

Naturgefahren digital erfassen und bewerten als Grundlage für die Prävention



Peter Frei, Dieter Rieger

Die Dokumentation von Naturgefahren wie Überschwemmungen, Muren, Steinschlag und Lawinen ist ein wirksames Mittel zur Stärkung des Risikobewusstseins in der Bevölkerung. Dies ist umso wichtiger, da Untersuchungen ergeben haben, dass die »Halbwertszeit des Vergessens« zwischen 5 bis 10 Jahren beträgt. Bis dahin hat die Hälfte aller Menschen ein vorangegangenes Hochwasser vergessen oder aus der Erinnerung »verdrängt«. Mittlerweile ist die Festlegung der Gefährdungsbereiche vielfach gesetzliche Pflicht, weshalb wirksame Computermodelle die Ereignisdokumentation zunehmend ersetzen oder ergänzen müssen.

Überschwemmungsgebietskarten

Vorbei sind die Zeiten als die ehemals noch zahlreichen Mitarbeiter der bayerischen Wasserwirtschaftsämter nach größeren Hochwasserereignissen ausschärmten, um mit Pflöcken anhand der Spuren die überschwemmten Flächen abzugrenzen. Die markierten Bereiche wurden anschließend von Hand in Karten übertragen, um die Überschwemmungsbereiche festzustellen. Denn das Ziel, die Überschwemmungsgebiete in Bayern per Rechtsverordnung festzusetzen, war ein gesetzlicher Auftrag bereits aus dem ersten Bayerischen Wassergesetz vom 23. März 1907. Tatsächlich gibt es leider nur wenige festgesetzte Überschwemmungsgebiete aus dieser Zeit. Denn das Ziel war leichter beschrieben als ausgeführt. Oft lässt sich der Gesamtumfang, der bei einem Hochwasserereignis überschwemmten Gebiete nachträglich nur sehr schwer feststellen, da schon einige Tage nach dem Hochwasser die Spuren im Gelände verwischt sein können. Erst relativ spät wurde ein einheitlicher Standard für ein Überschwemmungsgebiet auf ein sog. 100jährliches Hochwasserereignis eingeführt. In der Auseinandersetzung mit dieser Herausforderung hat die Hydrologie im letzten Jahrzehnt auf der Basis umfangreicher Pegelaufzeichnungen Quantensprünge gemacht.

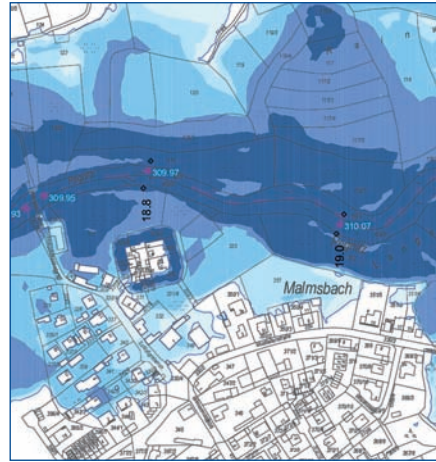
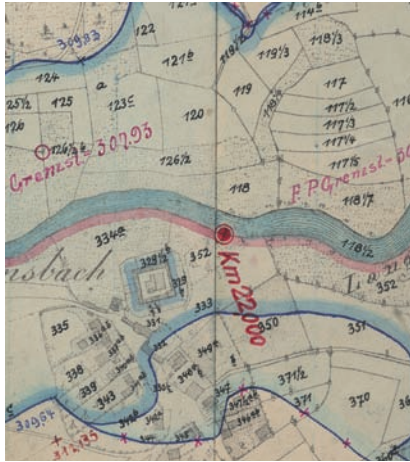


Bild 1: Überschwemmungsgebiet der Pegnitz. Links: Aktuell gültiges, festgesetztes Überschwemmungsgebiet auf der Basis des Hochwasserereignisses von 1911. Rechts: Zweidimensionale Neuberechnung eines 100jährigen Ereignisses (aus dem Jahr 2008 im Rahmen von Flood-Scan) mit Darstellung der Wassertiefen.

