweite Spitze der Niederschläge am Vormittag des 22. August hat den Abfluss in der Chirel gegen die Mittagszeit nochmals etwas anschwellen lassen.

Geschiebeprozesse

Während des Ereignisses kam es in verschiedenen Seitenbächen zu massiven Geschiebeverlagerungsprozessen. Davon betroffen waren vor allem die Seitenbäche der Chirel. In den restlichen Teileinzugsgebieten war eine deutlich geringere Aktivität zu verzeichnen. Obwohl aufgrund des Gefälles der Gerinne praktisch überall Murgangprozesse auftreten können, wurden nur wenige eindeutige Murgangspuren beobachtet. Für fluvialen Geschiebetrieb sind die transportierten Geschiebemengen allerdings sehr hoch. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass es sich um murgangähnliche Prozesse mit einer hohen Feststoffkonzentration gehandelt haben muss.

Tab. 3: Hydrologische Größen des Ereignisses.

Tab. 3: Hydrological data of the flood event.

| | |
|---------------------------|---|
| Spitzenabfluss | $100 \text{ m}^3/\text{s}$ |
| Einzugsgebiet | 130.3 km^2 |
| spezifischer Abfluss | $0.77 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ |
| maximale NS-Intensität | $8 \text{ mm}/\text{h}$ |
| Spitzenabflusskoeffizient | 0.34 |

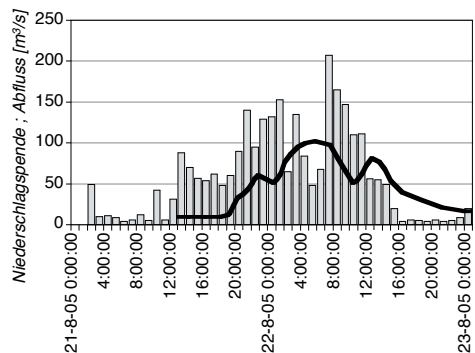


Abb. 2: Abflussganglinie der Chirel und zeitlicher Verlauf der Niederschläge im Diemtigtal (aus Radardaten, unkorrigiert; Zeiten in MESZ).

Fig. 2: Hydrograph of the River Chirel and precipitation over the Diemtigtal Valley (from raw radar data; times in CEST).

Aufgrund der langen Ereignisdauer sind in den Seitenbächen sowohl Erosionsprozesse (Tiefenerosion und Seitenerosion) als auch Ablagerungsprozesse aufgetreten (Abb. 3). In den Gerinnen konnten die Spuren von verschiedenen Erosions- und Ablagerungsphasen erfasst werden. Eine zeitliche Auflösung der Phasen, respektive die Rekonstruktion der Anzahl Phasen war jedoch nicht möglich. Die markanten Seitenerosionen führten zu einer deutlichen Verbreiterung des Gerinnebettes. Heute dürfte die Gerinnesohle stellenweise rund zwei- bis dreimal so breit sein wie vor dem Ereignis.



Abb. 3: Tiefenerosion und anschließende Ablagerung in einem Seitenzubringer.
Fig. 3: Bed erosion and consequent accumulation in a tributary.

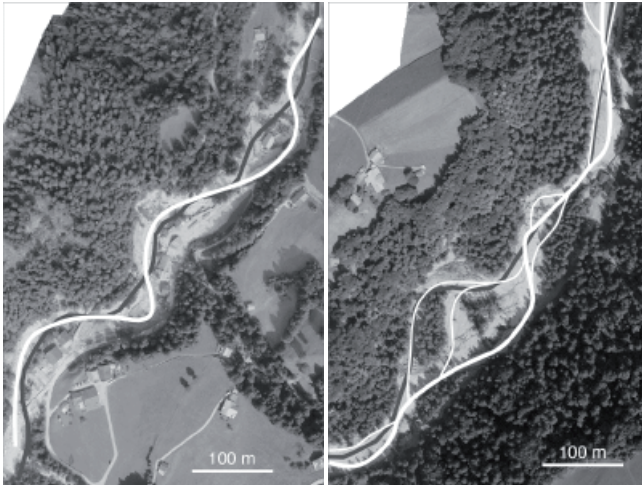


Abb. 4: Maßgebende Gerinneprozesse: Mäanderbildung (links) und Gerinneverzweigung durch Auflandung (rechts). Fließrichtung von unten nach oben.
Fig. 4: Dominant channel formation processes: meandering (left) and braiding (right). Flow direction from bottom to top.

