



ClimOpt

Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren

Interreg IV A Italien-Schweiz 2007-2013

● **Synthesebericht**

AUTONOME
PROVINZ
BOZEN
SÜDTIROL



PROVINCIA
AUTONOMA
DI BOLZANO
ALTO ADIGE



KANTON
GRAUBÜNDEN
AMT FÜR WALD
UND NATURGEFAHREN



Herausgeber: Autonome Provinz Bozen - Südtirol und Kanton Graubünden

Autonome Provinz Bozen - Südtirol

Abteilung Brand- und Zivilschutz, Drususallee 116, 39100 Bozen
brand.zivilschutz@provinz.bz.it, www.provinz.bz.it/zivilschutz
Abteilungsdirektor Hanspeter Staffler

Kanton Graubünden

Amt für Wald und Naturgefahren, Loëstraße 14, CH-7000 Chur
info@awn.gr.ch, www.awn.gr.ch
Bereichsleiter Christian Wilhelm

© 2014

Projektsteuerung

Andreas Zischg (abenis alpinexpert GmbH/abenis AG)
a.zischg@abenis.it, www.abenis.it, www.abenis.ch
Roberto Dinale (Hydrographisches Amt der Autonomen Provinz Bozen)
roberto.dinale@provinz.bz.it, www.provinz.bz.it/hydro

Grafik

sonya-tschager.com

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers gestattet.

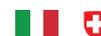


ClimOpt – Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren
Interreg Italien-Schweiz 2007-2013

Autoren:
Andreas Zischg, Roberto Dinale
Januar 2015



Le opportunità non hanno confini.



Inhalt

1	Vorwort	5
2	Einleitung	6
3	Hochwasser	10
3.1	Weiterentwicklung des Hochwasserprognosesystems ARFFS	10
3.2	Evaluation der Einführung von FEWS als Unterstützung der Hochwasserprognose	14
3.3	Berücksichtigung der Bodeneigenschaften in der hydrologischen Modellierung	16
3.4	Identifikation und Abgrenzung der hochwassergefährdeten Gebiete in Graubünden	19
4	Gletscher	21
4.1	Analyse des Murgangereignisses vom 29.07.2005 im Pfossental	21
4.2	Potenzielle Gefahren durch Gletscherseeausbrüche	24
4.3	Eisdickenmessungen	24
5	Schnee	27
5.1	Erarbeitung von Karten des Schneewasseräquivalents in Echtzeit auf Basis von meteorologischen Daten	27
5.2	Erarbeitung von Karten des Schneewasseräquivalents in Echtzeit auf Basis von nivologischen Daten	29
6	Schlussfolgerungen	30
7	Literatur	31
8	ClimOpt – Projektberichte.....	31



1 Vorwort

Nicht zuletzt wegen des Eismannes vom Tisenjoch gehört die Landschaft des zentralen Alpenbogens zu jenen Berggebieten weltweit, die räumlich und zeitlich sehr gut erforscht sind. Der Naturraum Alpen als natürliche und oft auch lästige Barriere zwischen Nord und Süd war bereits Thema in den Schriften römischer Gelehrter und Kriegsherrn.

Aus diesem wilden, rauen und zerklüfteten Gebirge hat der Mensch über Jahrtausende eine fruchtbare, besiedelbare und mancherorts liebliche Kulturlandschaft geformt, die heutzutage als Sinnbild für das Ursprüngliche und das Gesunde angepriesen wird.

So gut wir auch glauben, diese Kulturlandschaft zu kennen, müssen sich Experten eingestehen, systemische Zusammenhänge zwischen Niederschlag, Vegetation, Böden, Geologie und Abflussverhalten der Wildbäche nur unvollständig verstehen zu können.

Es gibt immer wieder Überraschungsmomente – wohl auch wegen des Klimawandels – in denen das System ausschlägt und uns Alpenbewohner überrumpelt, obwohl wir ein Volk sind, welches ein hohes Maß an Sensibilität für Naturgefahren hat.

Der Kanton Graubünden und das Land Südtirol haben sich mit dem Projekt ClimOpt das Ziel gesetzt, den hydrologischen Systemzustand dieser Kulturlandschaft tiefgreifender zu erforschen, um Systemüberlastungen rechtzeitig in Form eines Ampelsystems anzuzeigen und um frühzeitig Warnungen ausgeben zu können.

Mit den heutigen Kommunikationsmitteln sind die Menschen jederzeit und überall erreichbar, daher gibt es bezüglich Naturgefahren eine hohe Erwartungshaltung gegenüber den Behörden. Der Katastrophenschutz ist deshalb extrem gefordert, frühzeitig verlässliche Aussagen über bevorstehende Naturereignisse zu machen und diese auch mitzuteilen.

Mit ClimOpt ist es uns gelungen, diesem Ansinnen einen Schritt näher zu kommen. Aus dem Projekt ist aber auch klar hervorgegangen, dass der eingeschlagene Weg weiterhin zu beschreiten sein wird. Bis zu einem umfassenden Verständnis der komplexen Zusammenhänge *wird noch viel Wasser die Etsch hinunterfließen.**

*Direktor der Abteilung Brand- und Zivilschutz
Hanspeter Staffler*

*Südtiroler Sprichwort



2 Einleitung

Die Naturgefahrenereignisse der letzten Jahre haben einerseits den Erfolg des Naturgefahrenmanagements bei der Verhinderung von Schäden durch die präventiven Maßnahmen aufgezeigt, andererseits aber auch auf erforderliche Maßnahmen zur Optimierung des Risikomanagements hingewiesen. Vor allem im Hinblick auf eine mögliche Verschärfung der Gefahrensituation durch die Auswirkungen des Klimawandels werden das vorbeugende Risikomanagement und Frühwarnsysteme in Zukunft eine noch bedeutendere Rolle spielen als heute. Insbesondere in den Alpen ist in vielen Gebieten mit einer Zunahme von Überschwemmungen, Murgängen, Lawinen, Massenbewegungen und Steinschlägen zu rechnen (PLANALP 2012, Mair et al. 2011, Schoeneich et al. 2011, Kork et al. 2011). Die für den Schutz vor Naturgefahren zuständigen Verwaltungen im Alpenraum sind im Moment daran, das Management von Naturgefahren zu optimieren. Die möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf die Häufigkeit und Intensität von Naturgefahren sind dabei zu berücksichtigen.

Die Abteilung Brand- und Zivilschutz der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol und das Amt für Wald und Naturgefahren des Kantons Graubünden haben zusammen ein grenzüberschreitendes Projekt im Rahmen des Förderprogramms Interreg Italien-Schweiz initiiert, um diese Herausforderungen gemeinsam diskutieren und mögliche Lösungen aufzeigen zu können.

Projektziele

Das Projekt „ClimOpt – Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren“ soll erstens die bestehenden Frühwarnsysteme für Naturgefahren im Hinblick auf eine Beurteilung von klimabedingten Risiken erweitern und zweitens zur Erkennung möglicher klimabedingter Risiken beitragen. Die Ergebnisse des Projekts sollen in die Verbesserung und Erweiterung der bestehenden Frühwarnsysteme einfließen. Das Projekt soll Fallbeispiele und Möglichkeiten aufzeigen, wie die kritischen Aspekte des Klimawandels erkannt werden können.

Projekthalt und Arbeitspakete

Die Aktivitäten zur Umsetzung der Projektziele werden wie folgt gegliedert:

- Arbeitspaket WP1: Frühwarnsystem für klimabedingte kritische Systemkonstellationen bei Hochwasserereignissen;
- Arbeitspaket WP2: Gefahren von Gletscherseeausbrüchen;
- Arbeitspaket WP3: Entscheidungsgrundlagen für den Lawinenwarndienst;
- Arbeitspaket WP4: Strategien für den Schutz der Bevölkerung vor klimabedingten Naturgefahren;
- Arbeitspaket WP5: Projektmanagement und Öffentlichkeitsarbeit.



Arbeitspaket WP1: Frühwarnsystem für klimabedingte kritische Systemkonstellationen bei Hochwasserereignissen

Im Zuge des Klimawandels können nicht nur die Intensitäten von Niederschlagsereignissen zunehmen, sondern es kann auch ein bisher unbeobachtetes Zusammenwirken von mehreren Faktoren zu einer Verschärfung der Hochwassergefahr führen. Verschiedene Szenarien eines Klimawandels prognostizieren für das Hochgebirge eine dynamischere Entwicklung des Wettergeschehens. So ist z.B. in Zukunft zu erwarten, dass im Spätherbst häufiger als heute Warmlufteinbrüche mit Zufuhr von sehr feuchter Luft auf eine vorhergehende Kälteperiode treffen können, die den Boden in allen Höhenschichten bereits gefroren hat. Dieses Zusammentreffen von verschiedenen Witterungen kann zu einer Verhinderung der Wasseraufnahmekapazität des Bodens und zu extremen Ausmaßen eines Hochwasserereignisses führen. Im Frühjahr können rasche Warmlufteinbrüche zu Hochwasserereignissen durch Schneeschmelze führen. Andere Beispiele sind das Eintreffen eines langandauernden Niederschlagsereignisses nach einer vorhergehenden Periode mit vielen Gewittern, die zur vollständigen Sättigung des Bodens geführt hat. Auch in diesem Fall ist ein kritisches Hochwasserereignis zu erwarten. Diese kritischen Systemkonstellationen – das sogenannte Aufeinandertreffen von verschiedenen widrigen Umständen – müssen in Zukunft besser in der Gefahrenbeurteilung berücksichtigt werden. Die Frühwarnsysteme sollen so erweitert werden, dass sie diese kritischen Szenarien erkennen können.

Arbeitspaket WP2: Gefahren von Gletscherseeausbrüchen

Das Zurückschmelzen der Gletscher aufgrund des Klimawandels führt unter bestimmten Umständen zu einer Ansammlung von Schmelzwasser unterhalb des Gletschers, in Hohlräumen innerhalb des Gletschers oder in Seen im Gletschervorfeld. Bei einem hohen Druck in diesen Wasseransammlungen im Gletscher oder bei einem Überlaufen bzw. Bruch des Damms eines Gletschersees kann das Wasser plötzlich austreten und beim Abfließen ins Tal zur Bildung von Murgängen oder Hochwasserwellen führen. Diese Prozesse sind nicht vorhersehbar, da sie auch während Schönwetterperioden auftreten können. Hochwasserwellen und Murgänge aus Gletscherseen und aus intraglazialen Wasseransammlungen sind daher für Personen auf Wanderwegen sehr gefährlich. Im Rahmen dieses Arbeitspakets wurden potenzielle Gefahrenbereiche, die aus Gletscherseeausbrüchen resultieren, erhoben und abgegrenzt. Außerdem wurde ein solches Ereignis dokumentiert und analysiert.



Arbeitspaket WP3: Entscheidungsgrundlagen für den Lawinenwarndienst

Die Rolle des Schnees wird unter zukünftigen Klimabedingungen noch wichtiger werden. Einerseits stellt der Schnee jahreszeitlich eine wichtige Wasserressource dar, andererseits können Schneefälle als Folgen des Klimawandels intensiver werden. Dem hydrografischen Dienst und dem Lawinenwarndienst kommt deshalb auch in Zukunft eine große Bedeutung zu. Um dieser Aufgabe gerecht zu werden, ist eine Verbesserung der Informationssysteme zur Beurteilung der Schneedecke und des in der Schneedecke gespeicherten Wassers notwendig. Das Arbeitspaket soll die Entscheidungsgrundlagen für die Beurteilung der Schneedecke und die Berechnung des Schneewasseräquivalents ausbauen und verbessern.