Gesetzlicher Auftrag

Heute haben wir einen gewaltigen Fortschritt errungen, um Hochwasserkarten zu erstellen. Nach der EU-Hochwasserrichtlinie (Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken) haben die Länder der Europäischen Union bis 2013 Hochwassergefahrenkarten für häufige, mittlere und seltene Hochwasserereignisse anzufertigen und mit der Bevölkerung abzustimmen und anschließend festzulegen. Häufige Ereignisse entsprechen einem ca. 10jährigen Ereignis, ein mittleres dem im Bayerischen Wassergesetz geforderten 100jährigen Ereignis und seltene Ereignisse einem extremen Hochwasser, das etwa alle 500 bis 1000 Jahre auftritt. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass für die angegebenen Hochwasserereignisse auch die Wassertiefen des überschwemmten Gebietes, die Fließgeschwindigkeiten und sogar Auskünfte über die Erosionstätigkeit zu geben sind. Bis 2015 sind auf der Basis dieser Karten auch Hochwasserrisikomanagementpläne zu fertigen. So sehr das im Hochwasserereignisfall für die Betroffenen von Interesse sein mag, angesichts der rund 70 000 Kilometer Gewässerslänge in Bayern ist das für die bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung eine gewaltige Herausforderung.

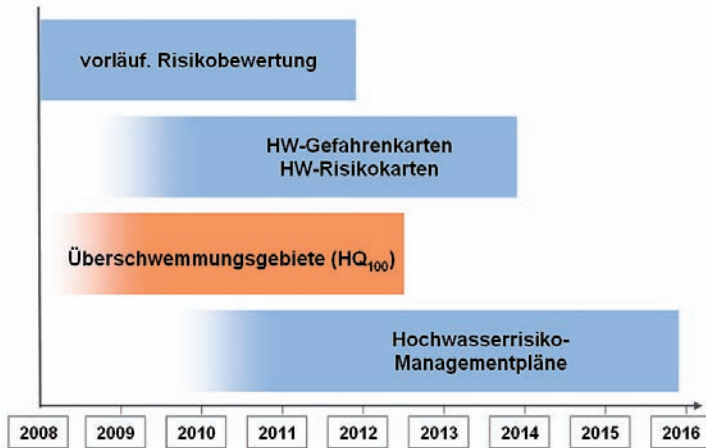


Bild 2: Hauptanforderungen an die Ermittlung und Bewertung der potentiellen Hochwasserrisiken der EG-Richtlinie (blau) und dem BayWG (orange)

Daher braucht es für die Erarbeitung eine schnelle und kosteneffiziente Methode, um diese Überschwemmungsgebiete in dem geforderten Zeitraum zu ermitteln. War bisher der Umfang der Ermittlung auf Gewässer erster und zweiter Ordnung sowie Wildbäche und bereichsweise auch besonders gefährdete Bereiche an Gewässer dritter Ordnung beschränkt, so wurde neuerdings mit der Änderung des Bayerischen Wassergesetzes die Erarbeitung der Überschwemmungsgebiete auf Drängen der kommunalen Vertreter als Aufgabe des Freistaats definiert. Umso mehr sind die Ansprüche an eine effiziente Arbeitsmethodik gestiegen.

Arbeitsmethode für die Erstellung von Überschwemmungsgebietskarten

Die Aufgabe die Überschwemmungsgebiete zu ermitteln wäre schier unlösbar, könnten wir heute nicht auf Hydraulikmodelle zurückgreifen, die es uns gestatten, anhand eines digitalen Geländemodells und der notwendigen hydraulischen Angaben eine exakte Modellierung der überschwemmten Gebiete zu erhalten. Die Schwierigkeiten lagen bis vor einigen Jahren in der Beschaffung der geeigneten Datengrundlagen für das anzuwendende digitale Geländemodell (DGM). Dafür sind das Landesamt für Vermessung und Geoinformation (LVG) und das Bayerische Landesamt für Umwelt seit (LfU) 2002 in eine enge Kooperation getreten. Denn ohne genaue Daten des LVG ist eine landesweite Erarbeitung von Überschwemmungsgebieten nahezu unmöglich. Als wichtige Datengrundlage tritt hier das DGM aus dem Laserscanning in den Mittelpunkt.

