



Internationales Symposium INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

GEOMORPHODYNAMIK STURMGESCHÄDIGTER WALDHÄNGE - EINE AUFNAHMEMETHODIK UND ERSTE ERGEBNISSE

GEOMORPHODYNAMICS IN STORM DAMAGED FORESTED SLOPES – MONITORING METHODS AND FIRST RESULTS

Eva Gertsch¹, Hans Kienholz¹

ZUSAMMENFASSUNG

Um die Auswirkungen sturmgeschädigter Schutzwaldflächen speziell auf Wildbachgefahren zu untersuchen, werden im Wildbachtstgebiet Spissibach (CH) an einem betroffenen Hang die Auswirkungen der Sturmschäden auf die Feststofflieferung vom Hang in das Gerinne analysiert. Auf der Grundlage eines flächendeckenden qualitativen und quantitativen Photomonitorsystems und einer detaillierten hydrologischen, geomorphologischen und forstlichen Inventarkartierung wurde ein allgemein anwendbares Prozessstypisierungssystem entwickelt. Dieses charakterisiert und strukturiert systematisch einerseits retrospektiv bereits abgelaufene und andererseits prospektiv künftig mögliche Hangprozesse und deren Beeinflussung durch die Sturmschäden. Dadurch können Aussagen zur Gefährlichkeit der entsprechend typisierten Flächen gemacht werden. Ausserdem lassen sich Schlüsselstellen lokalisieren, die durch ungünstige Konstellationen von Sturmholz und geomorphologischen Prozessen zu unerwünschten Wildbachgefahren führen könnten. Im Testhang zeigt sich, dass die Hangdynamik nach dem Sturm vor allem von der Art der Sturmschäden und den getroffenen forstlichen Räumungsarbeiten abhängt.

Key words: Schutzwald, Sturmschäden, Feststofflieferung, Wildbach, Prozessstypisierung

ABSTRACT

With the objective of investigating the impact of storm damaged forests especially on danger potential of mountain torrents, the effects of the storm damages on the sediment delivery from a steep slope into the torrent bed are analysed. The investigations are carried out in the mountain torrent testarea Spissibach (CH). Based on an area-wide qualitative and quantitative photomonitoring system and a detailed hydrological, geomorphological and forestal inventory map a general applicable process typing system has been developed. Thereby geomorphological slope processes influenced by storm damages are characterised and structured systematically on one hand in the past (retrospective typing) and on the other hand in the future (prospectively typing). Thus statements on the danger level of typed areas can be given and conflict areas with unfavorable constellations of storm wood together with geomorphological processes concerning the torrent danger potential can be localised. The investigations in the test area have shown, that in the first instance the manner of storm

¹ Geographisches Institut, Universität Bern, Hallerstrasse 12, CH-3012 Bern, Schweiz (gertsch@giub.unibe.ch; kienholz@giub.unibe.ch)

damage and the forestal measures during the clearance influence further geomorphological process dynamics.

Key words: protection forest, storm damages, sediment delivery, mountain torrents, process typing

EINLEITUNG

Die Stürme Vivian 1990 und Lothar am 26. Dezember 1999, die in der Schweiz flächenhafte Zerstörung von Gebirgswäldern brachten, stellten Forstdienste und Waldeigentümer vor grosse Herausforderungen. Die Nutzung von Sturmholz steht im Spannungsfeld zwischen nachhaltiger und wirtschaftlicher Nutzung des erneuerbaren Rohstoffs Holz einerseits und ökologischen Anliegen andererseits. Gilt eine betroffene Fläche zudem als Schutzwald, muss diese Schutzfunktion möglichst rasch wieder hergestellt und die Gefahr der Borkenkäfervermehrung berücksichtigt werden. Zunehmend spielen auch Kostenfragen eine wichtige Rolle im Umgang mit Sturmschadenflächen. Für jede Fläche braucht es daher eine situationsgerechte Beurteilung, welche die relevanten Fakten systematisch erfasst und gewichtet, so dass mit geringstem nötigen Aufwand eine maximal mögliche Schutzfunktion betreffend Naturgefahren wiederhergestellt werden kann (BUWAL, 2000).

Untersuchungen von Sturmschadenflächen wurden in der Vergangenheit vorwiegend in biologische und ökologische Richtung betrieben. Studien zu den Auswirkungen von Sturmschäden auf Schutzwälder durch die Beeinflussung von Prozessen wie Lawinen, Steinschlag, Erosion, Rutschungen, Hangmuren, Verkläusungen, Murgängen und Hochwasser wurden erst in den letzten Jahren vorangetrieben. An der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL wurden umfassende Untersuchungen in belassenen, geräumten und bepflanzen Sturmschadenflächen gemacht bezüglich Boden, Vegetation, Tierwelt und Naturgefahren, hier insbesondere bezüglich Lawinen, Gletschnee, Erosion und Rutschungen (Lässig und Schönenberger, 2000; Schönenberger et al., 2002; Schönenberger et al., 2003). Die Eidgenössische Forstdirektion veröffentlichte unter Einbezug verschiedener Fachleute ein Arbeitsinstrument, das Praktikern bei Entscheidungen im Umgang mit sturmgeschädigten Gebirgswäldern behilflich ist (Angst et al., 2000; BUWAL, 2000). Im Ausland sind vor allem die Arbeiten von Nakamura und Swanson (1993) zu nennen, wo der Einfluss von groben Holzanteilen auf die Morphologie und Geschiebedynamik von Bach- und Flusssystemen in Oregon untersucht wurden. Auch Untersuchungen von Sidle et al. (1985), der den Einfluss von Kahlschlägen auf die Häufigkeit von Erdbeben analysierte, können annäherungsweise Erkenntnisse zur Thematik geben.