Der Hauptfluss, die Chirel, hat auf den letzten 4 km vor der Einmündung in die Simme ein relativ gleichmäßiges Gefälle zwischen 4.8 % und 3.3 %. Geschiebe wurde fluvial transportiert und die flussmorphologischen Prozesse sind durch die lange Dauer des Ereignisses und durch den hohen Geschiebeeintrag aus dem Oberlauf bzw. aus den Seitenzubringern charakterisiert. Dabei konnten fünf Gerinneabschnitte mit unterschiedlichem morphologischen Verhalten identifiziert werden:

- *Gerinneverlagerung durch Mäanderbildung:* In zwei Abschnitten bestand ein relatives Geschiebedefizit. Dort hat sich das Gerinne durch Mäanderbildung verlagert, und mittels Seitenerosion Feststoffe mobilisiert (Abb. 4 links). Vor dem Ereignis war der Lauf der Chirel durch relativ kurze Mäanderbögen charakterisiert. Sie waren das Ergebnis vergleichsweise kleiner Hochwasserereignisse in der Vergangenheit. Mit dem lang andauernden hohen Abfluss des Ereignisses haben sich die Wellenlänge und die Amplitude der Mäanderbögen markant vergrößert. Die Sohlenlage hat sich wenig verändert.
- *Gerinneverlagerung durch Verzweigung:* Auf zwei Abschnitten herrschte ein Überschuss an Geschiebe, so dass dieses abgelagert wurde. Der Flusslauf hat sich dabei in mehrere Arme aufgeteilt und hat die gesamte Talbreite eingenommen. Die früheren alluvialen Schotterterrassen, welche mit Wald bewachsen waren, wurden teilweise erodiert. Auf diesen verzweigten Flussabschnitten wurden die Ufer jeweils auf beiden Flussseiten durch Seitenerosion belastet. Die mittlere Sohlenlage hat sich durch Auflandung erhöht (Abb. 4 rechts).
- *Ablagerung durch Rückstau:* Auf dem flachen Schwemmkegel wurde das Geschiebe abgelagert, weil die Transportkapazität des Vorfluters nicht ausreichte, um die anfallenden Mengen abzuführen. Der stetige Anstieg des Wasserstandes im Vorfluter staute den Abfluss der Chirel zurück und verminderte deren Transportkapazität. Durch Geschiebeablagerungen im schmalen, kanalisierten Gerinne wurde die Abflusskapazität reduziert und Wasser trat zuerst im Bereich der Mündung über die Ufer. Aufgrund der Topographie floss es nicht mehr ins Gerinne zurück und fehlte für den Weitertransport von Geschiebe. Neu herangeführtes Material lagerte sich an die bestehende Ablagerung an. Die Verklausung einer Eisenbahnbrücke mit Geschiebe und Schwemmholz verstärkte den

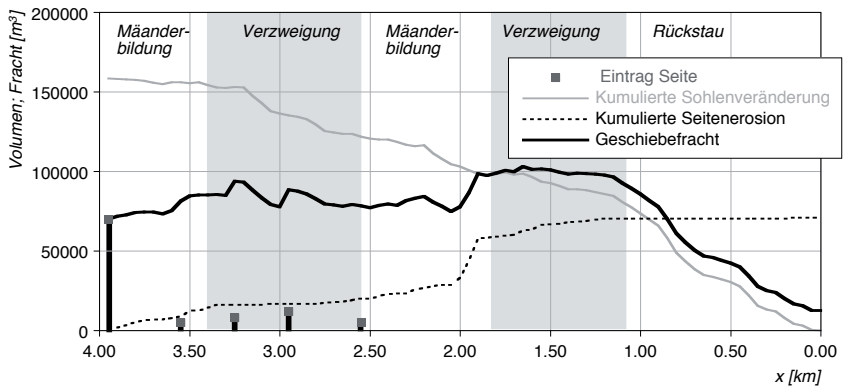


Abb. 5: Transportdiagramm der Chirel während des Ereignisses.

Fig. 5: Bed load eroded, transported and accumulated in the River Chirel during the flood event.

Prozess. Die Verlandungszone verlagerte sich sukzessive flussaufwärts und hatte nach 24 Stunden eine Ausdehnung von 1.2 km erreicht.