Laserscanning als Grundlage für das Digitale Geländemodell

Erst seit etwa fünf Jahren ist eine Laserscanning-Befliegung mit einer Dichte von mindestens einem Punkt pro Quadratmeter mit vertretbarem Aufwand durchführbar. Ziel der Wasserwirtschaftsverwaltung war ein flächendeckendes Laserscan-DGM mit ausreichender Genauigkeit zu erhalten, angesichts der Notwendigkeit, Überschwemmungsgebiete zu modellieren. Die nunmehr erzielte Genauigkeit ist derzeit mit +/-10 bis 15 cm Höhenabweichung ausreichend für die Modellierung der relativ flachen Überschwemmungsgebiete. Das LfU und das LVG haben über den Bezug der Daten eine gemeinsame Vereinbarung getroffen. Sie beinhaltet eine finanzielle Beteiligung durch das LfU an den Vergabekosten von Laserscanning. Dadurch kann das LVG seine Zielsetzung, ein flächendeckendes DGM aus Laserscanning bereitzustellen, schneller erreichen. Es ist davon auszugehen, dass bis 2010 Zug um Zug hochauflösende Laserscandaten mit Gitterweiten des DGM von größtenteils 1 bzw. 2 Meter vorliegen. Rund 80 Prozent der Fläche Bayerns sind bereits mit der Laserscanning-Methode befliegen.

Aus den Luftbildern der Bayernbefliegung oder aus ATKIS-Daten kann außerdem eine Klassifikation der Landbedeckung erfolgen, welche zur Abschätzung der Oberflächenrauheit benötigt wird und in die Modellierung eingeht.

FloodScan: Vom Pilotprojekt zur Serienreife

Die Daten des Laserscannings allein erlauben noch keine hydrotechnische Berechnung, denn es braucht auch die Einbindung der Flussprofile (Abstände 200 m plus Sonderprofile), von Bruchlinien im Gelände und von Rauigkeitsangaben im Gewässer und dessen Uferbereiche. Darüber hinaus gibt es an den Gewässern Bayerns unzählige Brücken, Durchlässe, Stauanlagen und Einbauten ins Gewässer die als Sonderprofile aufzunehmen sind. Zudem verhindern unzählige Längsbauwerke wie Deiche die natürliche Ausbreitung der Gewässer. Daher sind besonders in bebauten Gebieten auch heute noch terrestrische Nachvermessungen notwendig, um die Ausuferungen von Gewässern in eng bebauten Gebieten für den Hochwasserfall mit einem zweidimensionalen Modell exakt beschreiben zu können. Besonders im städtischen Bereich oder an Wehren ist der Ingenieur gefordert, praxisnahe Vereinfachungen zu schaffen ohne all zu grobe Veränderungen in Kauf zu nehmen. Die Daten aus den Gewässerprofilen sind mittlerweile mit Programmroutinen in das DGM für die Erstellung des hydrotechnischen Berechnungsmodells einspielbar.

Allerdings wurde rasch festgestellt, dass die Datenmenge auch auf leistungsfähigen Dual-Core Rechnern zu groß war, um 2D-Abflusssimulationen effek-

tiv durchführen zu können. Daher war eine Reduktion der Daten ohne Verlust an Genauigkeit unbedingte Notwendigkeit. Das Ausdünnen der digitalen Geländedaten aus der Laserscanbefliegung war in der ersten Stufe noch mit Handarbeit verbunden, damit die relevanten Daten mit den notwendigen Bruchkanten im Gelände herausgearbeitet wurden. In mehreren Pilotstudien [RIEGER & OBERHAUSER 2005] erfolgte der entscheidende Schritt mit der Entwicklung und dem Test von ProgrammROUTINEN, um die Laserscandaten ausgedünnt für die Netzerstellung optimiert einsetzen zu können [RIEGER 2005, MICHEL 2006, RIEGER ET AL. 2008]. Die Arbeiten werden im Rahmen des von der EU geförderten Life-Projektes FloodScan weitergeführt. Dieses Gemeinschaftsprojekt des LfU mit den Partnern des LVG und der Technischen Universität München (TUM) hat sich die Optimierung der gesamten Prozesskette von der Erstellung der Grundlagendaten bis zur zweidimensionalen Modellierung der Gefährdungsbereiche und der Erarbeitung von Kommunikationsstrategien zum Ziel gesetzt (www.wzw.tum.de/floodscan). Mit der eigens erstellten Software (LASER _ AS-2D, ING.-BÜRO DR. NUJIC) ist eine Reduktion der Datenmenge um bis zu 99% ohne signifikanten Genauigkeitsverlust möglich. Das Ziel war damit erreicht: ein genaues DGM mit einer stark reduzierten Datenmenge. Erst seit diesem Zeitpunkt war der Weg frei, für eine rasche Erstellung von Überschwemmungsgebietskarten. Somit reduzierten sich die Rechenzeiten von zwei bis drei Wochen auf nunmehr 2-3 Stunden. Die Ergebnisse konnten evaluiert und europaweit verbreitet werden. Damit wird die ursprüngliche Methode, die auf der Verwendung teurer Geländedaten aus der Stereobefliegung von Talräumen basiert, Zug um Zug ersetzt.