Nach den Sturmschäden durch Lothar wurde von der Eidgenössischen Forstdirektion das interdisziplinäre Projekt „Lothar und Wildbach“ initiiert, das in verschiedenen Teilprojekten Fragen zu oberflächennahen Bodenbewegungen (Frei et al., 2002), Waldentwicklung, Durchwurzelung und Bodenstruktur sowie hydrologische Auswirkungen von flächenhaften Sturmschadengebieten (Badoux et al., 2002) beantworten soll. Ein Teilprojekt von „Lothar und Wildbach“ ist ebenfalls das Projekt „Interaktion Hang – Gerinne“, in dessen Rahmen die Untersuchungen in einem sturmgeschädigten Hang im Wildbachtstgebiet Spissibach Leissigen des Geographischen Instituts der Universität Bern gemacht werden. Übergeordnetes Ziel dieses Projekts ist es, den Einfluss von Sturmschäden und Räumungsarbeiten auf die Feststoffkaskaden (Geschiebelieferung vom Hang in das Gerinne und anschliessende Gerinneprozesse) im Wildbachsystem und die daraus resultierenden Wildbachgefahren zu untersuchen. Mittels eines flächendeckenden Monitoringsystems sollen die

Geomorphodynamik in Hang und Gerinne aufgezeigt und durch die Entwicklung von qualitativen und semiquantitativen Typisierungssystemen ein Beitrag zu einem funktionalen und ökonomisch möglichst effizienten Umgang mit Sturmschadenflächen in steilen Wildbacheinzugsgebieten geleistet werden.

DAS UNTERSUCHUNGSGBIET



Abb. 1: Luftaufnahme des Goucheggangs
Fig. 1: Air Photo of Goucheggang



Abb. 2: Einblick in den Goucheggang
Fig. 2: Insight in the Goucheggang

Das Untersuchungsgebiet ist der Goucheggang (7°47'E, 46°38'N), welcher am östlichen Rand des Spissibachs in Leissigen am Voralpenrand des Berner Oberlandes liegt. Das untersuchte Gebiet umfasst eine Fläche von 2.3 ha und ist auf Abbildung 1 ersichtlich. Der westexponierte Hang liegt auf einer Höhenlage zwischen 1160 - 1260 m ü. M. und hat eine mittlere Hangneigung von 38°. Geologisch besteht das Gebiet aus stark verwitterbarem Fels, Mergelkalken und -schiefern. Der obere Hangteil ist mit Moränenmaterial überdeckt. Geomorphologisch zeichnet sich der Goucheggang aus durch gegen unten zum Gerinne ständig steiler werdende, durch Runsen durchschnittene Hänge, (Abbildung 2) wo kleinräumige, flach- bis mittelgründige Rutschungen zu beobachten sind. Die angesprochenen Runsen führen episodisch Wasser. Die mittlere Niederschlagssumme beträgt rund 1700 mm, die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 5° (Liener, 2000). Der Goucheggang befindet sich auf der oberen montanen Stufe und ist mit einem Fichten-Buchenwald bestockt. Das Sturmholz wurde 2000 geräumt und mit Seilkranen und Helikoptern aus dem Hang transportiert.

BETRIEB EINES PHOTOMONITORINGSYSTEMS

Um das Prozessgeschehen im gesamten Hang- und Gerinnebereich an der Gouchegg über längere Zeit photographisch zu überwachen, wurde ab 2000 ein qualitatives und quantitatives Photomonitoringsystem in Betrieb genommen.

Das qualitative Photomonitoringsystem besteht aus vier automatischen Fixkameras, die während der schneefreien Zeit täglich gleiche Hang- und Gerinneausschnitte photographieren. Die damit beobachteten Prozesse (Abbildung 3) lassen sich dadurch zeitlich genau einordnen und mit den meteorologischen Bedingungen in Verbindung bringen. Ergänzt wird das qualitative Photomonitoringnetz durch 24 Standorte, wo monatlich Bilder mit gleichem Ausschnitt gemacht werden.

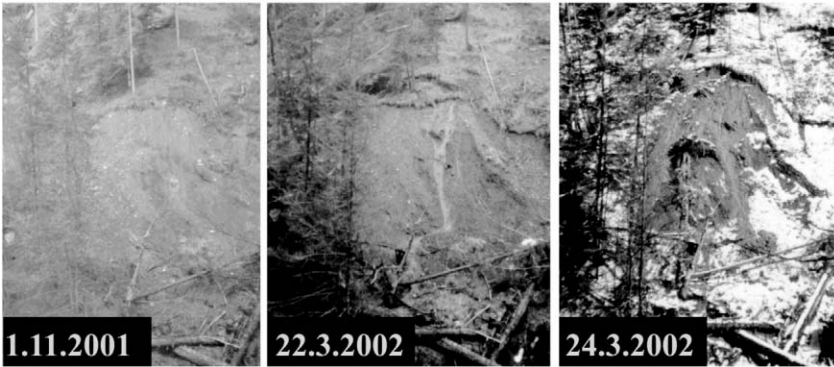


Abb. 3: Nachrutschen einer Grasscholle mit Fichte in einer Rutschung aufgenommen von einer Fixkamera
Fig. 3: A clod of grass with spruce slides down in a landslide, picture from a fixcamera

Das quantitative Photomonitoring besteht aus regelmässigen photogrammetrischen Aufnahmen des Untersuchungsgebiets. Seit dem Beginn der Aufnahmen im Jahre 2000 sind je nach Hangausschnitt zwischen sieben und zehn Zeitschnitte dokumentiert. Diese stellen ideale Grundlagen dar für detaillierte Kartierungen und Orthophotos sowie Volumenbilanzierungen der verlagerten Feststoffvolumen. Eine Volumenbilanzierung einer kleinen Hangrutschung in den Spissibach mit anschliessender Aufstauung und Ablagerung von weiterem Geschiebe im Gerinne ist in Abbildung 4 ersichtlich.