Gestützt auf die Auswertung von Feldaufnahme und von digitalen Geländemodellen vor und nach dem Ereignis konnte für das Ereignis eine Geschiebebilanz erstellt werden (Abb. 5). Im Unterlauf der Chirel wurden insgesamt 170'000 m³ Geschiebe umgelagert: Ca. 70'000 m³ wurden aus dem Oberlauf der Chirel herangeführt, weitere 30'000 m³ von den Seitenbächen eingetragen. Die Seitenerosion in den Mäander- und Verzweigungsstrecken hat die restlichen 70'000 m³ mobilisiert. Insgesamt wurden 158'000 m³ im und neben dem Gerinne abgelagert, und zwar je die Hälfte in den Verzweigungsstrecken im Tal und auf dem Schwemmkegel. Lediglich 12'000 m³ wurden in den Vorfluter ausgetragen.

Schwemmholz

Mit der Erosion der Böschungen in den Seitenbächen und der alluvialen Schotterterrassen im Hauptfluss sind große Mengen an Holz mobilisiert worden. Der weitaus größte Teil ist dabei innerhalb des Systems wieder abgelagert worden. Entlang der Chirel haben sie sich vor allem in Form von einzelnen Haufen an Engstellen, Vorsprüngen oder Brücken angesammelt. Diese charakteristische Form der Ablagerung hat man sich bei der Maßnahmenplanung zum Schwemmholzurückhalt zu nutze gemacht.

Tab. 4: Schwemmholzbilanz.

Tab. 4: Balance of wooden debris.

| | Mobilisation | Ablagerung | Austrag |
|--------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Seitenbäche | 7'500 m ³ | 5'000 m ³ | 2'500 m ³ |
| Chirel | 3'300 m ³ | 2'400 m ³ | 900 m ³ |

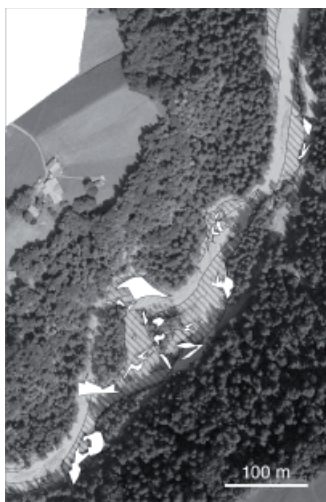


Abb. 6: Erosierte Waldflächen (schraffiert) und Ablagerung von Schwemmholz in Haufen (weiß). Fließrichtung von unten nach oben.

Fig. 6: Eroded wooden areas (hatched) and deposition of wooden debris in clusters (white). Flow direction from bottom to top.



Abb. 7: Durch Gerinneverlagerung beschädigtes Gebäude und zerstörte Talstraße.

Fig. 7: Damages caused by channel migration.
(Photo: Gemeinde Diemtigen)



Abb.8: Überflutung mit hoher Intensität in Oey.

Fig. 8: Flooding with high intensity in the village of Oey.

(Photo: Gemeinde Diemtigen)

Gefahrenprozesse und Schadenprozesse

Seitenerosion und Gerinneverlagerung sind in der Chirel in einem bisher noch selten gesehenen Ausmaß aufgetreten. Die Erosionsprozesse wurden durch die Vorbedingungen und den Ablauf des Ereignisses begünstigt: Die intensiven Niederschläge sind auf bereits feuchte Böden gefallen und hatten Böschungen destabilisiert. Diese wurden durch die Hochwasserabflüsse während langer Zeit hydraulisch belastet.

Seitenerosion und Gerinneverlagerung haben einen großen Teil der Bauten – insbesondere die Talstraße auf einer Länge von 3 km - entlang der Chirel beschädigt oder zerstört.

Überflutungen und Übersarungen sind in Oey mit hoher Intensität aufgetreten und haben große Schäden an Gebäuden und an Infrastrukturen angerichtet. Rund 80 Häuser waren davon betroffen.

MASSNAHMENKONZEPT

Hochwasser- und Geschiebeszenarien

Durch das Hochwasser wurde die Gerinnesohle vor allem in den Seitenbächen destabilisiert. Bei einem künftigen Hochwasserereignis kann also wesentlich mehr Geschiebe mobilisiert werden, als das im Zustand vor dem Hochwasser 2005 der Fall gewesen war. Gestützt auf die Analyse des Ereignisses wurden Hochwasser- und Geschiebeszenarien für drei verschiedene Ereignistypen definiert:

- K: kurze, plötzliche Niederschlagsereignisse. Ein lokales Sommergewitter geht über einem Teil des Einzugsgebietes nieder und mobilisiert Geschiebe in einem oder zwei Seitenbächen.
- L: lange Niederschlagsereignisse (analog Hochwasser 2005). Auf eine lang andauernde Nässeperiode folgen zwei bis drei Tage intensiver Niederschläge bei hoher Schneefall-

grenze über dem gesamten Einzugsgebiet. Aus den instabilen Hängen und Böschungen werden viele Feststoffe mobilisiert.