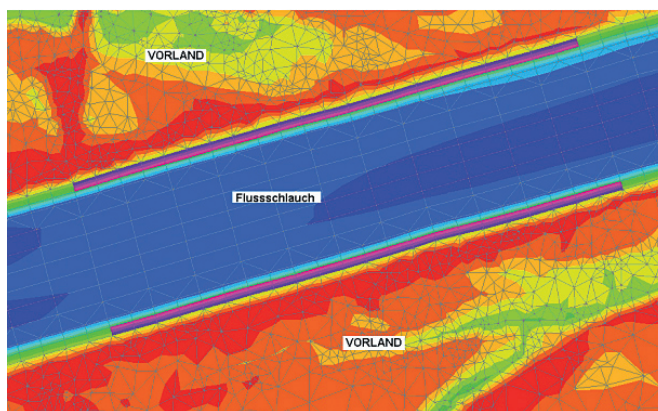


Bild 3: Optimiertes Berechnungsnetz für eine 2dimensionale Modellierung

Trotzdem wissen wir, dass in der Praxis vor Ort Veränderungen der Bodenrauigkeiten, z. B. durch Bepflanzungen, Veränderungen des Abflussverhaltens oder das Eingreifen der Katastropheneinsatzkräfte eine Ablenkung der Fließ-

strömungen bewirken können. Bislang konnte in der Evaluierung anhand von abgelaufenen Hochwässern eine gute Übereinstimmung mit den vom Modell berechneten Werten erzielt und damit der gesetzlich geforderte Genauigkeitsanspruch erfüllt werden.

Bisherige Ergebnisse bei der Erarbeitung der Überschwemmungsgebietskarten

Für knapp 8 000 Kilometer Gewässer erster und zweiter Ordnung sowie wichtigen Gewässern dritter Ordnung wurde die Berechnung des Überschwemmungsgebiets von der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung bereits abgeschlossen bzw. begonnen. Die große Herausforderung sind die kleinen Gewässer im kommunalen Bereich, für die ebenfalls Hochwassergefahrenkarten zu erstellen sind. Diese Pflicht hat der Freistaat in Folge der Implementierung der EU-Hochwasserrichtlinie in deutsches und bayerisches Wasserrecht von den Kommunen übernommen. Vieles spricht dafür, die zweidimensionale Ermittlung der Überschwemmungsgebiete auch an kleinen Gewässern einzusetzen, zumal sich dieses Verfahren als wirtschaftlich und praktikabel erwiesen hat. Der Mehrwert der Methode zeigt sich auch bei der Planung neuer Hochwasserschutzmaßnahmen, bei Hochwasserrückhaltmaßnahmen, bei Renaturierungsmaßnahmen oder im Gewässerunterhalt. Hier können die Modelle sehr genaue und hilfreiche Informationen liefern.

Bei der Umsetzung des Überschwemmungsgebiets in eine Rechtsverordnung sind nach Vorlage der Überschwemmungsgebietskarten die Kreisverwaltungsbehörden gefragt. Bislang läuft die Umsetzung noch langsam an. Es bleibt zu hoffen, dass mit der einsetzenden Verwaltungsroutine dieser Zeitverlust aufgeholt wird.