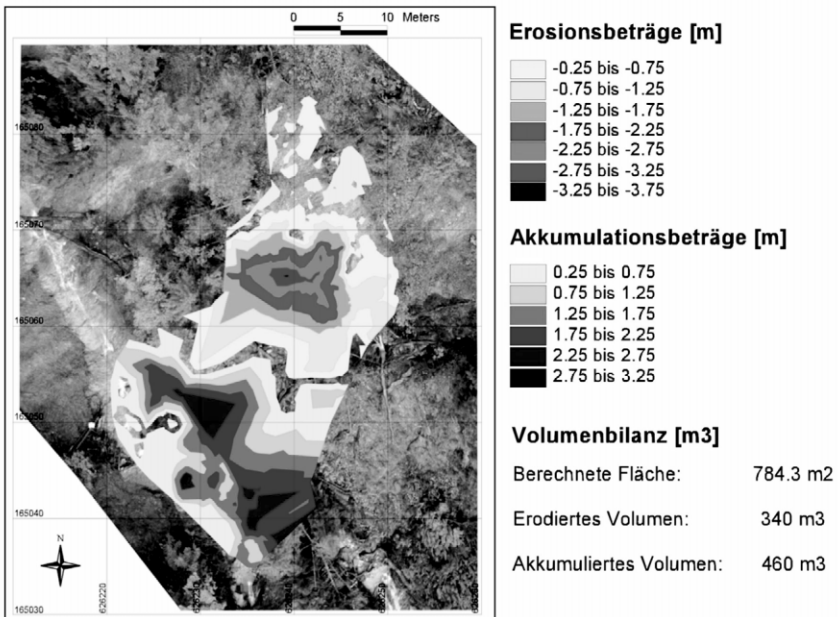


Abb. 4: Volumenbilanzierung einer abgegangenen Rutschung zwischen dem 8.5.2001 und 19.9.2002
Fig. 4: Volume balance of a landslide between 5/8/2001 and 9/19/2002

INVENTARKARTIERUNG

Anhand von Orthophotos und Feldbegehungen wurde Ende 2001 und 2002 je eine detaillierte Inventarkartierung durchgeführt. Vorab wurde eine geeignete Legende entwickelt. Als geomorphologische Elemente wurden sämtliche von den Prozessen Sturz, Rutschung, Spülerosion, und Lawinen/Gleitschnee betroffenen Flächen kartiert. Zur Hydrologie wurden perennierende und episodische Fließwege sowie Wasseraustritte und vernässte Zonen aufgenommen. Die Bodenbedeckung wurde unterteilt in vegetationsbedeckte und offene Stellen, wobei die offenen Stellen nach der Ursache Lothar oder Nicht-Lothar unterschieden wurden. Für die Sturmschäden wurde eine detaillierte forstliche Legende entworfen. Neben der Kartierung von Baumart und BHD (Brusthöhen-Durchmesser) der stehen gebliebenen Bäume wurden sämtliche Sturmschäden aufgenommen. Hier wurden die Elemente Nadel-, resp. Laubbaum, BHD, Schadensart, Fallrichtung sowie Räumungsgrad kartiert.

PROZESSTYPISIERUNGSSYSTEM

Mit dem Prozesstypisierungssystem wurden folgende Ziele avisiert:

- Erstellen eines gut strukturierten Abbildes der aktiven und potentiellen geomorphologischen Prozesse und deren Beeinflussung durch Sturmschäden im Hang
- Beurteilung der Relevanz der Prozessflächen bezüglich allfälliger Wildbachgefahren.

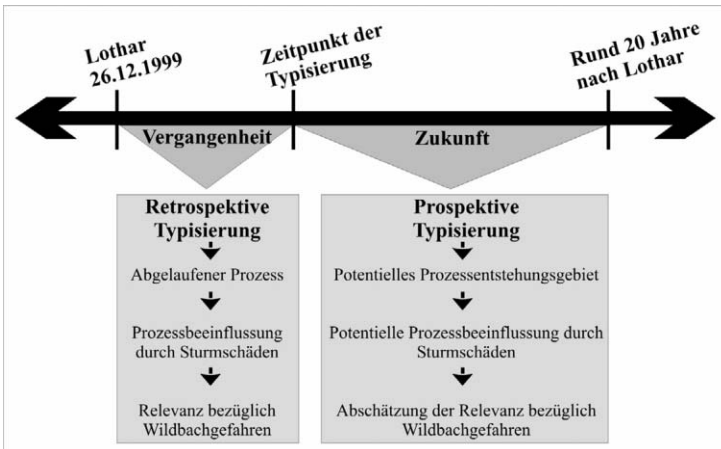


Abb. 5: Zeitliche und inhaltliche Systematik des Prozesstypisierungssystems

Fig. 5: Systematic of time and content of the process typing system

Um diese Ziele zu erreichen, wurden zwei zeitlich und inhaltlich verschiedene Systeme entwickelt (Abbildung 5). Die „Retrospektive Typisierung“ reicht in die Vergangenheit und beantwortet die Fragen, welche Prozesse seit Lothar abgelaufen sind, ob und wie diese durch Sturmschäden beeinflusst wurden und ob die dabei verlagerten Feststoffe relevant für Gerinneprozesse und damit verbundene Wildbachgefahren sind. Die „Prospektive Typisierung“ blickt in die Zukunft, indem potentielle Prozessentstehungsgebiete abgegrenzt,

mögliche Beeinflussungen dieser Prozesse durch Sturmschäden abgeschätzt und die Relevanz dieser potentiellen Prozesse in Bezug auf die Wildbachgefahren beurteilt werden.