Arbeitspaket WP4: Strategien für den Schutz der Bevölkerung vor klimabedingten Naturgefahren

Der Klimawandel wirkt sich auf die unterschiedlichen Naturgefahren unterschiedlich aus. Während die Auswirkungen des Klimawandels auf Hochwasserereignisse direkte Folgen für die Wirtschaftstätigkeit auf großen Flächen haben können, sind andere klimabedingte Naturgefahren nur lokal von Bedeutung, vor allem in den höher gelegenen Alpentälern. In diesen Fällen können sie aber sehr bedeutend für die wirtschaftliche und touristische Entwicklung des Gebiets sein. In diesem Arbeitspaket soll aufgezeigt werden, in welchen Regionen die Folgen des Klimawandels auf Hochwasser, Gletscherseeausbrüche und Lawinen eine Folge für Mensch und Wirtschaft haben können. Die Identifikation dieser Regionen soll die Formulierung von Anpassungsstrategien erleichtern und den möglichen Beitrag des Zivilschutzes zur Anpassung an den Klimawandel aufzeigen.

Arbeitspaket WP5: Projektmanagement und Öffentlichkeitsarbeit

Die Umsetzung eines innovativen und komplexen Projektes muss durch ein professionelles Projektmanagement unterstützt werden. Eine hohe Sichtbarkeit des Projektes in der Öffentlichkeit erhöht die Sensibilität der Bevölkerung für verschiedene Aspekte des Naturgefahrenmanagements und für die Vorbereitung auf den Ereignisfall. Ziel dieses Arbeitspaketes war die Unterstützung der Projektabwicklung durch professionelles Projektmanagement und die Erhöhung der Sichtbarkeit des Projektes durch Öffentlichkeitsarbeit.



Projektumsetzung

Die Projektaktivitäten wurden von beiden Partnern durchgeführt, wobei jeweils speziell auf die vorhandenen administrativen und praktischen Rahmenbedingungen Rücksicht genommen wurde. Die im Projektantrag beschriebenen Arbeitspakete und Aktivitäten wurden je nach vorhandenen Vorarbeiten und unterschiedlichem regionalem Schwerpunkt verfolgt. In Südtirol wurde der Schwerpunkt hauptsächlich auf die Verbesserung des Hochwasserprognosemodells und auf die Erkennung von potenziellen Gletschergefahren gelegt, in Graubünden wurde der Schwerpunkt auf die Verbesserung der Informationsgrundlagen zur Erkennung von hochwassergefährdeten Bereichen gelegt.

Synthese

Der vorliegende Synthesebericht beschreibt zusammenfassend alle Aktivitäten, die im Rahmen des Projekts „ClimOpt – Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren“ durchgeführt wurden. Für interessierte Leser wird in den einzelnen Kapiteln auf die originalen technischen Berichte der Teilprojekte verwiesen.



3 Hochwasser

Im Rahmen des Projektes „ClimOpt“ wurde in mehreren Teilprojekten versucht, Methoden zur Verbesserung der Hochwasserbeurteilung zu evaluieren, entwickeln oder umzusetzen. Grundsätzlich wurden beide Zeitskalen berücksichtigt, sowohl die dynamische, sich über die Zeit ändernde Disposition von Hochwasser und die Frühwarnung vor Hochwassern als auch die statische Beurteilung wie die Abgrenzung der potenziell überfluteten Geländebereiche. In den beiden Partnerregionen Südtirol und Graubünden waren zum Start des Projektes unterschiedliche Voraussetzungen gegeben. In Südtirol ist die Hochwasserabflussvorhersage auf regionaler Ebene geregelt, während in Graubünden die Abflussvorhersage auf Bundesebene durchgeführt wird. In Südtirol wurde im Rahmen des früheren Interreg Italien-Schweiz Projektes „IRKIS“ eine Gefahrenhinweiskarte für Hochwassergefahren erarbeitet, in Graubünden fehlte diese Informationsgrundlage bisher. Deshalb wurde in Südtirol versucht, das bestehende Hydrologische Modell ARFFS (Adige River Flood Forecast System), das auch für die Hochwasserprognose verwendet wird, weiterzuentwickeln und zu optimieren und in Graubünden wurde der Schwerpunkt auf die Abgrenzung der potenziellen Überflutungsbereiche gelegt.

3.1 Weiterentwicklung des Hochwasserprognosesystems ARFFS

Das Landeswarnzentrum der Autonomen Provinz Bozen bedient sich zahlreicher Informations- und Prognoseinstrumente zur Unterstützung der Entscheidungen im Hinblick auf Warnung und Zivilschutz. Was die Wassergefahren betrifft, bildet das vom Hydrografischen Amt verwaltete Hochwasserprognosemodell ARFFS hierfür die wichtigste Grundlage. Das Modell ist modular aufgebaut und kann daher problemlos laufend erweitert und verbessert werden, was v.a. aufgrund der zunehmenden Kenntnis der hydrologischen Gegebenheiten in Südtirol und der wechselnden Bedürfnisse und Kompetenzen der für Entscheidungen in diesem Rahmen zuständigen Stellen von Bedeutung ist. Insbesondere konzentriert sich die Aufmerksamkeit innerhalb des Projekts CLIMOPT auf das Studium des Klimawandels und auf die Analyse dessen Auswirkungen im Hinblick auf Art und Intensität der Naturphänomene. Demzufolge wurde auch das System ARFFS ausgefeilt und angepasst, wobei insbesondere die drei in den nachstehenden Abschnitten beschriebenen Tasks entwickelt wurden.

3.1.1 Bodenfeuchtigkeit

Die Bedingungen, die in Südtirol zur Auslösung von Murgängen, oberflächlichen Erdbeben und Sturzfluten (flash flood) führen können, wurden anhand des von der Abteilung Wasser-



schutzbauten der Autonomen Provinz Bozen verwalteten Ereigniskatasters ED30 und anhand der mittels Niederschlagsmessern und Radarstationen des Hydrographischen Amtes der Autonomen Provinz Bozen ermittelten Daten untersucht. Dadurch wollte man abwägen, ob der Aufbau eines Warnsystems für nicht instrumentell überwachte Gewässer machbar ist (Norbiato et al. 2009). In einer ersten Phase war es möglich, auf regionaler Ebene eine Beziehung zwischen den Schwellenwerten der Intensität und Dauer des Regens und dem Auftreten der o.g. lokalisierten Zerrüttungserscheinungen herzustellen. Bei Verwendung der Daten der Niederschlagsmesser weist diese Beziehung jedoch eine ausgeprägte Ungewissheit auf, die sich aus der Kausalität der Distanz der Wetterstationen zum Ereignis das untersucht wird, ergibt. Eine mögliche Lösung für dieses Problem, das einerseits sehr niedrige Schwellenwerte und andererseits eine hohe Zahl falscher Alarme mit sich bringen würde, besteht in der Ermittlung der Niederschläge anhand eines Radarfernerkundungssystems. Diese Umstellung gestattet eine sehr viel realistischere Bewertung der Niederschlagsschwellenwerte. In diesem Fall ist das Ergebnis jedoch vom Verarbeitungsgrad der vom Radarsystem gemessenen Rohdaten abhängig. Insbesondere im Rahmen der Schätzung von Niederschlägen mit steigender Komplexität ergeben sich immer höhere Schwellenwerte, die sich tendenziell den am Boden gemessenen Werten annähern. Schon in „Borga et al. (2006)“ wurde im Übrigen hervorgehoben, dass die Schätzungsfehler der Radardaten bedeutende Auswirkungen auf die Ungewissheit der Hochwasserprognosen haben.

„Norbiato et al. (2007)“ weisen endlich nach, dass die Schwellenwerte für Intensität und Dauer von Regenfällen wahrscheinlich auch von den räumlich/zeitlichen Dynamiken der Feuchtigkeit in den von den Erscheinungen betroffenen Böden abhängig sind. Um diese Annahme näher zu untersuchen, wurden die Informationen über das Sättigungsdefizit der Gelände aus ARFFS übernommen und daraus zwei Schwellenwerte errechnet, laut deren es bei einem Wassergehalt von weniger als θ_{MIN} äußerst selten ist, dass Murgänge auftreten, während das Auftreten von Murgängen bei Werten über θ_{MAX} sehr wahrscheinlich ist.

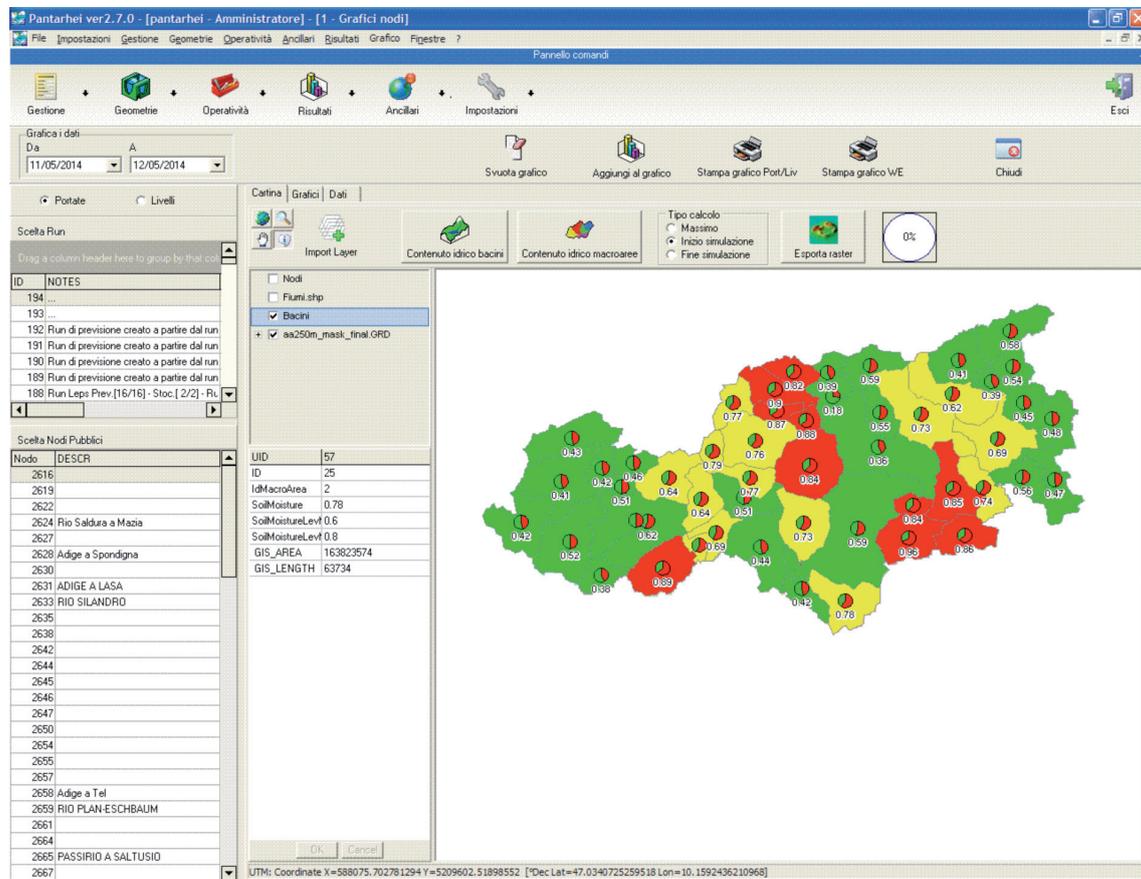


Abbildung 1: Ampeldarstellung des Sättigungsdefizits bei Auflösung der topologischen Teileinzugsgebiete des ARFFS. Quelle: Hydrographisches Amt der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol.