Internetkartendienst IÜG

Die Bürgerinnen und Bürger können sich bereits heute sehr weitgehend über Hochwassergefahren informieren. Dazu wurde eine Internetplattform für Überschwemmungsgefährdete Gebiete (www.iug.bayern.de) auf der Basis des BayernViewers des LVG geschaffen, die vom LfU halbjährlich aktualisiert wird. Damit besteht für alle Bürgerinnen und Bürger oder weitere Interessierte die Möglichkeit, sämtliche Überschwemmungsgebiete soweit sie bisher erarbeitet wurden, grundstücksscharf anzusehen. Die Grundeigentümer können Präventionsmaßnahmen vorsehen oder Bauwerber haben die Information, auf welchen Grundstücken sie besser nicht bauen sollten. Ein schönes Beispiel für die Aktualität der Karten zeigt *Bild 4*. Der früher schon bei kleinen Hochwasserereignissen völlig überschwemmte Ort Eschenlohe in Oberbayern zeigt sich nach

der abgeschlossenen Hochwasserschutzmaßnahme geschützt vor einem mehr als 100jährigen Hochwasserereignis.

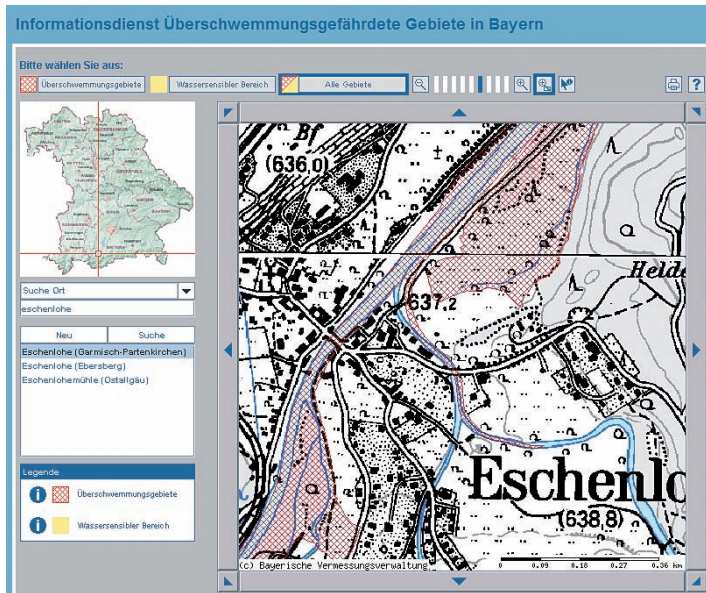


Bild 4: Informationsdienst Überschwemmungsgefährdete Gebiete

Prävention Naturgefahren im Alpenraum

Neben Hochwasserereignissen gibt es noch weitere Naturgefahren, die den menschlichen Lebensraum gefährden. Im Wesentlichen sind dies Sturm, Hagel, Steinschlag, Rutschungen, Muren, Lawinen und Erdbeben. Obwohl Stürme wie Kyrill riesige Schäden anrichten, gibt es kaum Möglichkeiten, sie zu verhindern. Ähnliches gilt für Hagel. Hier wird als Präventionsmaßnahme lediglich der Abschluss von Versicherungen und bauliche Maßnahmen z. B. an Dachflächen zu empfehlen sein. Anders ist es bei geographisch zuortbaren Gefährdungen. Hier können Präventionsmaßnahmen effektiv greifen. Steinschlag, Muren, Rutschungen und Lawinen betreffen dabei vorwiegend die Gebirgsregionen. Da die Ereignisse vorwiegend in großen Zeitabständen von ein oder zwei Generationen auftreten, wird das Risiko meist nur ungenügend wahrgenommen oder die Betroffenen arrangieren sich in der subjektiven Wahrnehmung dieses Risikos. Das beste Beispiel ist dafür das Erdbebenrisiko im Bereich des Sankt Andreasgrabens in Kalifornien, der, obwohl von vielen Wissenschaftlern auf das nächste große Beben hingewiesen wird, zu den am dichtest besiedelten Gegenden der USA gehört. Mit dem Informationsdienst Alpine Naturgefahren

(www.ian.bayern.de) (Bild 5, IAN) werden Naturgefahren für die Menschen in Bayern deutlich gemacht.