Retrospektive Typisierung

Das Ziel der „Retrospektiven Typisierung“ ist die Beschreibung von Flächen, in denen seit Lothar geomorphologische Prozesse abgelaufen sind. Anhand dreier Schritte werden gesamte Prozessräume typisiert, bestehend aus Entstehungs-, Transit- und Ablagerungsgebiet. In Abbildung 6 ist das Vorgehen schematisch dargestellt.

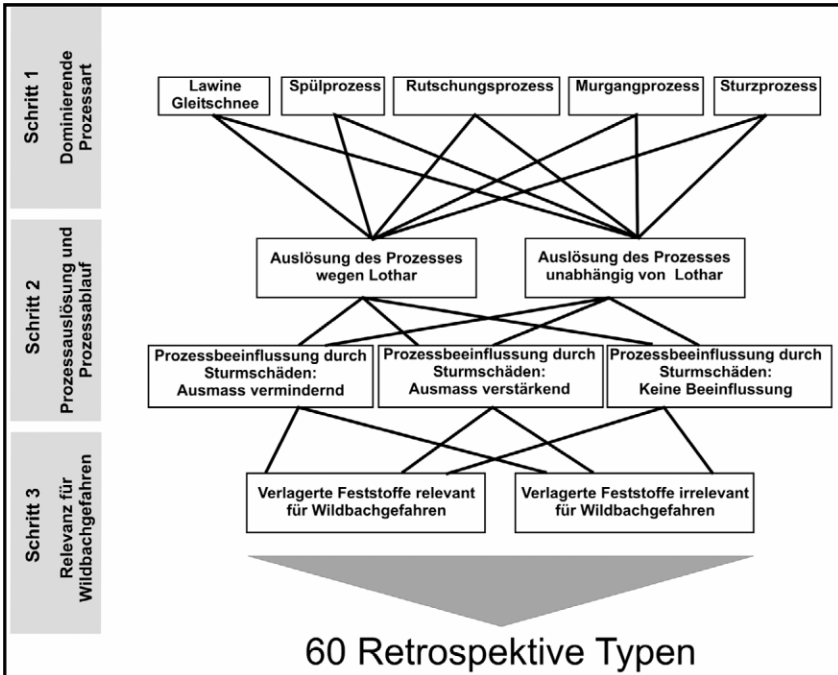


Abb. 6: Inhaltliches Konzept der Retrospektiven Typisierung
Fig. 6: Content of the retrospective typing concept

In Schritt 1 (Abbildung 6) werden Flächen, in denen seit Lothar feststoffverlagernde Prozesse abgelaufen sind, einer bestimmten, dominierenden Prozessart zugeordnet. Zur Auswahl stehen die fünf Prozessarten Materialverlagerung durch Lawinen/Gleitschnee, Spül-, Rutschungs-, Murgang- und Sturzprozesse.

In Schritt 2 (Abbildung 6) wird der gesamte Prozessablauf unter Berücksichtigung der Prozessbeeinflussung durch die Sturmschäden rekonstruiert. Dabei wird unterschieden zwischen der Auslösung des Prozesses und dem anschliessenden Prozessablauf.

Ob ein Prozess ausgelöst wird, hängt von der Gesamtdisposition ab, bestehend aus der Summe aus Grunddisposition (über längere Zeit gleichbleibende Anlage und Bereitschaft zu Prozessen, aufgrund Geologie, Klima, usw.) und der variablen Disposition (zeitlich variable, in einem bestimmten Umfang schwankende oder sich entwickelnde effektive Disposition zu

Prozessen, je nach Jahreszeit, meteorologischen Verhältnissen, usw.). Die Gesamtdisposition legt einen Schwellenwert fest, dessen Überschreitung bei einer bestimmten Belastung, z.B. infolge eines Starkniederschlags zum auslösenden Ereignis führt (Kienholz, 1990). Als Folge der Sturmschäden hat sich die sonst über lange Zeit konstant bleibende Grunddisposition durch einen markanten Wechsel der Vegetation verändert. Da die stabilisierende Wirkung der Vegetation auf den Hang durch die Sturmschäden reduziert wurde, wird in diesem Konzept von einer Erhöhung der Grunddisposition ausgegangen. Dies bedeutet, dass der Schwellenwert herabgesetzt wird, der für die Auslösung eines Ereignisses überschritten werden muss und dass als Folge von Lothar Prozesse eher ausgelöst werden können. Je nach Prozessart kann die Grunddisposition auf verschiedene Art erhöht worden sein. Bei Spülprozessen kann zum Beispiel durch eine Verletzung der Bodenoberfläche und Freilegung von Lockermaterial durch geworfene Bäume vermehrt Lockermaterial erodiert werden. Rutschungsprozesse können eher ausgelöst werden als Folge der fehlenden Wurzelarmierung oder erhöhter Infiltration infolge geringerer Interzeption und Evapotranspiration wegen der fehlenden Bäume. Grobes Schadenholz in Rensen kann zu Verklausungen und somit zur Bildung von Murgängen führen. Sturzprozesse können durch die Freilegung neuer Steinschlagquellen oder fallendem Sturmholz ausgelöst werden. Die Wirkhöhe des ursprünglichen Waldes im Anrissgebiet von Lawinen oder Gleitschnee wird durch die Zerstörung des Schutzwaldes herabgesetzt. Im Typisierungssystem (Abbildung 6, Schritt 2) wird diesen Fällen mit der Wahl des Feldes „Auslösung wegen Lothar“ Rechnung getragen.