Die Informationen über die verschiedenen Sättigungsdefizitklassen, denen die verschiedenen Einzugsgebiet angehören und auf denen die Topologie des Systems ARFFS beruht, werden an das Radar-Warnsystem für Gewitter und starke Niederschläge übermittelt und von diesem berücksichtigt, wobei auf dynamische, vom Anfangszustand des Systems abhängige Niederschlagsschwellenwerte Bezug genommen wird.

3.1.2 Gletscherhydrologie

Das in den letzten Jahrzehnten beobachtete, progressive Zurückschmelzen der Gletscher bedingt einen Beitrag derselben zur Wasserbilanz, der sich von der Vergangenheit unterscheidet, vorwiegend aufgrund des zu erkennenden Schwindens ihrer Masse. Dazu muss noch hinzuge-rechnet werden, dass durch den globalen Anstieg der Temperaturen auch die Schneefallgrenze meist höher liegt, die bei intensiven Schneefällen häufig für das Auftreten kritischer Ereignisse ausschlaggebend ist.



Aus diesen Gründen wurde beschlossen, das System ARFFS durch ein Modul zur Überwachung des Zuwachses und des Schmelzens der Gletscher zu ergänzen, das als Erweiterung des bereits vorhandenen Moduls für Schneehöhen- und Schneeschmelzmoduls konzipiert wurde (Cazorzi et al. 1996). Die wichtigsten, neu in das System integrierten Funktionen sind a) Simulation der Schnee- und Gletscherschmelze bei Regen auf Schnee oder Eis, b) Berücksichtigung eines Albedo-Werts, der von einem Höchstwert bei Neuschnee bis zu einem Mindestwert bei Altschnee reicht, wobei die Entwicklung zwischen den beiden asymptotischen Werten von den seit dem letzten Schneefall gemessenen Temperaturen abhängig ist, und c) Einführung verschiedener Sickergeschwindigkeiten des Schmelzwassers durch die Schneedecke und das Abflussnetz der Gletscher berücksichtigt werden.

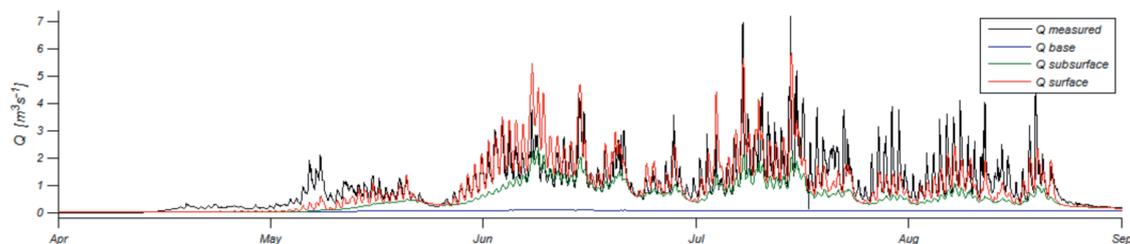


Abbildung 2: Gemessene und simulierte Wassermengen in einem experimentellen Einzugsgebiet, das zur Kalibrierung des neuen Algorithmus herangezogen wurde. Quelle: ClimOpt Report, Borga et al. (2014).

3.1.3 Wasserkraftanlagen

In den letzten Jahren haben die Autonome Provinz Bozen und die Betreiber der in Südtirol vorhandenen, großen Wasserkraftanlagen im gemeinsamen Interesse an einer besseren Kenntnis der hydrologischen Gegebenheiten in Südtirol und einer höheren Sicherheit im Fall von natürlich oder künstlich erzeugtem Hochwasser (Valentini et al. 1988) ein ehrgeiziges Datenaustausch-Projekt ins Leben gerufen. Angesichts der nicht zu vernachlässigenden Rolle, die die saisonalen Wasserspeicher in Bezug auf die Wassermenge in den Wasserläufen spielen, an denen sie sich befinden, wurden die jeweils bedienten Wasserkraftanlagen in die Topologie des Hochwassermodells einbezogen und werden somit vom System ARFFS mit berücksichtigt. Insbesondere wurden in das System die Stauseen/Wasserkraftanlagen von Reschen/Glurns, Zufritt/Laas, Zoggler/St. Pankraz, Neves/Mühlwald, Vernagt/Naturns und Welsberg/Bruneck aufgenommen, während der Stausee Franzensfeste/Mühlbach/Brixen einfach als Kontrollsektion betrachtet wird.

Je nach Funktionsweise des Systems ARFFS (Hochwasserprognose, normale Simulation) und Verfügbarkeit der Betriebsdaten der Wasserkraftanlagen (verfügbare/fehlende Daten) nimmt das System unterschiedliche Betriebszustände an. So kann es als neutral betrachtet werden (Input= Output), die Zeitreihen der abgelassenen und abgearbeitete Wassermengen und des



Wasserstands der Seen nutzen, oder letztere unter Anwendung der Speichergleichung berechnen, sofern die, simulierten, von dem durch die Speicher abgeleiteten Durchsatzmengen bekannt sind, sowie unter Berücksichtigung der Betriebszenarien der vorgegebenen Anlagen.

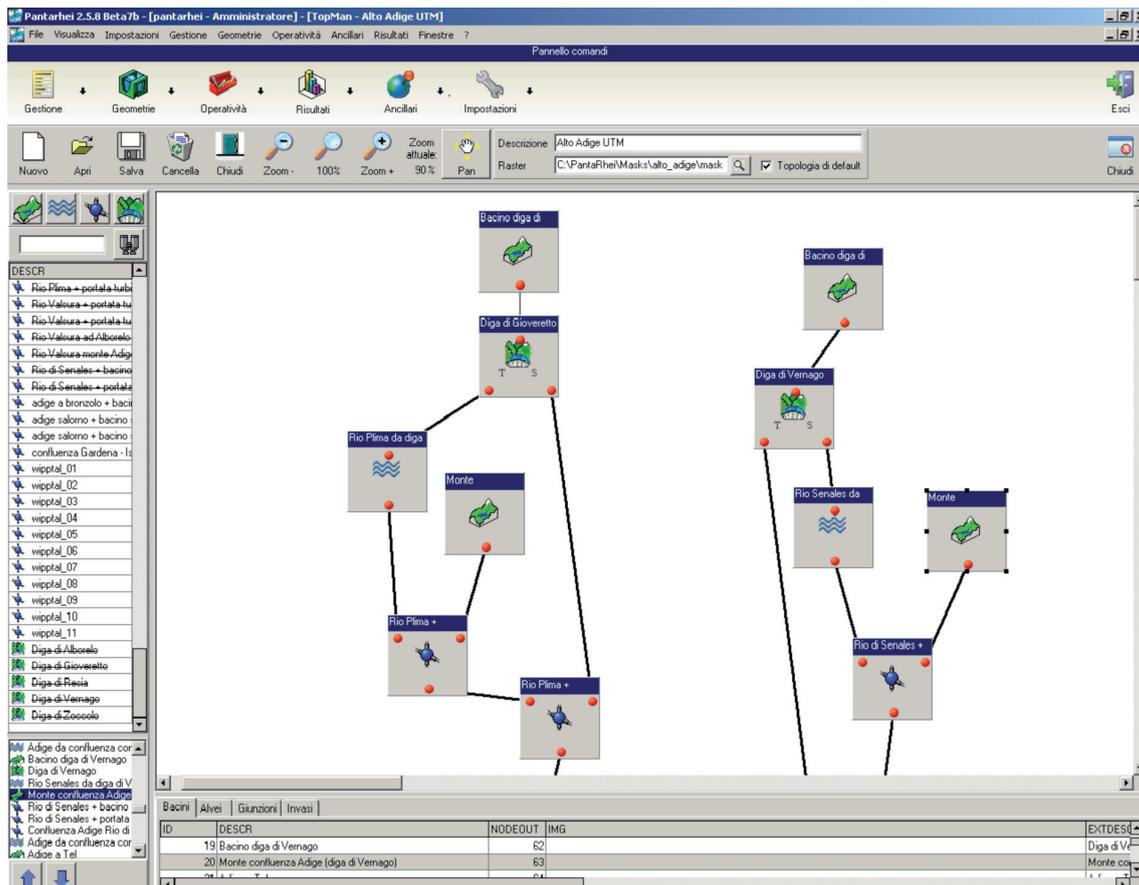


Abbildung 3: Topologisches Schema des Martelltals und des Schnalstals mit den Stauseen Zufritt und Vernagt. Quelle: Hydrographisches Amt der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol.

Detailliertere Information enthält der folgende Projektbericht:

Borga, M., Nikolopoulos, E., Zocatelli, D. and Marra, F., 2014: Extension of Adige River Flood Forecasting System for debris flow forecasting, simulation of glacial hydrology and artificial reservoir storage accounting, ClimOpt Report.

3.2 Evaluation der Einführung von FEWS als Unterstützung der Hochwasserprognose

Bei der Weiterentwicklung des Abflussprognose systems ARFFS wurde diskutiert, ob man das Simulationsmodell nicht in ein umfassendes Werkzeug für die Frühwarnung einbinden soll. Aus diesem Grund wurde eine Machbarkeitsstudie erstellt, die die Einführung des Softwaresystems Delft-FEWS in der Südtiroler Landesverwaltung und vor allem die Schnittstellen

mit dem Abflussprognosesystem ARFFS prüfen soll. Die Software-Plattform Delft-FEWS stellt eine umfassende Sammlung an Software-Modulen für das operationelle Wasserressourcen-Management dar (Werner et al. 2013). Das Softwaresystem stellt Werkzeuge für die Verwaltung, Aufbereitung und Visualisierung von Echtzeit-Daten und Daten aus Simulationsmodellen zur Verfügung. Es ist modular aufgebaut und kann an individuelle Benutzeranforderungen angepasst werden. Ein Schwerpunkt ist die Aufbereitung von Messdaten für die Bedienung von Simulationsergebnissen und die Aufbereitung der Ergebnisse von Simulationen für die Visualisierung und Frühwarnung. Die Software ist frei erhältlich und wird in vielen hydrographischen Ämtern auf der ganzen Welt eingesetzt, so z.B. auch in der Schweiz und in Italien.

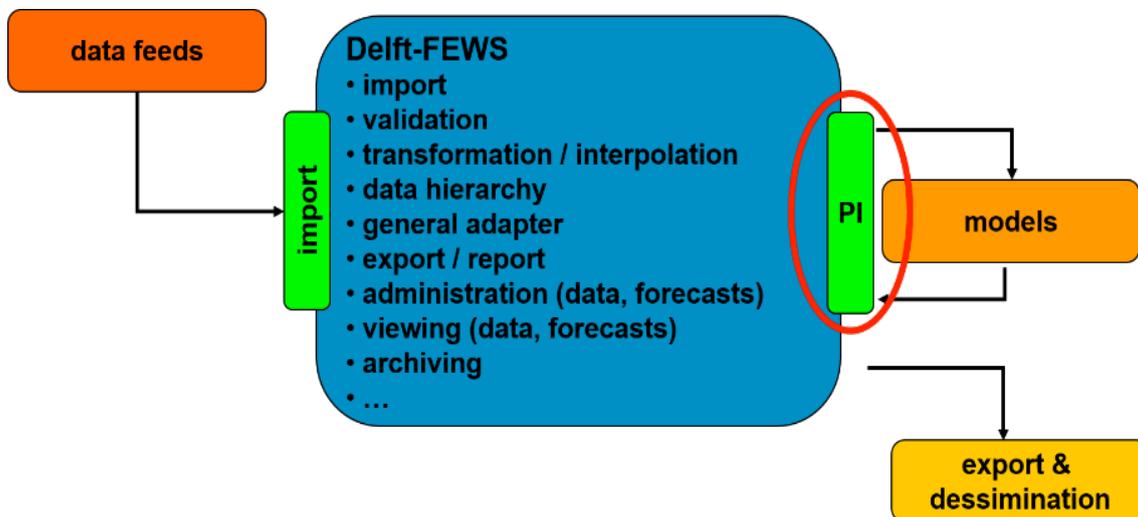


Abbildung 4: Konzeptionelles Design des Software-Systems Delft-FEWS. Quelle: ClimOpt Report, Reggiani (2013).