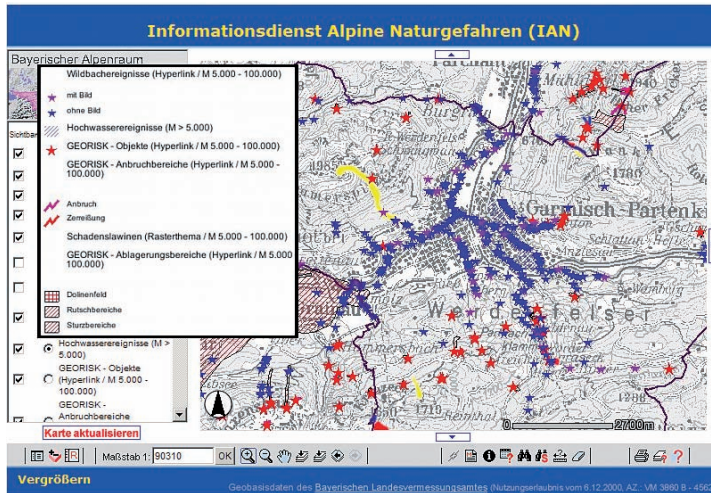


Bild 5: Informationsdienst Alpine Naturgefahren. Testausschnitt Garmisch-Partenkirchen.

Das LfU hat sich 2004 speziell mit dem Projekt »Historischen Analyse der Naturgefahren im Alpengebiet« (HANG) mit der Frage der Naturereignisse insbesondere innerhalb der letzten 150 Jahre, befasst. Dazu wurde dem Lehrstuhl für Geographie der Katholischen Universität Eichstätt in einem Forschungsprojekt der Auftrag erteilt, alle historisch greifbaren Ereignisse im alpinen Raum aufzunehmen. Anhand von Auswertungen der Unterlagen in Gemeinde-, Landkreis- und Wasserwirtschaftsamtarchiven wurden für den Alpenraum rund 11 000 Ereignisse mit z. T. besorgniserregendem Ausmaß festgestellt. Erst durch die geographische Zuordnung wird die Gefährdung bestimmter Regionen bewusster wahrgenommen.

Die Wahrnehmung und Betroffenheit von einer Gefährdungssituation sind die erste Stufe auf dem Weg zur Prävention, die weiteren Stufen sind das Verstehen, die Verinnerlichung des Wahrgenommenen und schließlich die Erkenntnis notwendiger Maßnahmen. Die höchste Stufe ist dann die Realisierung von Vermeidungs- oder Anpassungsstrategien. Heute wird ein duales Vorgehen empfohlen, nämlich einerseits die Verwirklichung von Schutzmaßnahmen und andererseits Präventionsmaßnahmen wie die Erstellung von Gefahrenkarten, die Beschreibung des Restrisikos, Maßnahmen in der Landesplanung und schließlich der Risikodialog mit der Bürgerschaft.

Die Schweiz und Österreich haben aufgrund einer relativ geringen besiedelbaren Fläche (Tirol 11% der Landesfläche) frühzeitig begonnen, eine Gefahrenzonenplanung auf den Weg zu bringen. Dagegen hat Bayern den Weg eingeschlagen, lediglich auf die Gefahren hinzuweisen. Denn bislang steht noch ausreichend Fläche für Siedlungen und Gewerbe zur Verfügung. In einer Pilotstudie im Oberallgäu wurde vom LfU eine Gefahrenhinweiskarte (z. B. für Rutschungen und Steinschlag) entwickelt, die für die Gemeinden und die Bürger ein Instrumentarium darstellen soll, wie mit Naturgefahren umgegangen werden kann (*Bild 6*, Gefahrenhinweiskarte) (Poschinger & Mayer 2008). Die Gefahrenhinweiskarten werden nun bis 2011 auch auf die übrigen Landkreise des bayerischen Alpengebietes ausgeweitet. Bayerns Umweltminister Dr. Otmar Bernhard hat dies am 19. Juni 2008 in Immenstadt angekündigt. Die bisherigen Ergebnisse sind auf der Internetplattform des LfU im Bodeninformationssystem Bayern (www.bis.bayern.de) dargestellt. Für jedes bekannte Ereignis auf der Internetplattform wird als Punktzuordnung eine Erläuterung online bereitgestellt.