Ist ein Prozess ausgelöst, können die Sturmschäden den Prozessablauf entweder gar nicht beeinflussen, ihn im Ausmass verstärken oder vermindern. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die prozessabhängigen das Ausmass vermindern und verstärkenden Mechanismen.

Tab. 1: Wirkung von Sturmschadengebieten auf das Prozessausmass in Abhängigkeit von der Prozessart
Tab. 1: Impact of storm damages on the intensity of processes depending on typ of process

Prozessart	Wirkung der Sturmschadengebiete auf das Prozessausmass	
	Ausmass vermindern	Ausmass verstärkend
Spülprozesse	Entwässerung von Wasser/Geschiebegemischen durch erhöhte Rauigkeit führt zu frühzeitiger Ablagerung	Bildung von Verklausungen und Freilegung von zusätzlichem Lockermaterial auf der Spülstrecke
Rutschungsprozesse (flachgründig)	Entwässerung des bewegten Materials durch erhöhte Rauigkeit führt zu frühzeitiger Ablagerung	Verstärkung des Schadensausmasses durch Schadenholz als Bestandteil der Rutschungsmasse
Murgangprozesse	Entwässerung durch erhöhte Rauigkeit führt zu frühzeitiger Ablagerung	Bildung von Verklausungen durch Schadenholz, Freilegung von grösseren Mengen an verlagerbarem Geschiebe, Verstärkung des Schadensausmasses durch Schadenholz als Bestandteil des Murgangs
Sturzprozesse	Durch erhöhte Rauigkeit frühzeitiges Abbremsen von Sturzmaterial im Ablagerungsgebiet	Mobilisierung von Schadenholz auf Transitstrecke, Freilegung von zusätzlichem Locker- und Gesteinsmaterial
Lawinenprozesse/ Gleitschnee	Durch erhöhte Rauigkeit frühzeitiges Abbremsen der Lawine im Ablagerungsgebiet; geringere Tendenz zu Gleitschnee	Mobilisierung von Schadenholz auf Transitstrecke, Freilegung von zusätzlichem Locker- und Gesteinsmaterial

In Schritt 3 (Abbildung 6) wird der Feststoffablagerungsbereich des abgelaufenen Prozesses eingegrenzt und entschieden, ob sich dieser im Einflussbereich des Gerinnes befindet, ob also diese Feststoffe bei Hochwasser relevant für die Wildbachfahren werden.

Anhand des Entscheidungsbaumes ergibt diese Typisierung 60 verschiedene Retrospektive Typen, die Aussagen zum Prozesstyp, zum Einfluss Lothars auf die Prozessauslösung und den -ablauf sowie zur Relevanz der Feststoffverlagerung bezüglich Wildbachgefahren geben.

Prospektive Typisierung

Das Ziel der „Prospektiven Typisierung“ ist es, den gesamten Hangbereich im Hinblick auf zukünftige, möglicherweise von den Sturmschäden beeinflusste Prozesse zu beurteilen. Als Einheitsflächen gelten potentielle Prozessentstehungsgebiete, die je nach den Bedingungen auf ihrer Transitstrecke und ihrem Ablagerungsraum in verschiedene Gefährlichkeitskategorien eingeteilt werden. Das Vorgehen lässt sich auch hier in drei Schritte unterteilen und wird in Abbildung 7 anhand eines Entscheidungsbaumes gezeigt und anschließend schrittweise erläutert.

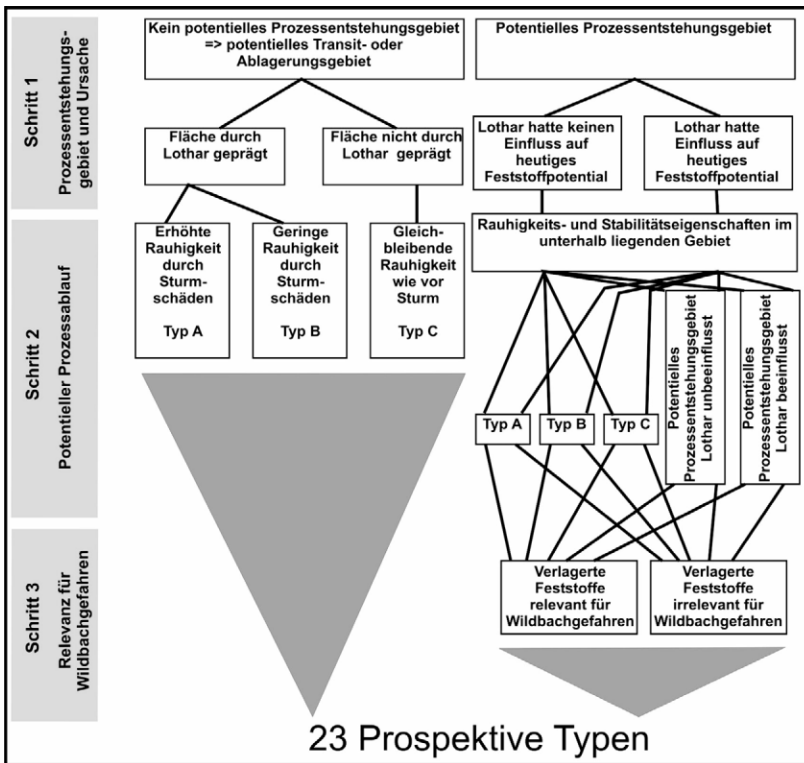


Abb. 7: Inhaltliches Konzept der Prospektiven Typisierung
 Fig. 7: Content of the prospective typing concept