- S: Schmelzhochwasser in Kombination mit Niederschlägen (analog Hochwasser 1999). Die Abflüsse in den einzelnen Seitengräben sind nicht sehr hoch und die Auslösung von Hanginstabilitäten wird durch die Schneedecke erschwert. Die Geschiebelieferung der Seitenbäche ist deshalb geringer als bei den Ereignissen vom Typ L.

Für jeden Ereignistyp wurden Abflussganglinien sowie im Einzugsgebiet mobilisierte Geschiebemengen und Schwemmh Holzfrachten für Ereignisse hoher, mittlerer und geringer Wahrscheinlichkeit bestimmt. Als Extremereignis wurde ein Ereignis vom Typ L definiert, bei welchem noch länger andauernde Niederschläge dazu beitragen, dass noch größere Geschiebefrachten mobilisiert werden.

Schutzziele

Den für Hochwasserschutz-Verantwortlichen in der Gemeinde Diemtigen war nach dem Hochwasser 2005 klar, dass der vollständige Schutz vor einem zukünftigen Ereignis gleicher Dimension nicht realisierbar ist. Bei Ereignissen mittlerer und geringer Wahrscheinlichkeit werden Schäden deshalb in Kauf genommen. In jedem Fall sollten aber Überflutungen hoher Intensität verhindert werden. Bei der Definition der Schutzziele wurde deshalb danach unterschieden, ob ein Hochwasser durch ein kurzes, plötzliches Ereignis hervorgerufen wird (Ereignistyp K) oder ob es durch ein lang andauerndes Ereignis verursacht wird (Ereignistypen L und S), bei welchen dank entsprechender Vorwarnzeit auch mobile Maßnahmen helfen würden, Schäden zu vermindern.

Tab. 5: Hochwasser- und Geschiebeszenarien.

Tab. 5: Scenarios for peak discharges and bed load yield.

| | | hohe W'keit | mittlere W'keit | geringe W'keit |
|---------|------------------|------------------------------|------------------------------|---|
| K: | Abfluss | 70 m ³ /s | 100 m ³ /s | 130 m ³ /s |
| | Geschiebeeintrag | 7'000–10'000 m ³ | 10'000–12'000 m ³ | 13'000–16'000 m ³ |
| | Schwemmh Holz | wenig | wenig | wenig |
| L: | Abfluss | 60 m ³ /s | 80 m ³ /s | 110 m ³ /s |
| | Geschiebeeintrag | 35'000–50'000 m ³ | 50'000–70'000 m ³ | 70'000–100'000 m ³ |
| | Schwemmh Holz | wenig | mittel | viel |
| S: | Abfluss | 45 m ³ /s | 60 m ³ /s | 82 m ³ /s |
| | Geschiebeeintrag | 9'000–12'000 m ³ | 12'000–17'000 m ³ | 17'000–25'000 m ³ (35'000–50'000 m ³) |
| | Schwemmh Holz | wenig | wenig | wenig |
| Extrem: | Abfluss | | | 110 m ³ /s |
| | Geschiebeeintrag | | | > 100'000 m ³ |
| | Schwemmh Holz | | | viel |

Sofortmaßnahmen

Die Sofortmaßnahmen verfolgten zwei Ziele: Erstens sollte eine wintersichere Verkehrsverbindung in das Tal hergestellt werden und zweitens sollte das Dorf Oey vor einem möglichen Hochwasser während der Schneeschmelze im Frühjahr 2006 geschützt werden.

Die Straße sollte grundsätzlich der alten Linienführung im Talgrund folgen. Alternative Erschließungen über die westliche oder die östliche Talflanke wurden bereits in einer frühen Planungsphase verworfen, weil sie aufgrund der vielen notwendigen Kunstbauten sehr viel kostspieliger gewesen wären. Bei der Planung der Straße wurde Wert darauf gelegt, dass die natürlichen Ablagerungsräume, welche sich die Chirel mit dem Hochwasser geschaffen hatte, bestehen blieben und so ihre Wirkung auch bei zukünftigen Ereignissen entfalten könnten. Im Zuge des Baus der Notstraße wurde die Ufersicherung entlang des Gewässers auf einige wenige, besonders gefährdete Straßenabschnitte auf der Außenseite der Mäanderbögen beschränkt.