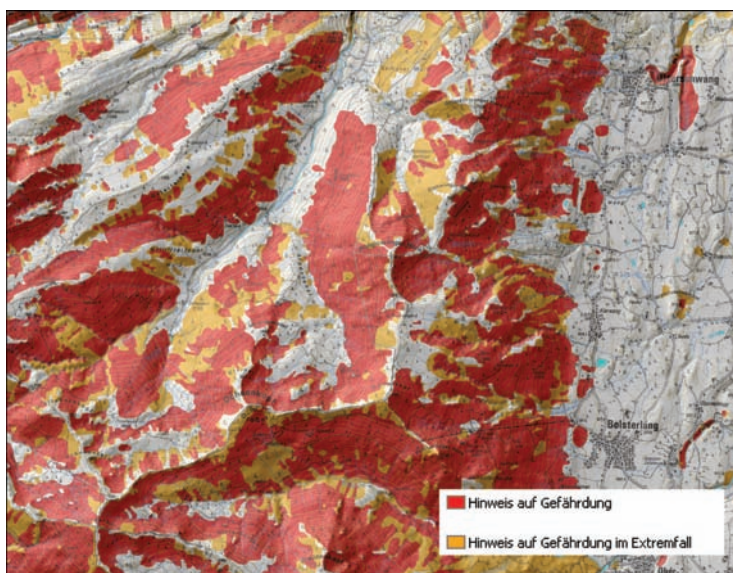


Bild 6: Gefahrenhinweisbereiche für die Prozesse Steinschlag/Felssturz, Hangabrisse und tiefgreifende Rutschungen des LfU. Die roten Bereiche stellen ein Szenario mit einer erheblichen Wahrscheinlichkeit dar, die orangefarbenen Bereiche den Extremfall unter der Annahme von fehlendem Wald und Starkniederschlägen.

Lawinen

Im Gegensatz zu Stürmen, Hagel und Erdbeben konnten für Lawinenereignisse im bayerischen Alpenraum alle aus der Vergangenheit bekannten und für Siedlungen und Infrastruktureinrichtungen gefährlichen Ereignisse erfasst und in ein digitales Lawinenkataster aufgenommen werden. Das Lawinenkataster basiert auf digitalen Ortholuftbildern mit 40 cm Bodenauflösung. Insgesamt sind darin in Bayern 646 Schadenslawinen dokumentiert, wobei die am meisten gefährdeten Bereiche im Oberallgäu liegen. Für den bayerischen Alpenbereich ergeben sich an vereinzelt Gefährdungen durch Lawinen für Siedlungen bzw. auch im Winter ständig bewohnte Gebäude. Darüber hinaus sind im Bereich von Bundes-, Staats-, Kreis- und Gemeindestraßen 230 Gefährdungspunkte durch Lawinen bekannt und in die Überwachung durch örtliche Lawinenkommissionen gestellt. Auch hier gilt: Die exakte Katalogisierung ist Grundlage für eine zukünftige Gefahrenkartenerstellung.



Bild 7: Felssturz in der Weißwand bei Schneizlreuth, Winter 2007/2008

(Foto: WWA Traunstein)

Steinschlag und Rutschungen

Gefährdungen des menschlichen Siedlungsraums und der Infrastruktur im Alpenraum ergeben sich auch durch Steinschlag und Rutschungen (*Bild 7, Weiß-*

wand 2007). Die Ereignisse sind jedoch nur zu einem kleinen Teil bekannt, weil sie entweder kaum wahrgenommen werden oder nur in sehr langen Zeitabständen stattfinden, z. B. bei Fels- oder Bergstürzen. Es braucht daher sowohl eine Kartierung von Bereichen (Felswänden), aus denen sich Steinschlag entwickeln kann, als auch eine Simulation der möglichen Ereignisse. Solch eine Modellierung kann wiederum nur auf der Basis eines DGMs erfolgen, denn für die Auswirkungen des Steinschlags ist eine dreidimensionale Ausbreitungsbahn zu ermitteln. Erste Erfahrungen wurden noch auf der Basis eines photogrammetrisch erstellten DGM in einer Pilotstudie gemacht. Auch hier wird erwartet, dass mit der neuen flächendeckenden Erstellung der DGM 5 für den Alpenraum ein großer Fortschritt für die Modellierung von Steinschlagsszenarios (*Bild 8*: Berg mit Trajektorien) und der Erfassung der steinschlaggefährdeten Bereiche erfolgt.