Die Machbarkeitsstudie hat gezeigt, dass die Einbindung von FEWS in die IT-Rahmenbedingungen des Hydrographischen Amtes prinzipiell möglich wäre, aber von den Anbietern der bestehenden Software, v.a. des Hochwasserprognosesystems ARFFS Anpassungen erfolgen müssten.

Eine Einführung der Software-Plattform Delft-FEWS in der Südtiroler Landesverwaltung hätte die folgenden Vorteile: Mit Delft-FEWS würde eine Plattform für alle Frühwarnsysteme des Landeswarnzentrums geschaffen. Die Flexibilität für die zukünftige Einbindung von weiteren Modellen und Monitoring-Systemen würde erheblich erweitert. Es könnten z.B. auch Niedrigwasser-Vorhersagen, Grundwasser-Modellierungen, Wasserqualitäts-Applikationen oder Steuerungen von Stauwerken eingebunden werden. Delft-FEWS erlaubt die Verknüpfung von mehreren Datenbanksystemen wie ORACLE, Microsoft, WISKY und opensource Systemen (PostgreSQL). Delft-FEWS ist Plattformunabhängig. Dies erleichtert die Verknüpfung von verschiedenen Systemen. Die offene Architektur der Plattform ermöglicht sowohl die Anbindung neuer Entwicklungen als auch den Erhalt bestehender Investitionen in der Fortführung der bewährten Instrumente. Delft-FEWS erleichtert die operationelle Umsetzung von Ensemble-



Prognosen, d.h. die Verarbeitung von mehreren Modellen. Die Software stellt umfassende Werkzeuge für die systematische Archivierung von Daten und Modellresultaten und für die Visualisierung der Frühwarnung zur Verfügung. Deltares hat eine umfangreiche Erfahrung in der Anwendung FEWS und in der Schulung von FEWS-Nutzern. Deshalb ist der Support sehr umfangreich. Außerdem gibt es ein weltweites Netzwerk mit FEWS-Nutzern.

Eine Einführung von FEWS in die bestehenden IT-Rahmenbedingungen des Hydrographischen Amtes hätte eine Anpassung von ARFFS durch dessen Entwickler als Voraussetzung. Das eng mit einer Datenbank gekoppelte Modell müsste umstrukturiert werden, da Input- und Output-Daten in Dateien anstatt in die Datenbank PantaRhei geschrieben werden müssten. Dies hätte die Auflassung der PantaRhei-Datenbank und der graphischen Benutzeroberfläche von ARFFS zur Folge. Die Kosten für die Einführung und für den laufenden Support würden die aktuellen Kosten wahrscheinlich erheblich übersteigen. Eine Entscheidung für die Einführung von Delft-FEWS ist noch nicht getroffen, die Machbarkeitsstudie stellt aber eine wichtige Entscheidungsgrundlage dar.

Detailliertere Information enthält der folgende Projektbericht:

Reggiani, P., 2013: Feasibility FEWS Suedtirol – Analysis of a migration from ARFFS to Delft FEWS. ClimOpt Report.

3.3 Berücksichtigung der Bodeneigenschaften in der hydrologischen Modellierung

Die wichtigste Grundlage für die Erkennung der Geländebereiche, die im Zuge des Klimawandels von häufigeren oder intensiveren Hochwasserereignissen betroffen sein werden, ist neben den klimatischen Eigenschaften das Wissen über die hydrologischen Eigenschaften der Böden. Die Böden sind räumlich sehr ungleich verteilt und sehr variabel. Die Kenntnisse über die räumliche Verteilung der Wasserspeicherfähigkeit und Infiltrationskapazität der Böden ist die Voraussetzung, um die Gebiete zu erkennen, die sensitiv auf eine Erhöhung der Niederschlagsintensität reagieren. Deshalb versuchte die Autonome Provinz Bozen bereits in mehreren Pilotprojekten zu eruieren, wie die Bodeneigenschaften kostengünstig und zeitsparend für große Flächen erhoben und kartiert werden können. Im Interreg Italien-Schweiz Projekt „IRKIS – Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem“ wurde mittels eines automatisierten Verfahrens aufbauend auf die bestehenden Informationsgrundlagen und ohne Feldbegehungen eine Bodenkarte für den Vinschgau erstellt (Busetto 2011). Im Rahmen des Projekts „ClimOpt“ stellte sich die Frage, ob diese Methode auch auf andere Gebiete übertragen werden kann oder ob eine weitere – detailliertere – Methode zur Erarbeitung von Bodenkarten evaluiert werden soll. Diese Fragestellung wurde in zwei Schritten beantwortet. In einem ersten Schritt wurde die bestehende Bodenkarte des Vinschgaus anhand von Bodenproben evaluiert. In einem zweiten Schritt wurde eine weitere Methode getestet.



3.3.1 Evaluation der Bodenkarte des Vinschgaus

Im Rahmen eines Teilprojektes wurde an 106 Standorten, die aufgrund von verschiedenen Kriterien wie Topographie, Geologie, Bodenvernässung und Erreichbarkeit ausgewählt wurden, Bodenproben genommen. Es wurden vor allem die folgenden Bodenparameter validiert: a) der Bodentyp, b) die Bodenmächtigkeit, c) die Körnung und d) der Skelettgehalt. Bei der Validierung der erwähnten Parameter werden die Ergebnisse der Bodenkarte mit den im Feld erhobenen Ergebnissen verglichen. Die Bodenkarte des Vinschgaus gibt einen sehr guten Überblick über die regionale Variabilität der Böden. Im Detail zeigt sich aber, dass die automatisiert hergeleitete Bodenkarte vernässte Böden wie z.B. bei Austrittsstellen von Grund- oder Hangwasser, an Quellstandorten oder entlang von Bächen zu wenig berücksichtigt. In den Hängen und Seitentälern des Vinschgaus kommen viele Ranker und Podsole vor, Braunerden treten überraschend selten auf. Die Gewichtung der Höhenstufen im automatisierten Verfahren wird als zu groß betrachtet. An über fast 70% der Flächen wurden die Bodenmächtigkeiten um ein bis drei Klassen unterschätzt. Würde auf Basis dieser Bodenkarte eine Abflussprozesskarte erstellt, dann würde die Abflussbereitschaft von vielen Gebieten stark überschätzt werden. Der Vergleich der modellierten Körnung mit den in den Bodenproben erhobenen Körnungswerten zeigt, dass an vielen Orten die Werte nicht gut übereinstimmen. Der Vergleich Bodenkarte und Feldbeobachtungen bezüglich Skelettgehalten zeigt, dass die Bodenkarte die Skelettgehalte nicht realistisch herleitet. Der Grund dafür ist, dass die verwendete geologische Karte die Ausdehnung der quartären Deckschichten zu wenig exakt wiedergibt. Diese quartären und rezenten Deckschichten sind im Untersuchungsgebiet hingegen sehr verbreitet. Es wurde deshalb entschieden, im Rahmen des Projektes „ClimOpt“ eine weitere Methode zur Erarbeitung von Bodenkarten zu evaluieren, bevor eine Ausweitung der Methode auf weitere Gebiete erfolgt.

Detailliertere Information enthält der folgende Projektbericht:

Margreth, M. und Scherrer, S., 2013: Evaluation und Validierung der mit einem halbautomatischen Verfahren erstellten Bodenkarte für das Pilotgebiet Vinschgau (Busetto, 2012) mittels Feldaufnahmen. ClimOpt Report.

3.3.2 Erarbeitung einer Bodenkarte in den Einzugsgebieten des Jaufentalerbaches und Ratschingerbaches (Südtirol)

Im Rahmen des Interreg Italien-Schweiz Projektes „IRKIS – Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem“ wurde ein Konzept zur Erarbeitung eines Klassifizierungssystems der variablen Disposition von alpinen Einzugsgebieten für Hochwasserabfluss entwickelt. Dieses Konzept berücksichtigt im Moment die Bodeneigenschaften und Abflussprozesse in zu geringem Ausmaß. Aus diesem Grund wurde im Rahmen von ClimOpt versucht, eine Machbarkeitsstudie zur Einbindung von Abflussprozesskarten in das Konzept der variablen Disposition durchzuführen. Dafür wurden in den Einzugsgebieten des Jaufentalerbaches und des Ratschingerbaches Abfluss-

prozesskarten erstellt und darauf basierend Niederschlags-Abfluss-Simulationen durchgeführt. Abflussprozesskarten zeigen auf, wie der Boden bei Regenereignissen reagiert, wieviel vom Niederschlag gespeichert wird und welcher Teil oberflächlich abfließt. Auf Basis von vielen Bodenproben wurden Abflussprozesskarten nach dem Verfahren von Scherrer (2006) und nach Markart et al. (2004) erstellt. Die Niederschlags-Abfluss-Simulation wurde mit ZEMOKOST (Markart et al. 2004) durchgeführt.

Mit der Untersuchung der Bodentypen und Abflussreaktionen konnte die unterschiedliche Reaktionsweise der beiden Einzugsgebiete auf ähnliche Niederschlagsereignisse erklärt werden. Im Einzugsgebiet des Ratschingserbaches kommt sowohl bei kurzen, intensiven als auch bei lange anhaltenden extensiven Niederschlägen mehr Niederschlagswasser rascher zum Abfluss, als im Einzugsgebiet des Jaufentalerbaches. Die Anwendung sowohl der Erhebungsmethode nach Scherrer (2006) zur Identifikation hochwasserrelevanter Flächen und jene nach Markart et al. (2004) zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationsformen hat gezeigt, dass letztere aufgrund der Datenlage in Südtirol (fehlende Bodenkarten und geologische Karten im Detailmaßstab) und der Fokussierung auf den zentralalpinen Bereich besser geeignet ist, um große Flächen effizient kartieren zu können. Die Studie zeigt auch, dass das Niederschlag-Abfluss-Modell ZEMOKOST qualitativ plausible Resultate liefert.