In Schritt 1 (Abbildung 7) werden mögliche Prozessentstehungsgebiete abgegrenzt. Damit eine Einheitsfläche als solches Gebiet angesprochen wird, müssen drei Bedingungen erfüllt sein:

1. Es muss mobilisierbares Feststoffmaterial in Form von Gesteinsmaterial oder Holz vorhanden sein
2. Damit der Prozess starten kann, muss eine von der Prozessart abhängige minimale Hangneigung gegeben sein
3. Bei Prozessen, die nicht ausschliesslich gravitativ ablaufen muss ein Transportmedium in Form von Wasser/Schnee/Eis vorhanden sein

Sind all diese Bedingungen erfüllt, wird die entsprechende Fläche im Entscheidungsbaum als potentielle Prozessentstehungsfläche angesprochen, falls nicht, als potentielles Transit- oder Ablagerungsgebiet. In der Folge wird die Rolle Lothars definiert. Bei den potentiellen Prozessentstehungsgebieten wird beurteilt, ob Lothar einen Einfluss auf die heutige Situation des mobilisierbaren Feststoffpotentials hatte oder nicht. Bei den potentiellen Transit- oder Ablagerungsgebieten wird entschieden, ob die betreffende Fläche durch Lotharschäden geprägt ist oder nicht.

In Schritt 2 (Abbildung 7) wird versucht, einen möglichen Ablauf eines potentiellen Prozesses unter Beeinflussung der Sturmschäden abzuschätzen.

Die potentiellen Transit- und Ablagerungsgebiete (im Entscheidungsbaum links) werden aufgrund ihrer Wirkung auf allfällige von oben kommende Prozesse nach ihrer Rauigkeit typisiert. Je rauher eine Fläche ist, umso eher ist damit zu rechnen, dass ein von oben kommender Prozess abgebremst und angehalten wird. Die nicht durch Lothar geprägten Gebiete haben noch die gleichen Rauigkeitseigenschaften wie vor dem Sturm. In den durch Lothar geprägten Flächen werden die neuen Rauigkeitsbedingungen nach den folgenden Kriterien klassiert. Als Gebiete mit erhöhter Rauigkeit gelten stabile ungeräumte Lotharschadenflächen und geräumte Gebiete mit der Lage des Schadenholzes vor allem quer zur Falllinie, so dass eine maximale Breite dem von oben herannahenden Prozess als Hindernis entgegen steht. Auch aufgeklappte Wurzelteller von hangabwärts geworfenen Bäumen bilden rauhe Hindernisse, so dass eine maximale Wirkhöhe des Schadenholzes entsteht. Geringe Rauigkeit herrscht in sehr sauber geräumten Schadengebieten, Gebieten, wo das Schadenholz vor allem parallel zur Falllinie liegt und die Bäume vorwiegend hangaufwärts geworfen wurden, die aufgeklappten Wurzelteller also nur eine geringe Wirkhöhe haben.

Ausgehend von den potentiellen Prozessentstehungsflächen werden Szenarien möglicher Prozessabläufe entwickelt und dabei das mögliche Transit- und Ablagerungsgebiet abgegrenzt. Anschliessend werden die Rauigkeits- und Stabilitätseigenschaften in diesem vermuteten Transit- und Ablagerungsgebiet analysiert. Je nachdem, welchem Typ das vermutete Transit- und Ablagerungsgebiet angehört, wird die zu typisierende Prozessentstehungsfläche in ihrer Gefährlichkeit eingestuft. Liegen Transit- und Ablagerungsgebiete mit erhöhter Rauigkeit (Typ A) unterhalb, wird das Ausmass und die Reichweite des ablaufenden Prozesses geringer sein als wenn eine andere potentielle Prozessentstehungsfläche mit instabilen Verhältnissen darunter liegt, da durch die Auslösung eines Prozesses weiter unten Folgeprozesse und Wirkungsketten ausgelöst werden können.

Schritt 3 (Abbildung 7) gilt entsprechend der Retrospektiven Typisierung wieder der Relevanz der potentiell verlagerten Feststoffe bezüglich der Wildbachgefahren.

Anhand dieses Vorgehens kann die gesamte Fläche klassiert und einem der drei Typen potentieller Transit- und Ablagerungsgebiete oder der zwanzig Typen potentieller Prozessentstehungsgebiete zugeordnet werden. Die Aussage pro Typ beinhaltet, ob eine Fläche ein Prozessentstehungsgebiet ist, wie die Rauigkeits- und Stabilitätsverhältnisse sind, ob diese durch Lothar entstanden sind oder nicht und als wie gefährlich bezüglich Reichweite

und Auslösung von Folgeprozessen die betreffende Fläche einzustufen ist. Zudem werden Aussagen gemacht zur Relevanz der potentiell verlagerten Feststoffe bezüglich potentieller Wildbachgefahren.