Das was für Steinschlag im Allgemeinen gilt, betrifft natürlich auch Rutschungen. Auch sie gilt es, digital für eine Gefahrenhinweiskarte und für eine zukünftig geplante Gefahrenkarte zu erfassen. Als Novum wurde vor kurzem ein Forschungsprojekt vorgestellt, bei dem über Radarinterferometrie langsame Hangbewegungen flächig erkannt werden sollen. Die Anwendung dieser Methodik wird vom LfU unterstützt und mit großem Interesse verfolgt.

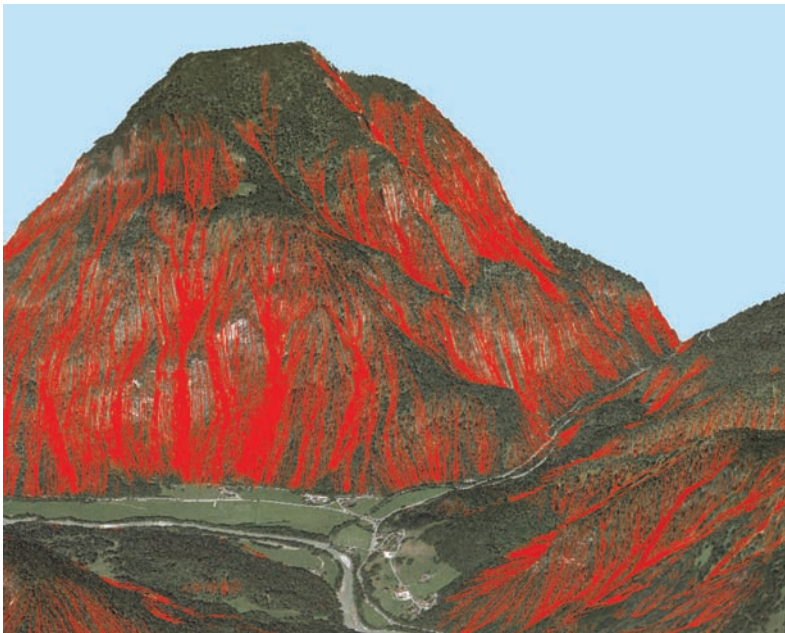


Bild 8: Berg mit Steinschlag-Trajektorien (LfU)

Zusammenfassung

Die Zusammenarbeit im Bereich der Naturgefahrenprävention zwischen den Umwelt-Fachbehörden und dem Landesamt für Vermessung und Geoinformation zeigt, wie sich Dienstleistungen staatlicher Behörden ideal ergänzen und lebenswichtige Leistungen für die Gesellschaft erarbeitet werden. Die angewandte Geoinformation hat dabei vielfältige praktische Anwendungsbereiche für die Gesellschaft sowohl im Bereich der Planungs- als auch Präventionsmaßnahmen. Im Gefährdungs- und Katastrophenfall stellen sie für die Bürgerinnen und Bürger, für die Verwaltung und für die Katastropheneinsatzkräfte eine der wichtigsten Handlungsgrundlagen zur Verfügung. Eine win-win-Situation für alle Beteiligten.

Literatur

Michel, F. (2006): Großflächige numerische 2d-Modellierung auf Basis eines hochauflösenden Laserscanner-Gitters (1 m). Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen Heft 32, S. 517-524.

Oberhauser, R. & Rieger, D. (2005): Neue Wege bei der Ermittlung von Überschwemmungsgebieten. Wasserwirtschaft, S. 52-56.

Poschinger, A. von & Mayer, K. (2008): Gefahrenhinweiskarte für Bayern, ein Instrument zum Umgang mit Gefahren durch Hangbewegungen – Jahrbuch 2007. Verein zum Schutz der Bergwelt e. V., 72, S. 89-94, München.

Rieger, D. (2005): Neue Möglichkeiten zur Verwendung von Laserscanner-Daten für die 2d-Modellierung. DWA-Landesverbandstagung 2005 (26./27.10.05 in Neu-Ulm), S. 208-216.

Rieger, D., Igel, W., Dorsch, J., Fröhlich, H., Hagemeier, M., Wagner, K. (2008): 2d-Modellierung von Überschwemmungsgebieten mit optimierten Eingangsdaten – großflächige Anwendung und Kommunikationsstrategien. INTERPRAEVENT 2008, Vol. 2, S. 383-394.