Zum Schutz des Dorfes Oey wurde am Dorfeingang ein zusätzlicher Geschiebesammler mit einem Ablagerungsvermögen von 3'000 m³ ausgehoben. Die Abflusskapazität des Gerinnes auf dem Schwemmkegel wurde erhöht, indem die Eisenbahnbrücke um einen halben Meter angehoben wurde und der rechte Dorfteil mittels Hochwasserschutzdamm vor Überflutung geschützt wurde. Zudem wurden die verbliebenen Waldflächen im Talgrund gerodet und das gefallene Holz aus den Seitenbächen entfernt. Das Schwemmholzpotenzial war damit für die nähere Zukunft stark reduziert worden.

Die Sofortmaßnahmen sind innerhalb von 12 Wochen nach dem Ereignis ausgeführt worden.



Abb. 9: Hochwasserschutzdamm als Sofortmaßnahme zum Schutz des Dorfes Oey.

Fig 9: Flood protection dike as a instant measure to protect the village of Oey.

Definitive Maßnahmen

Nutzungsverzicht: Im Talboden der Chirel wurde nur diejenige Infrastruktur wieder aufgebaut, welche für die Gemeinde unverzichtbar war. Das waren die Talstraße, die Kanalisationsleitung sowie eine Trinkwasserfassung für das Dorf Diemtigen. Drei Wohnhäuser bzw. Gewerbebetriebe, welche durch das Ereignis zerstört wurden, wurden ausgesiedelt. Eine solche Lösung war nur möglich, weil für die betroffenen Bewohner ein vertretbarer alternativer Standort in derselben Gemeinde gefunden wurde.

Punktuellet Schutz vor Seitenerosion: Im Gegensatz zu früheren Verbauungskonzepten wurde das Gewässer nicht mehr durchgehend auf beiden Seiten verbaut, sondern die im Talboden verbleibenden Infrastrukturbauten wurden punktuell gegen Seitenerosion gesichert. Die Art der Verbauung richtete sich dabei nach den dominanten Prozessen: Entlang von Mäanderbö-

gen der Chirel wurde die Talstraße mit massiven Blockwürfen gesichert, dort wo in breiten Ablagerungsräumen ein verzweigtes Gerinne vorherrscht, wurde eine Sicherung mit Buhnen realisiert. Bei einem Hochwasser in einem Seitenbach ist nicht zu vermeiden, dass die Talstraße, welche den Seitenbach quert, mit Geschiebeablagerungen überdeckt wird. Die Querungen der Seitenbäche wurde deshalb so ausgestaltet, dass Ablagerungen nach einem Ereignis möglichst rationell entfernt werden können.

Ablagerungsräume für Geschiebe: Mit dem o. g. Nutzungsverzicht wurde erreicht, dass dem Gewässer der größtmögliche Raum für die Ablagerung von Geschiebe zur Verfügung steht. Die beiden Ablagerungszonen im Talgrund vermögen bei einem großen Hochwasserereignis die Hälfte des in die Chirel eingetragenen Geschiebes zurück zu halten. Weitere kleinere Ablagerungsräume sind am Dorfeingang Oey und an der Mündung der Chirel in die Simme vorgesehen. Diese wirken vor allem bei kurzen gewittrigen Ereignissen. Sie sind als offene Ablagerungsräume ohne Abschlussbauwerk ausgebildet und werden bewirtschaftet.

Transport- und Ablagerungsoptimum auf dem Schwemmkegel: Das Gerinne auf dem Schwemmkegel sollte einerseits das zugeführte Geschiebe bis zum Vorfluter transportieren und andererseits einen zusätzlichen Ablagerungsraum darstellen, für den Fall, dass die Rückhalteräume am Dorfeingang und bei der Mündung in die Simme überlastet sind. Die erste Anforderung kann am besten mit einem schmalen Gerinne erfüllt werden, die zweite mit einem möglichst breiten Gerinne. Das Optimum liegt im Fall der Chirel bei einer Breite von 10 m (vor dem Ereignis war das Gerinne 6 m breit.). Mit der größeren Breite wird die Belastung der Sohle bei geschiebearmen Abflüssen vermindert. Eine Erosionstendenz wird so gegebenenfalls vermindert.