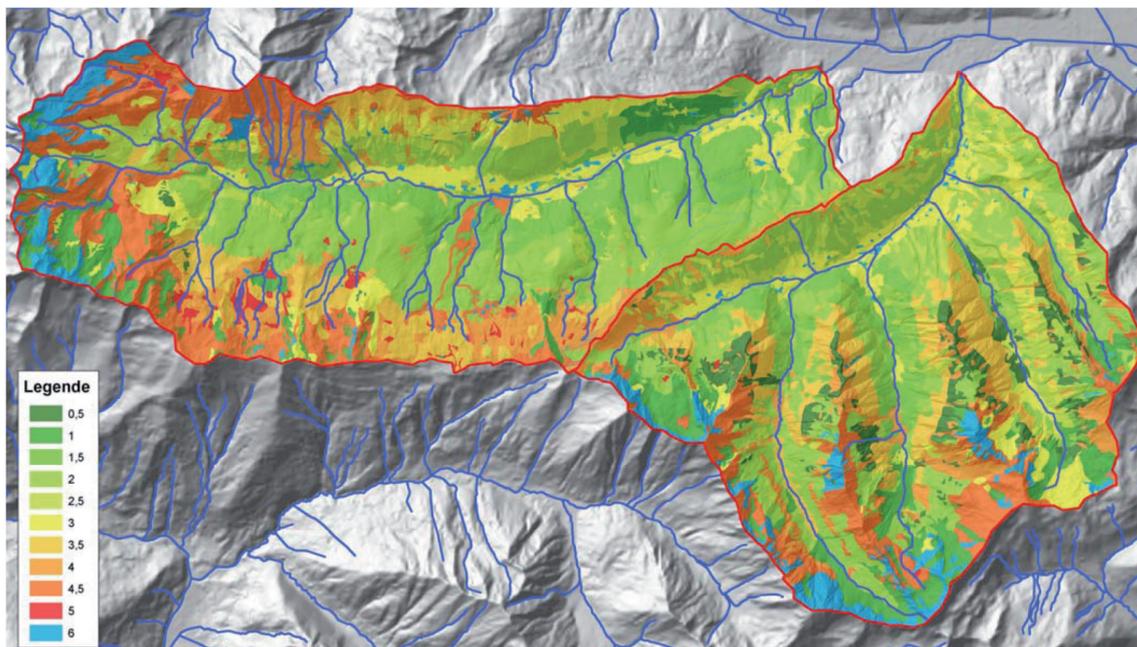


Abbildung 5: Abflussbeiwertklassen nach Markart et al. (2004) im Jaufental und Ratschings. Quelle: ClimOpt Report, Eschgfäller et al. (2014).

Detailliertere Information enthält der folgende Projektbericht:

Eschgfäller, M. und Scherer, C., 2014: Einbindung von Abflussprozesskarten in das Konzept der variablen Disposition

Machbarkeitsstudie in den Pilotgebieten des Ratschingser- und Jaufentalerbaches. ClimOpt Report.



3.4 Identifikation und Abgrenzung der hochwassergefährdeten Gebiete in Graubünden

In Graubünden werden detaillierte Gefahrenkarten nur in schadenpotenzialrelevanten Bereichen erarbeitet. In unbesiedelten Gebieten und in den Talböden zwischen den Siedlungen fehlte bislang eine Übersicht über die hochwassergefährdeten Gebiete. Dies ist v.a. bei der Beurteilung von Baugesuchen außerhalb der Bauzone, bei Umzonungen, bei der Planung von Infrastruktur und z.T. bei der Bewältigung von Unwettern ein Manko. Eine Möglichkeit für eine kosteneffiziente und flächendeckende Abgrenzung der potenziellen Überflutungsbereiche ist die Erarbeitung einer Gefahrenhinweiskarte Überflutung. Die Methode basiert auf flächendeckenden Simulationen der Hochwasserprozesse. Sie berücksichtigt mehrere mögliche Szenarien und alle Schwachstellen im Gerinnesystem und bildet somit sehr viele möglichen Konstellationen ab. In einem Pilotprojekt in der Region Prättigau-Landschaft Davos wurde die Methode angewandt und evaluiert.

Eine Gefahrenhinweiskarte Überflutung ist eine Übersichtskarte der Überflutungsgefährdung im Maßstab 1:25'000. Die auf der Karte dargestellten Überflutungsflächen bilden die Umhüllende aller möglichen seltenen Überflutungsereignisse. Hochwasserschutzbauten werden nur berücksichtigt, wenn sie im digitalen Höhenmodell abgebildet sind. Im Gegensatz zu den detaillierten Gefahrenkarten gibt die Gefahrenhinweiskarte keine Informationen zur Beziehung zwischen Eintrittswahrscheinlichkeit der gewählten Szenarien und Intensität. Angaben über erwartete Fließtiefen sind möglich. Die Fließtiefen werden in drei Klassen unterteilt (kleiner 0.5 m, 0.5 – 2 m und grösser 2 m). Die Ausarbeitung der Gefahrenhinweiskarte Überflutung basierte auf vier Schritten: die Aufbereitung des Höhenmodells, die Definition der Schwachstellen, die Überflutungssimulation und die Datennachbearbeitung. Das digitale Höhenmodell wurde im Bereich der Talflüsse mit den vorhandenen vermessenen Querprofilen verbessert. Die Definition der Schwachstellen erfolgte nach zwei verschiedenen Ansätzen. Für größere Gewässer wurden die Schwachstellen mittels Vergleich der Wasserspiegellage und der Höhe der seitlichen Dämme ermittelt. An den übrigen Gewässern werden die Schwachstellen durch Nutzung weiterer Informationsgrundlagen wie Straßennetz und digitales Landschaftsmodell ausgeschieden. Es wurde zwischen „Brücken und Durchlässe“, „Eindolungen“ und „reliefbedingte Ausbruchstellen“ unterschieden. Sämtliche Schwachstellen wurden vom Amt für Wald und Naturgefahren Graubünden (AWN) plausibilisiert. Der Spitzenabfluss wurde nach dem Ansatz von Kürsteiner (Bundesamt für Wasser und Geologie, 2003), welcher den Abfluss aus einem Einzugsgebiet über dessen Größe und einen Parameter berechnet. Aus dem Spitzenabfluss und der berechneten Ereignisdauer wird für jede Schwachstelle die Ganglinie der Ausbruchwassermenge abgeschätzt. Für jede Schwachstelle wurde das Ausbruchsvolumen berechnet. In der Nachbearbeitung werden die Simulationsresultate zusammengeführt und generalisiert, die Überflutungstiefen klassiert und die verschiedenen Überflutungsflächen zu einer Karte aggregiert.

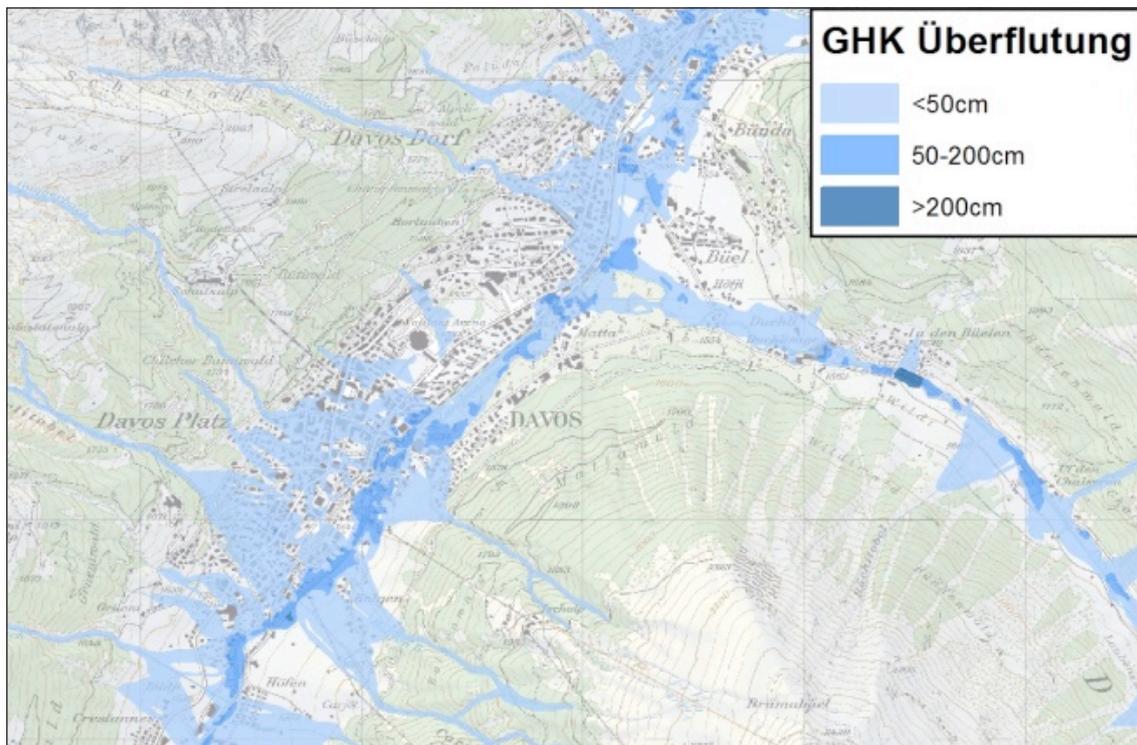


Abbildung 6: Ausschnitt aus der Gefahrenhinweiskarte Überflutung mit drei Klassen der Überflutungstiefe im Bereich von Davos. Quelle: ClimOpt Report, Mani et al. (2014), Hintergrund: Landeskarte 1:25'000 Bundesamt für Landestopografie, swisstopo.

Die Erfahrungen aus dem Pilotprojekt zeigen, dass die bestehenden Grundlagendaten geeignet sind, um die Überflutungsflächen in einem für eine Gefahrenhinweiskarte hohen Detaillierungsgrad auszuscheiden. Die Karte liefert wertvolle Grundlagen für das Hochwassermanagement. Mit dem Konzept, jede Überflutungsfläche einer Schwachstelle zuzuweisen und separat abzuspeichern, bietet die Gefahrenhinweiskarte Überflutung vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, ohne dass spezifische Neu-Simulationen durchgeführt werden müssen. In Gebieten ausserhalb des Gefahrenkartenperimeters (Erfassungsbereiche) gibt die Karte einen detaillierten Hinweis auf eine potenzielle Überschwemmungsgefahr. Somit erleichtert sie die Beurteilung von Baugesuchen außerhalb des Siedlungsgebietes. Bei der Bewältigung von großflächigen und länger dauernden Unwettern kann die Karte wichtige Hinweise zur Erreichbarkeit von Schadensgebieten oder zur Gefährdung von noch nicht betroffenen Gebieten liefern. Die Gefahrenhinweiskarte Überflutung kann als Grundlage für die Definition des Überlastfalles bei Wasserbauprojekten dienen und bietet eine Grundlage für großräumige Risikoabschätzungen und Hotspot-Analysen.

Detailliertere Information enthält der folgende Projektbericht:

Mani, P., Kipfer, A. und Böhringer, D., 2014: Gefahrenhinweiskarte Überflutung: Pilotgebiet Prättigau + Landschaft Davos. ClimOpt Report.



4 Gletscher

Die Erfahrungen der letzten Jahre in der Autonomen Provinz Bozen Südtirol und im Kanton Graubünden zeigten, dass bedingt durch den Klimawandel und eine Intensivierung des Tourismus neue Gefahren für den Menschen entstehen können. Die Murgangereignisse im Jahre 2005 im Pfossental, Gemeinde Schnals, Südtirol und im Jahre 2006 am Murgang vom Vadret da l'Alp Ot im Berninagebiet, Graubünden sind Beispiele von klimabedingten Gefahren. In beiden Fällen führte das starke Schmelzen der Gletscher zu einer Ansammlung von Schmelzwasser im Gletscher. Ein plötzlicher Ausbruch führte zu einem unvorhersehbaren Murgangereignis.

Im Rahmen des Arbeitspaketes WP2 „Gefahren von Gletscherseeausbrüchen“ wurden drei Teilprojekte durchgeführt. In einem Teilprojekt wurde das Murgangereignis vom 29. Juli 2005 im Pfossental (Gemeinde Schnals, Südtirol) analysiert und in einem weiteren Teilprojekt wurde das Hochgebirge in Südtirol nach möglichen Gebieten abgesucht, in denen ähnliche Ereignisse vorkommen könnten. In einem dritten Teilprojekt wurde an verschiedenen Südtiroler Gletschern die Eisdicken gemessen, um einerseits die Eismassen abschätzen und andererseits potenzielle Gefahrenquellen erkennen zu können.