ERSTE ERGEBNISSE UND INTERPRETATION

Beim Sturm wurden im Gouchegghang 63% aller Bäume zerstört. Betroffen waren vor allem Fichten mit einem BHD > 20cm. Von ihnen wurden 89% zerstört. 77% aller zerstörten Bäume wurden geworfen und 6% gebrochen. Bei 17% konnte die Schadensart nach den Räumungsarbeiten nicht mehr rekonstruiert werden. Im Hinblick auf die Rauheitsbedingungen in Transit- und Ablagerungsgebieten von geomorphologischen Prozessen interessiert vor allem die Wurfrichtung der geworfenen Bäume. 62% der geworfenen Bäume fielen hangabwärts, was eine grosse Rauigkeit bewirkt, 34% quer zur Falllinie und lediglich 4% hangaufwärts. Die räumliche Verteilung der Sturmschäden zeigt, dass der obere Hangbereich stärker betroffen ist als der untere. Durch Lothar wurden auf 13% der Bodenoberfläche die Vegetation weggerissen und Lockermaterial und Fels an die Oberfläche gebracht, wo sie Erosionsprozessen ausgesetzt sind.

Auf 11% der gesamten beobachteten Fläche sind seit Lothar Prozesse abgelaufen. 63% davon wurden infolge der erhöhten Grunddisposition durch Lothar ausgelöst. Die Lotharbedingten Auslösungsflächen teilen sich auf in 60% Spülprozesse und 40% flachgründige Rutschungsprozesse. Die Sturmschäden wirkten in allen Prozessflächen auf das Prozessausmass entweder unbeeinflussend oder Ausmass vermindern. Der Anteil der für die Wildbachgefahren relevanten Flächen an der gesamten Prozessfläche beträgt 41%, unterteilt in 72% Spülprozessflächen und 28% Rutschungsprozessflächen. Relevant für die Wildbachgefahren waren von den durch Lothar ausgelösten Prozessflächen jedoch nur 1%. Dieser Umstand lässt sich durch die räumliche Schadenverteilung erklären. Die Lotharschäden befinden sich vor allem im oberen Hangbereich. Durch relativ hohe Rauigkeit werden verlagerte Feststoffe im Hang meist rasch zwischengelagert und haben keinen direkten Anschluss an das Gerinnebett, wo sie weiter transportiert werden könnten.

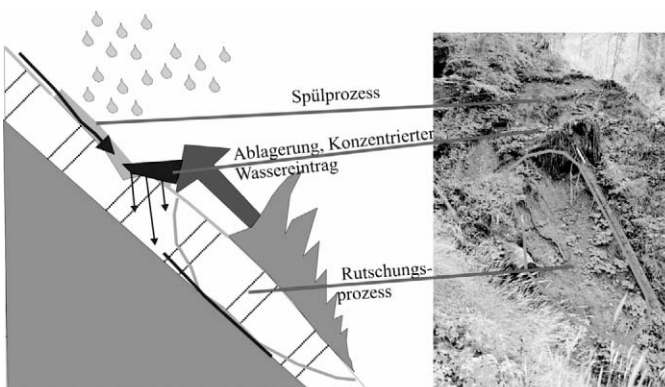


Abb. 8: Häufiges Prozessmuster im Gouchegghang
Fig. 8: Frequent observed type of process in the Gouchegghang

Im Gouchegghang zeigen sich an vielen Stellen immer wieder gleiche Prozessmuster (Abbildung 8). Hangabwärts geworfene Bäume haben durch ihre Wurzelteller grosse Vegetationsnarben hinterlassen, die jetzt offen den Spülprozessen frei zugänglich sind. Bei Starkregen wird auf diesen offenen Flächen Material mobilisiert und verlagert. Hinter den hoch aufragenden, rauen Wurzeltellern der geworfenen Bäume wird das Wasser bald gestaut und die mitgeführten Feststoffe werden abgelagert. Das Wasser kann nun aber hinter dem Wurzelteller konzentriert einsickern und im ungünstigen Fall zu kleinen Rutschungen unterhalb des Wurzeltellers führen, was im Testhang vermehrt beobachtet werden konnte.

Bei der Prospektiven Typisierung wurden 84% der gesamten Fläche als potentielle Transit- und Ablagerungsgebiete klassiert. Sie setzen sich zusammen aus 15% mit erhöhter Rauigkeit durch Lothar (Typ A), 30% geringe Rauigkeit durch Lothar (Typ B) und 55% gleichbleibender Rauigkeit vor und nach Lothar (Typ C). 16% der Gesamtfläche wurden als potentielle Prozessentstehungsgebiete klassiert. 62% davon sind unter dem Einfluss von Lothar entstanden, 38% ohne Einfluss Lothars. Durch Lothar entstandene potentielle Prozessentstehungsgebiete mit instabilen Verhältnissen im Transit- und Ablagerungsgebiet (höchste Gefährlichkeitsstufe) ergaben sich auf 7% der gesamten potentiellen Prozessfläche. Diese Flächen waren räumlich immer an durch Lotharholz verstopfte Runsenquerschnitte und oberhalb davon liegende Feststoffherde gebunden. Auf 50% der durch Lothar entstandenen potentiellen Prozessentstehungsflächen liegen jedoch Gebiete mit erhöhter Rauigkeit im Transit- und Ablagerungsbereich, was die niedrigste Gefährlichkeitsstufe bedeutet und zeigt, dass durch die Fallrichtung hangabwärts eine erhöhte Rauigkeit und somit eine grosse Stabilisierung ablaufender oberflächlicher Hangprozesse zustande kommt. Relevant für die Wildbachgefahren sind insgesamt 52% der gesamten potentiellen Prozessentstehungsflächen, wovon 35% durch Lothar entstanden und 65% ohne Einfluss Lothars entstanden sind.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Für die Geomorphodynamik sturmgeschädigter Hänge in steilen Wildbacheinzugsgebieten spielen neben der Grunddisposition vor allem zwei Faktoren eine zentrale Rolle. Erstens ist die Art der Sturmschäden und hier vor allem die Stabilität und die Lage bezüglich der Falllinie des Schadenholzes sehr bedeutend. Je stabiler Schadenholz liegt und je mehr es sich als rauhes Hindernis möglichst hoch aufragend und quer zu den ablaufenden Hangprozessen in den Weg stellt, um so besser wird die ursprüngliche Schutzfunktion des ehemaligen Waldes noch erfüllt. Zweitens wurde auch gezeigt, dass die weitere Entwicklung eines sturmgeschädigten Hanges durch konkretes und gezieltes Räumen oder Belassen zu einem grossen Teil mitgesteuert werden kann. Durch gezielte Eingriffe können negative, die Wildbachgefahren erhöhende Konstellationen von Sturmholz und gefährlichen Prozessen entschärft werden. Um diese Räumungsarbeiten möglichst effizient und wirksam zu organisieren, kann das „Prospektiven Prozesstypisierungssystem“ angewendet werden. Saubere Räumungen sind an Stellen sinnvoll, wo das Sturmholz instabil liegt und allenfalls als Sturz- oder Rutschmasse in Frage kommt. Vollständige Räumungen sind auch im Gerinnebereich von Wildbächen und Runsen wichtig. Damit werden Wirkungsketten unterbrochen, die teils bis zu Verklausungen und Murgangprozessen führen können. Stabile, belassene Sturmschadenflächen wirken sich in Hangflächen sehr effizient aus, falls es darum geht, eine raue Bodenoberfläche zu schaffen. Dadurch wird mobilisiertes Lockermaterial zur Ablagerung gezwungen, im Hang temporär zwischengelagert und dadurch für den Wildbach vorläufig nicht geschieberelevant. Allerdings bergen diese Situationen auch die Gefahr in sich, dass durch konzentrierten Wassereintrag kleinere Rutschungen abgehen können.