Holzrückhalt: Durch eine gründlichen Rodung unmittelbar nach dem Ereignis ist das Potenzial an Schwemmholz vorübergehend stark vermindert worden. Mittelfristig soll ein Teil des Schwemmholzes oberhalb des Dorfes zurück gehalten werden, indem an den Außenkurven von Mäanderbögen dezentrale Fangrechen aufgestellt werden. Diese belegen nur einen Teil des Fließquerschnittes so dass der Abfluss bei gefüllten Rechen nicht vollständig zurück gestaut wird und Geschiebe den Querschnitt passieren kann.

Kapazitätsverbesserung: Die Abflusskapazität des Gerinnes im Dorf Oey wurde bereits mit den Sofortmaßnahmen vergrößert. Im Rahmen des definitiven Schutzkonzeptes werden die Kapazitäten an den Brücken erhöht, indem die Brückenquerschnitte vergrößert und mit einem Einstauschild versehen werden. Dieser ermöglicht den Abfluss unter Druck und vermindert die Gefahr einer Verklausung mit Schwemmholz.

Abflusskorridor für die Überlast: Wesentliches Element des Schutzkonzeptes ist ein Abflusskorridor auf der linken Seite des Gerinnes. Dieser führt im Fall einer Überlast Wasser und Feststoffe neben dem Gerinne über den Schwemmkegel. Der Abflusskorridor wird mit Ufermauern und Dämmen begrenzt. Für die Gebäude innerhalb des Korridors werden Nutzungsbeschränkungen erlassen.

Das Schutzkonzept fußt auf den Erkenntnissen der Prozessanalyse. Es enthält mehrere Maßnahmen, deren Wirkung mit Hilfe einer numerischen Simulation des Geschiebetransportes und der Sohlenveränderungen für mehrere Hochwasserszenarien ausgetestet wurde. Dank der Kombination verschiedener Maßnahmen ist das Schutzkonzept sehr robust und wirkt auch dann noch, wenn einzelne Elemente versagen sollten. Zudem können die einzelnen Schutzelemente angepasst werden, sollten sich die Randbedingungen (z. B. das Geschiebepotenzial

im Einzugsgebiet) wesentlich ändern. Wird das System überlastet, sorgen die getroffenen Maßnahmen dafür, dass der Schaden begrenzt bleibt.

Das Konzept war im Dezember 2005, also nur vier Monate nach dem Ereignis, in seinen Grundzügen definiert und im Sommer 2006 in ein genehmigungsfähiges Projekt weiter bearbeitet worden. Die einzelnen Maßnahmen zum Schutz der Straße und des Dorfes sind seit Oktober 2006 im Bau.



Abb. 10: Übersicht über das Maßnahmenkonzept zum Schutz des Dorfes Oey. Fließrichtung der Chirel von rechts nach links.

Fig 10: Overview over the concept for flood protection for the village of Oey. Flow direction of the Chirel river from right to left.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Nach den verheerenden Unwettern vom August 2005 wurde mit der lokalen, lösungsorientierten Ereignisanalyse ein Instrument geschaffen, welches es innert sehr kurzer Zeit erlaubt hat, auf der Basis einer Prozessanalyse nachhaltige Sofort- und Wiederherstellungsmaßnahmen zu definieren und umzusetzen. Der hohe Zeitdruck bei der Bearbeitung der Analyse und des Schutzkonzeptes stellte sehr hohe Ansprüche an die Bearbeiter.

Voraussetzung für das Gelingen war, dass alle Beteiligten, d.h. Fachspezialisten in Geomorphologie, Hydrologie, Flussbau und Wasserbau, Vertreter der kantonalen Fachbehörden, lokale Erfahrungsträger (Mitglieder der Schwellenkorporation) sowie politische Entscheidungsträger der Gemeinde ihre Erkenntnisse regelmäßig ausgetauscht haben. Dank dieses regelmäßigen Austausches ist das Schutzkonzept breit abgestützt und konnten auch unpopuläre Maßnahmen wie die Umsiedlung von Liegenschaften umgesetzt werden.

LITERATUR

Tiefbauamt des Kantons Bern (2006): „Hochwasser 2005 im Diemtigtal. Lokale lösungsorientierte Ereignisanalyse (LLE)“. geo7 AG, Schälchli, Abegg + Hunzinger, Bern. unveröffentlichter technischer Bericht.

Mani, P., Roth, H. (2008): „New Ways in the Management of Storm Events. Local Solution-Oriented Event Analysis after the Storm Disaster in August 2005 in the Bernese Oberland“. Extended Abstract, Interpraevent 2008