4.1 Analyse des Murgangereignisses vom 29.07.2005 im Pfossental

Am 29.07.2005 ereignete sich infolge eines Ausbruches einer intraglazialen Wasseransammlung am Grafferner im Pfossental, einem Seitental des Schnalstaales in Südtirol ein Murgangereignis. Das Ereignis fand an einem Tag ohne Niederschläge statt. Der Murgang verschüttete den Hauptzugang (Wanderweg) in das hintere Pfossental. An diesem Tag waren viele Wanderer unterwegs, es kam aber zu keinen Personenschäden. Die Einsatzkräfte waren aber bei der Wiederherstellung des Weges und bei der Sicherung gefordert (siehe Abb. 7).



Abbildung 7: Maßnahmen zur Evakuierung der im Tal eingeschlossenen Wanderer. Foto: ED30, Abteilung Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol.

Die Analyse der meteorologischen Daten ergab, dass in der Periode vor dem Ausbruch die Null-Grad-Grenze oberhalb des Gletschers lag und dies zu hohen Schmelzwassermengen führte. Vor dem Murgangereignis gab es 17 Tage, in denen das Tagesmittel der Temperatur auf dem Gletscher über dem Gefrierpunkt lag. In den 5 Tagen vor dem Ereignis lag auch die Mindesttemperatur über dem Gefrierpunkt. Am Ereignistag gab es keine Niederschläge. Die starke Gletscherschmelze am Grafferner hat zu einem erhöhten Abfluss über die Felswand in Richtung des Toteises des ehemaligen Stockferners geführt. Der Abfluss des Grafferners sickerte in den Bergschrund des Toteisrestes ein und staute sich wahrscheinlich am unteren Gletscherende an der Moräne bzw. am Schutt, der den unteren Teil des Gletschers bedeckte (siehe Abb. 8). Mit dem Aufstauen erhöhte sich der hydrostatische Druck, bis die Materialfestigkeit dem Druck nicht mehr widerstehen konnte. Der plötzliche Ausbruch führte zu hohen Erosionsmächtigkeiten im unkonsolidierten Lockermaterial im Vorfeld der Gletscherzunge und anschließend zu einem Murgang im weiteren Gewässerabschnitt.

Das beschriebene Ereignis zeigt exemplarisch eine der möglichen Folgen der klimabedingten Landschaftsveränderungen im Hochgebirge auf. Die hohen Temperaturen haben wesentlich zur Erhöhung der Schmelzwassermengen beigetragen. Dies dürfte sich in nächster Zukunft häufen und damit zu ähnlichen Ereignissen in anderen Konstellationen führen. Es zeigt sich, dass in länger andauernden Hitzeperioden im Hochgebirge eine erhöhte Vorsicht geboten sein kann. Das Monitoring der Null-Grad-Grenze könnte ein wertvolles Hilfsmittel dafür sein. Es zeigte sich auch, dass vermeintlich sehr geringmächtige Toteisreste noch Gefahrenquellen darstellen können. Diese Toteisreste sind vermehrt in der Gefahrenbeurteilung zu berücksichtigen.

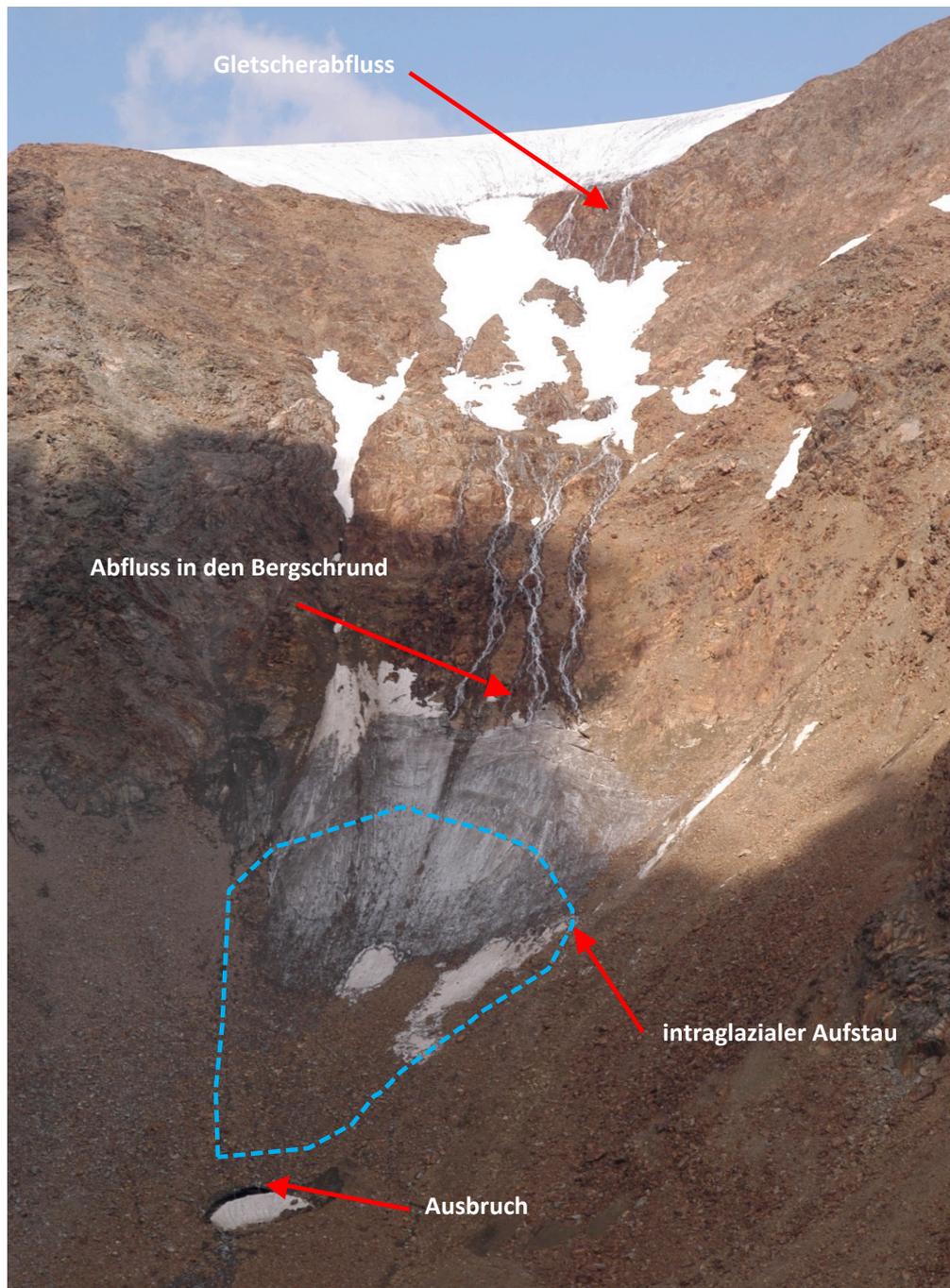


Abbildung 8: Der Prozessbereich am unteren Ende des Stockferners. Foto: ED30, Abteilung Wasserschutzbauten der Autonomen Provinz Bozen – Südtirol.

Detailliertere Information enthält der folgende Projektbericht:

Zischg, A., Dinale, R., Geier, G. und Staffler, H., 2013: Gletscherseeausbruch und Murgangereignis im Pfossental am 29 Juli 2005 – Analyse der meteorologischen und geomorphologischen Bedingungen. ClimOpt Report.



4.2 Potenzielle Gefahren durch Gletscherseeausbrüche

In einem weiteren Teilprojekt wurde versucht, jene Gebiete im Südtiroler Hochgebirge zu erkennen, in denen ähnliche Ereignisse wie das im vorangegangenen Kapitel beschriebene Murgangereignis stattfinden können. Es wurde ein vereinfachtes „Screening“ zur Suche der potenziellen Gefahren durch Ausbrüche von Gletschervorfeldseen, Gletscherrandseen, Gletscherstauseen, periglazialen Seen und intraglazialen Wasseransammlungen in der Autonomen Provinz Bozen Südtirol durchgeführt, mit besonderem Schwerpunkt auf allfällige Veränderungen durch den Klimawandel.

Das Screening nach Gefährdungspotenzialen zeigt eine Momentaufnahme, auf deren Basis mögliche Entwicklung für die nächsten Jahre aufgezeigt werden können. Beim Screening wurden knapp 100 Gefährdungspotenziale lokalisiert, an denen Ausbrüche der kartierten Seen zu Murgängen oder Hochwasserwellen in Gerinnen führen könnten. Der Großteil dieser Fälle hat eine rein lokale Wirkung, fernab von jeder Siedlung oder Infrastruktur. In einigen wenigen Fällen müsste in einer detaillierteren Untersuchung das Gefahrenpotenzial abgeschätzt werden.

Detailliertere Information enthält der folgende Projektbericht:

Zischg, A. und Dinale, R., 2013: Gefahren von Gletscherseeausbrüchen in Südtirol – Screening, Analyse der Prozesse, Potentielle Schadensfolge und Maßnahmen. ClimOpt Report.

4.3 Eisdickenmessungen

Kenntnisse über das Volumen des Gletschereises und über die Form des Felsuntergrundes unter einem Gletscher sind in zweierlei Hinsicht interessant. Einerseits können diese Grundlagen helfen, das Gefahrenpotenzial einzuschätzen, andererseits können sie aber auch zur verbesserten Abschätzung der Veränderungen des Abflussregimes in Einzugsgebieten beitragen. Im Rahmen des Projektes „ClimOpt“ wurden an zehn Südtiroler Gletschern die Eisdicken mittels GPR (Ground Penetrating Radar) gemessen. Die Messungen zeigten, dass die Eisdicken an vielen Stellen der untersuchten Gletscher nur mehr sehr gering sind.



Abbildung 9: Das GPR-Messgerät in der verwendeten Konfiguration am Oberen Ortlerferner. Foto: Waldhuber-Stockner.