Die hier vorgestellte Methodik im Umgang mit Sturmschadenhängen in steilen Wildbach Einzugsgebieten soll für die Praxis ein Hilfsmittel sein, um den Zeitraum zu überbrücken, bis die Verjüngung die ursprüngliche Schutzfunktion wieder übernehmen kann. Durch die entwickelte Methodik kann somit in den sturmeschädigten Hängen temporär mit gezielten, effizienten Eingriffen eine maximale mögliche Schutzfunktion gewährleistet werden.

LITERATUR

- Angst Ch., Volz R., Zahn Ch. (2000): „Entscheidungshilfe der Forstdirektion für Windwurfflächen. Wo räumen und wo liegen lassen?“ *In Wald und Holz 2/200: 25-28. Waldwirtschaft Verband Schweiz, Solothurn.*
- Badoux, A., Hegg Ch., Kienholz H., Weingartner R. (2002): „Investigations on the influence of storm caused damage on the runoff formation and erosion in small torrent catchments“ *Interpraevent 2002 in the Pacific Rim, Matsumoto, Nagano Pref. Congress Publication. Vol. 2, 961-971.*
- BUWAL (2002): „Entscheidungshilfen bei Sturmschäden im Wald“ *BUWAL, Bern.*
- Frei M., Graf F., Böll, A. (2002): "Mykorrhiza und Bodenstabilität" *Ingenieurbiologie 12 (3), pp5-10.*
- Gertsch E. (2002): „Geomorphodynamik ausgewählter Lotharschadenhänge im Spissibach und Sperbelgraben“ *Unveröffentlichte Diplomarbeit. Geographisches Institut der Universität Bern.*
- Kienholz H. (1990): „Zur Beurteilung und Kartierung von Naturgefahren in Gebirgsregionen“ *Unveröffentlichte Habilitationsschrift. Geographisches Institut der Universität Bern.*
- Lässig R., Schönenberger W. (2000): „Nach „Lothar“ von „Vivian“-Erfahrungen profitieren“ *In Wald und Holz 2/200: 31-35. Waldwirtschaft Verband Schweiz, Solothurn.*
- Liener S. (2000): Zur Feststofflieferung in Wildbächen“ *Geographica Bernensia, G64, Bern.*
- Nakamura F., Swanson F. (1993): “Effects of coarse woody debris on morphology and sediment storage of a mountain stream system in western Oregon” *Earth Surface and Landforms, Vol.18, 43-61.*
- Schönenberger W., Fischer A., Innes J. (2002): “Vivian’s Legacy in Switzerland – impact of windthrow on forest dynamics“ *Forest Snow and Landscape Research, Vol. 77, issue ½: 224 S. Paul Haupt Verlag, Bern.*
- Schönenberger W., Angst Ch., Bründl M., Dobberit M., Duelli P., Egli S., Frey W., Gerber W., Kupferschmid Albisetti A., Lüscher P., Senn J., Wermelinger B., Wohlgemuth T. (2003): “Vivians Erbe – Waldentwicklung nach Windwurf im Gebirge” *Merkblatt für die Praxis. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.*
- Sidele R.C., Pearce, A.J, O’Loughlin C.L. (1985): “Hillslope Stability and Land Use” *Water Resources Monograph 11, American Geophysical Union, Washington.*

Verdankungen

Die Arbeiten im Rahmen des Projektes „Lothar und Wildbach“ werden vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) finanziert.

Das Projekt Spissibach (Leissigen) als Ganzes wird vom Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG), vom Tiefbauamt des Kantons Bern sowie der Gemeinde Leissigen unterstützt.

Wichtige Grundlagen stammen aus unveröffentlichten Diplomarbeiten des Geographischen Instituts der Universität Bern (Hunziker, 1992, Wermelinger, 1994, Perret, 2001, Zesiger, 2002 und Steffen, 2003).