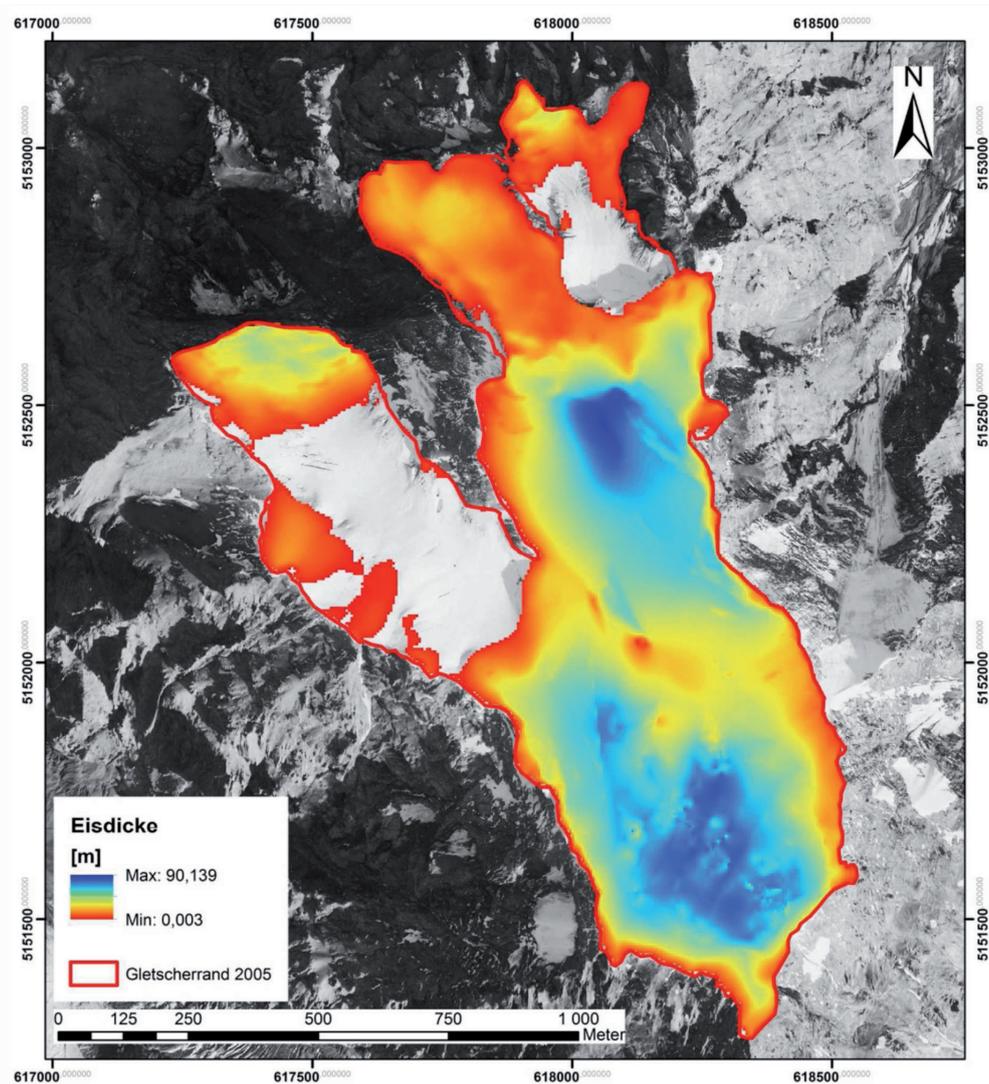


Abbildung 10: Berechnete Eisdickenverteilung am Oberen Ortlerferner. Quelle: ClimOpt Report, Waldhuber-Stocker et al. (2014).

Detailliertere Information enthalten die folgenden Projektberichte:

Mitterer, C. und Fischer, A., 2013: GPR – Messungen der Eisdicke an neun Südtiroler Gletschern. ClimOpt Report.

Stocker-Waldhuber, M., Binder, D. und Fischer, A., 2014: GPR – Messungen der Eisdicke am Oberen Ortlerferner. ClimOpt Report.



5 Schnee

Schnee ist in Gebirgsregionen einerseits eine wichtige Wasserressource mit Speicherfunktion und eine Grundlage für den Wintertourismus, andererseits auch eine Gefahrenquelle. Deshalb werden die Eigenschaften der Schneedecke an verschiedenen Punkten beobachtet und gemessen. Eine vollständige Abdeckung aller Geländebereiche mit Messungen ist zu aufwändig. Deshalb müssen Methoden entwickelt und getestet werden, die aus den wenigen punktuell gemessenen Werten eine Interpolation auf die restliche Fläche ermöglichen.

5.1 Erarbeitung von Karten des Schneewasseräquivalents in Echtzeit auf Basis von meteorologischen Daten

Im Interreg Italien-Schweiz Projekt „IRKIS – Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem“ wurde ein Verfahren zur Erarbeitung von Karten der Schneehöhen und des Schneewasseräquivalents auf Basis der täglichen Monitoring-Daten entwickelt (Jonas 2010, Magnusson 2011). Die Anwendung dieses Verfahrens in Südtirol zeigte, dass das Verfahren Stärken und Schwächen aufweist. Für eine optimale Nutzung dieses Interpolationsverfahrens ist die Dichte an Schneemessstationen in Südtirol eher gering. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Projektes „ClimOpt“ ein weiteres Verfahren getestet und evaluiert. Das Verfahren „Snow-Maps (Dall’Amico et al. 2011) basiert auf der Anwendung eines hydrologischen Modells, das die Eigenschaften der Schneedecke aus den Daten der Schneemessstationen und der Meteorostationen berechnet. Dies hat den Vorteil einer viel größeren Dichte an gemessenen Werten. Das Modell wurde im Winterhalbjahr 2013/2014 in Echtzeit verwendet. Es lieferte an zwei Tagen in der Woche jeweils eine Karte zu den Schneehöhen, zur Neuschneehöhe und zum Schneewasseräquivalent. Die räumliche Auflösung beträgt 250m. Das Pilotprojekt zeigte, dass die Methode die räumliche Heterogenität der Schneedecke und des Schneewasseräquivalents im Verlauf des Winters gut wiedergeben kann. Die Methode bildet damit eine wertvolle Grundlage für die Einschätzung der Schneedeckenverteilung und die Hochwasserwarnung.

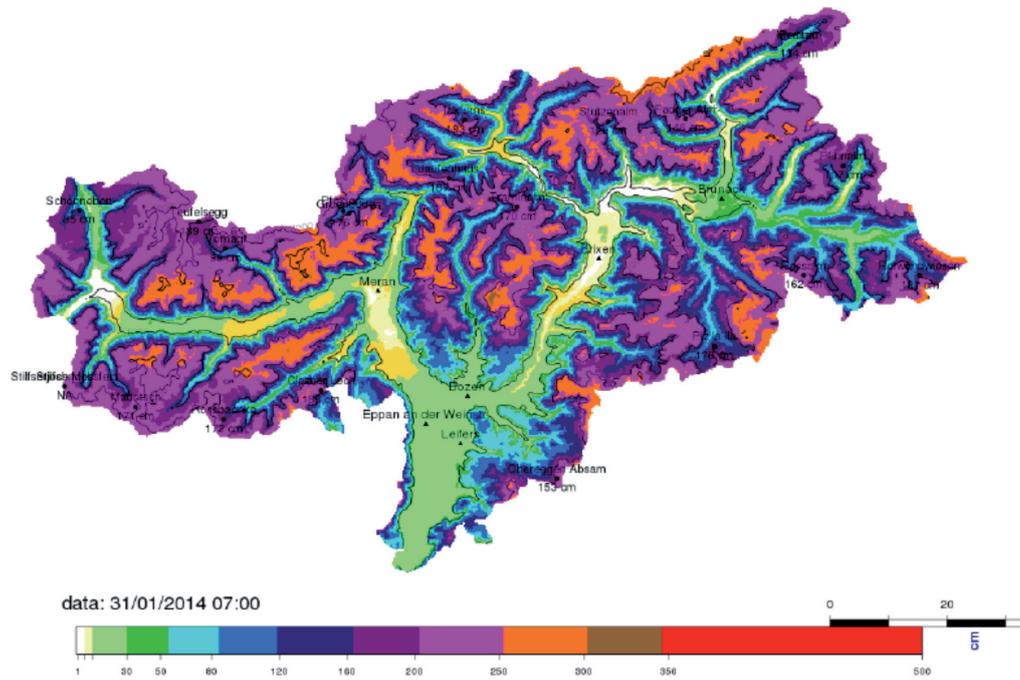


Abbildung 11: Karte der berechneten Schneehöhen am 31.01.2014. Quelle: Dall'Amico (2014)

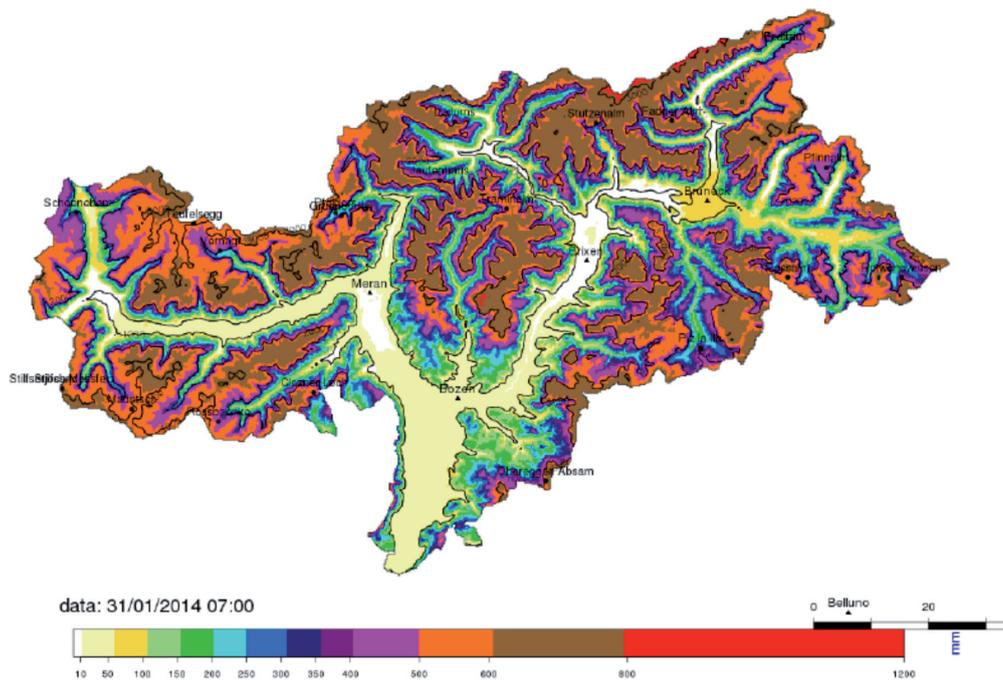


Abbildung 12: Karte des berechneten Schneewasseräquivalents am 31.01.2014. Quelle: ClimOpt Report, Dall'Amico (2014)

Detailliertere Informationen enthalten die folgenden Projektberichte:

Dall'Amico, M., 2014: *Applicazione all'Alto Adige del software SnowMaps (Mountain-eering) per il calcolo di mappe neve e di equivalente in acqua in tempo reale e differito.* ClimOpt Report.

5.2 Erarbeitung von Karten des Schneewasseräquivalents in Echtzeit auf Basis von nivologischen Daten

Parallel zur Erarbeitung von Schneekarten und Schneewasseräquivalentkarten auf Basis von meteorologischen Daten wurde das im Interreg Italien-Schweiz Projekt „IRKIS – Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem“ entwickelte Verfahren im Winter 2013/2014 weiterverfolgt. In dieser Phase wurden auch die Daten von 55 Beobachtermessstationen verwendet. Die Anwendung zeigte, dass das Verfahren und die Einbindung von Fernerkundungsdaten robuste Ergebnisse liefern.

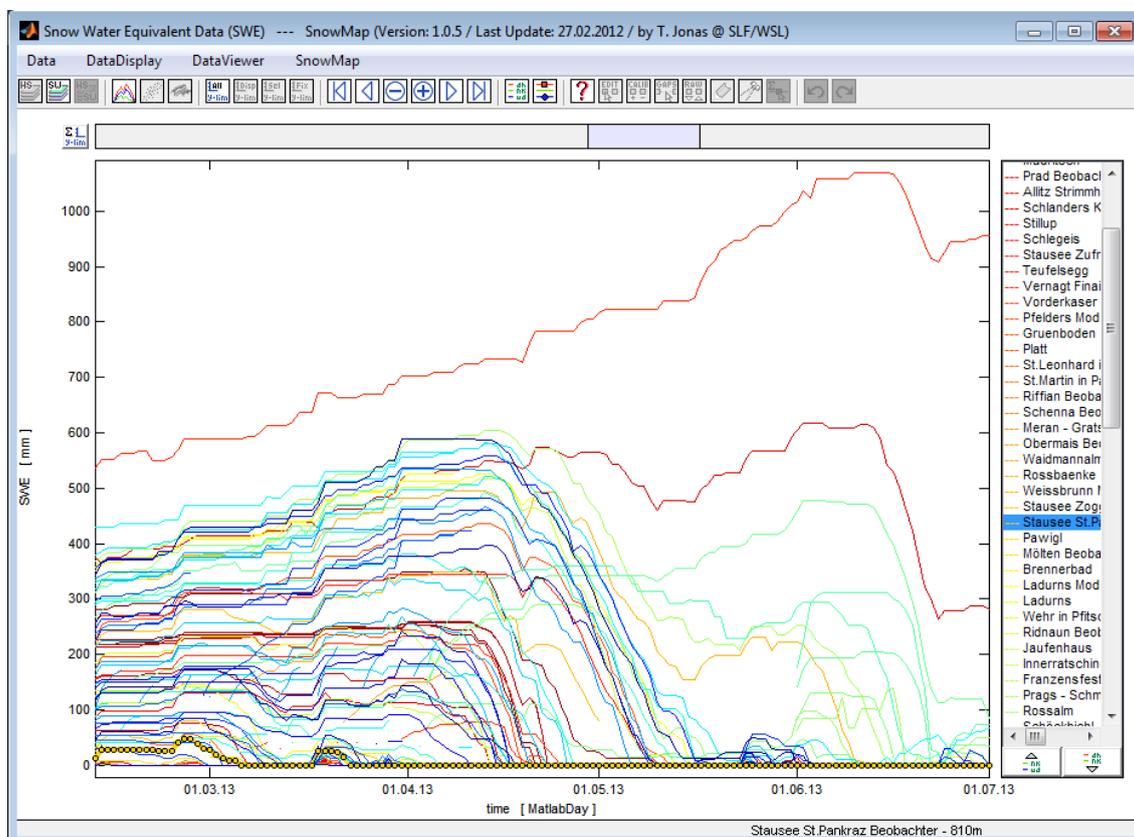


Abbildung 13: Verlauf des Schneewasseräquivalents an den verschiedenen Messstationen. Quelle: ClimOpt Report, Antonacci et al. (2014)

Die Anwendung von beiden Verfahren in einem Winter erlaubt nun einen Vergleich, eine detaillierte Evaluation beider Verfahren und schlussendlich eine Entscheidung für das weitere Vorgehen.

Detailliertere Information enthält der folgende Projektbericht:

Antonacci, G. e Todeschini, I., 2014: Applicazione all'Alto Adige del software SnowMap (SLF) per il calcolo di mappe neve e di equivalente in acqua in tempo reale e differito. ClimOpt Report.



6 Schlussfolgerungen

Um die Notfallplanung und die Interventionen der Sicherheitskräfte im Falle eines Naturgefahren-Ereignisses zu optimieren, sind gut funktionierende Frühwarnsysteme und fundierte Grundlagen erforderlich, die auf die Anbahnung von Naturgefahrenereignissen hinweisen und die damit verbundenen Konsequenzen frühzeitig erkannt werden können. Das Projekt „ClimOpt – Optimierung des Managements klimabedingter Naturgefahren“ leistete mit den durchgeführten Aktivitäten einen wertvollen Beitrag bei der Optimierung dieser Entscheidungsgrundlagen. Mit den Pilotprojekten konnten das Hochwasserprognosesystem in Südtirol verbessert und die potenziellen Überflutungsbereiche in Graubünden abgegrenzt werden. Es konnten wertvolle Erfahrungen und Grundlagen zur Abschätzung der Sensitivität von verschiedenen Einzugsgebieten hinsichtlich der Folgen des Klimawandels gesammelt werden. Es wurden Verfahren getestet, um die für Hochwasserprognosen und Trockenheitsprognosen wichtige – im Schnee gespeicherte – Ressource Wasser quantifizieren zu können. Weiters wurden potenzielle Folgen des Gletscherrückgangs analysiert und die durch den Gletscherrückgang bedingten potenziellen Gefährdungsbereiche erkannt und abgegrenzt. Damit konnte das Projekt die Entscheidungsgrundlagen der verantwortlichen Behörden für Zivilschutz und Naturgefahren erweitern und optimieren.

Die Hochwasserereignisse, die im Laufe des Sommers zunächst den nördlichen und dann den südlichen Alpenkreis, und zu Beginn des Herbstes die Regionen Ligurien und Toskana heimgesucht haben, zeigen jedoch, wie wichtig es ist, stets wachsam zu bleiben, in die Verbeugung und in die Warnsysteme zu investieren und die verfügbaren Planungsinstrumente richtig zu nutzen.



7 Literatur

- Borga, M., Degli Esposti, S. and D. Norbiato, 2006: Influence of errors in radar rainfall estimates on hydrological modelling prediction uncertainty. *Water Resources Research*, 42, W08409, doi:10.1029/2005WR004559.
- Borga, M., Stoffel, M., Marchi, L., Marra F. and M. Jakob, 2014: Hydrogeomorphic response to extreme rainfall in headwater systems: flash floods and debris flows. *Journal of Hydrology*, in print.
- Bundesamt für Wasser und Geologie, 2003: Hochwasserabschätzung in schweizerischen Einzugsgebieten, Berichte des BWG, Serie Wasser, Bern. S. 118
- Cazorzi, F. and Dalla Fontana, G., 1996: Snowmelt modelling by combining air temperature and a distributed radiation index. *Journal of Hydrology*, 181 (1-4), 169-187.
- Dall'Amico, M., Endrizzi, S. and Rigon, R., 2011. Snow mapping of an alpine catchment through the hydrological model GEOTop. In *Proceedings Conference Eaux en montagne*, Lyon 16-17 mars, pages 255–261. Société hydroélectrique de France.
- Jonas, T., 2010: Technischer Bericht zur Vorgehensweise zur periodischen Ermittlung der aktuellen Schneeverteilung in der Region Bozen im Rahmen des Interreg Projekts IRKIS. SLF Projektbericht Interreg Italien-Schweiz „IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Davos.
- Kork, J., Mayer, B., Rudolf-Miklau, F., Greminger, P., Zischg, A. and Damm, M., 2011: Climate adaptation and natural hazard management in the Alpine Space. *AdaptAlp final report*.
- Magnusson, J., 2011: Technischer Bericht zur Berechnung der Schneewasseräquivalentkarten für den Winter 2010/11 für Südtirol. SLF Projektbericht Interreg Italien-Schweiz „IRKIS-Interregionales Frühwarn- und Kriseninformationssystem. Davos.
- Mair, V., Zischg, A., Lang, K., Tonidandel, D., Krainer, K., Kellerer-Pirklbauer, A., Deline, P., Schoeneich, P., Cremonese, E., Pogliotti, P., Gruber, S. and Böckli, L., 2011 : PermaNET – Permafrost Longterm Monitoring Network. Synthesis report. INTERPRAEVENT Journal series 1, Report 3. INTERPRAEVENT , Klagenfurt.
- Markart, G., Kohl, B.; Sotier, B. Schauer, T., Bunza, G. und Stern, R., 2004: Provisorische Geländeanleitung zur Abschätzung des Oberflächenabflussbeiwertes auf alpinen Boden-/Vegetationseinheiten bei konvektiven Starkregen. BFW Dokumentation. Wien.
- Norbiato, D., Borga, M., Degli esposti, S., Gaume, E. and Anquetin, S., 2007: Flash flood warning based on rainfall depthduration thresholds and soil moisture conditions: An assessment under European conditions. *J. Hydrology*, 274-290, 10.1016/j.jhydrol.2008.08.023.
- Norbiato, D., Borga, M. and Dinale, R., 2009: Flash flood warning in ungauged basins by use of the Flash Flood Guidance and model-based runoff thresholds. *Meteorological Applications*, 16(1), 65-75, .DOI: 10.1002/met.126; <http://dx.doi.org/10.1002/met.126>.
- PLANALP Platform on Natural Hazards of the Alpine Convention, 2012: Alpine strategy for adaptation to climate change in the field of natural hazards. Berna.
- Scherrer, S., 2006. Bestimmungsschlüssel zur Identifikation von hochwasserrelevanten Flächen. Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG). Mainz. Ergebnis ist ein Datensatz mit den Ergebnissen der Felderhebungen.
- Schoeneich, P., Dall'Amico, M., Deline, P. and Zischg, A., 2011: Hazards related to permafrost and to permafrost degradation. PermaNET project – state-of-the-art report WP6.2. ADRA – Association pour la diffusion de la recherche alpine, Grenoble.
- Valentini, P. e Villi, V., 1988: La piena del 18-19 Luglio 1987 in Alto Adige, *Memorie di Scienze Geologiche*, Università di Padova, ol. XL, pp. 369-397.
- Werner, M., Schellekens, J., Gijsbers, P., van Dijk, M., van den Akker, O. and Heynert, K., 2013: The Delft-FEWS flow forecasting system, *Environmental Modelling & Software*, Volume 40, Pages 65-77, ISSN 1364-8152.



8 ClimOpt – Projektberichte

- Antonacci, G. e Todeschini, I., 2014: Applicazione all'Alto Adige del software SnowMap (SLF) per il calcolo di mappe neve e di equivalente in acqua in tempo reale e differito. ClimOpt Report.
- Borga, M., Nikolopoulos, E., Zoccatelli, D. and Marra, F., 2014: Extension of Adige River Flood Forecasting System for debris flow forecasting, simulation of glacial hydrology and artificial reservoir storage accounting, ClimOpt Report.
- Dall'Amico, M., 2014: Applicazione all'Alto Adige del software SnowMaps (Mountain-eering) per il calcolo di mappe neve e di equivalente in acqua in tempo reale e differito. ClimOpt Report.
- Eschgfäller, M. und Scherer, C., 2014: Einbindung von Abflussprozesskarten in das Konzept der variablen Disposition – Machbarkeitsstudie in den Pilotgebieten des Ratschinger- und Jaufentalerbachs. ClimOpt Report.
- Mani, P., Kipfer, A. und Böhringer, D., 2014: Gefahrenhinweiskarte Überflutung: Pilotgebiet Prättigau + Landschaft Davos. ClimOpt Report.
- Margreth, M. und Scherrer, S., 2013: Evaluation und Validierung der mit einem halbautomatischen Verfahren erstellten Bodenkarte für das Pilotgebiet Vinschgau (Busetto, 2012) mittels Feldaufnahmen. ClimOpt Report.
- Mitterer, C. und Fischer, A., 2013: GPR – Messungen der Eisdicke an neun Südtiroler Gletschern. ClimOpt Report.
- Reggiani, P., 2013: Feasibility FEWS Suedtiroil – Analysis of a migration from ARFFS to Delft FEWS. ClimOpt Report.
- Stocker-Waldhuber, M., Binder, D. und Fischer, A., 2014: GPR – Messungen der Eisdicke am Oberen Ortlerferner. ClimOpt Report.
- Zischg, A., Dinale, R., Geier, G. und Staffler, H., 2013: Gletscherseeausbruch und Murgangereignis im Pfossental am 29 Juli 2005 – Analyse der meteorologischen und geomorphologischen Bedingungen. ClimOpt Report.
- Zischg, A. und Dinale, R., 2013: Gefahren von Gletscherseeausbrüchen in Südtirol – Screening, Analyse der Prozesse, Potentielle Schadensfolge und Maßnahmen. ClimOpt Report.



