

SKITOURENPLANUNG AUF KNOPFDRUCK? – DER OPTIMALE AUFSTIEG BEZÜGLICH ANSTRENGUNG UND LAWINENSICHERHEIT

Andreas Eisenhut

Zusammenfassung: Dieser Beitrag präsentiert einen automatisierten Ansatz zum Skitourenrouting, welcher auf der aktuellen Lehrmeinung der Skitourenplanung und auf neu verfügbaren schweizerischen Geobasisdaten aufbaut. Für eine beliebige Skitour wird die kraftsparendste und lawinensicherste Aufstiegsroute sowie eine Korridorfläche derjenigen Geländebereiche modelliert, welche unter ähnlichen Bedingungen wie die Aufstiegsrouten begehbar sind. Es müssen dafür nur Start und Ziel der Skitour bekannt sein. Darauf aufbauend lässt sich jeder Routenabschnitt bezüglich Lawinensicherheit, Anstrengung, Exposition und Höhenlage bewerten, sodass die Schlüsselstellen einer Skitour identifiziert werden können. Die Ergebnisse werden mittels Expertenbefragung, einem Vergleich mit bestehenden Skitourenkarten und eigener empirischer Überprüfung validiert. Sie sollen die unter Experten oft emotional geführte Diskussion zum automatisierten Routing von Skitouren und zur Darstellung des Lawinenrisikos auf einer Karte versachlichen und bieten Raum für konkrete Umsetzungsideen.

Schlüsselwörter: Skitouren, GIS, Beurteilungs- und Entscheidungsrahmen, Grafische Reduktionsmethode

PLANNING SKI TOURING HIKES AT THE TOUCH OF A BUTTON? – THE OPTIMAL ASCENT ROUTE CONCERNING PHYSICAL EFFORT AND AVALANCHE RISK

Abstract: In this article an automated approach to find the optimal ski touring route is presented. It is based on the current tenet concerning ski touring planning and on the recently published geographic base data for Switzerland. It can be used to model the best ascent for any ski tour to minimize both, physical strain and avalanche risk. Additionally it simulates a corridor showing the area, where an ascent under similar conditions to these of the optimal ascent is possible. As a model input, only the starting and the arrival point have to be known. Based on these results, every part of the route can be judged concerning avalanche risk, physical effort, exposition and altitude. In doing so, the cruces of a certain ski touring hike can be visualized. The results of the automatic approach are validated by evaluating an expert consultation, by doing a comparison with existing ski touring maps and finally by doing an own empirical examination. The article shall contribute to a more factual and less emotional discussion about automatic ski touring routes planning and about avalanche risk visualization on a map.

Keywords: Ski touring, GIS, Path Distance, assessment and decision framework 3x3, Graphical Reduction Method

Autor

M. Sc. (GIS) Andreas Eisenhut
IMPULS AG Wald Landschaft Naturgefahren
Seestrasse 2
CH-3600 Thun
E: andreas.eisenhut@impulsthun.ch

1 EINLEITUNG

Wer die Sportart Skitouren ausübt, kann einsame Gipfel erreichen und unvergessliche Pulverschneeabfahrten erleben, setzt sich jedoch auch Gefahren aus. Vor jeder Skitour stellt sich die Frage nach geeigneten Tourenzielen sowie eventuellen Alternativen und Varianten. Eine seriöse Tourenplanung gibt Antwort auf diese Frage. Dabei müssen die aktuellen Wetter- und Schnee-verhältnisse, die aktuelle Lawinengefahr, das Tourengelände sowie die Erfahrung der Tourenteilnehmer berücksichtigt werden. In der Schweiz hat sich als Hilfe dafür der „Beurteilungs- und Entscheidungsrahmen 3x3“ (kurz 3x3) (Munter 2009) über Jahre bewährt und weiterentwickelt. Dieser wird auch in den aktuellsten Lehrbüchern zur Lawinenkunde des VSL-Instituts für Schnee- und Lawinenforschung SLF (Harvey 2012) und der bergpunkt ag (Wicky 2012) aufgegriffen und verfeinert. Als grobes Werkzeug zur Beurteilung des Lawinenrisikos wird in der Schweiz innerhalb des 3x3 die „Grafische Reduktionsmethode“ (GRM) (Harvey 2011) verwendet.

Dieser Beitrag präsentiert einen automatisierten Ansatz zum Skitourenrouting, der auf dieser Lehrmeinung der Skitourenplanung aufbaut. Dabei wird ein GIS-Berechnungsmodell vorgestellt, welches die kraftsparendste und lawinensicherste Aufstiegsroute für eine beliebige Skitour erstellt und die einzelnen Routenabschnitte bezüglich Lawinensicherheit, Anstrengung, Expo-

sition und Höhenlage bewertet. Darauf aufbauend lassen sich die Schlüsselstellen einer Skitour identifizieren. In der traditionellen Skitourenplanung erfolgen diese Schritte mittels Bleistift, Landeskarte und weiteren Hilfsmitteln (siehe Abbildung 1).

Die Resultate werden auf verschiedenen Ebenen validiert und auf diese Weise die Chancen und Grenzen von GIS in der Skitourenplanung thematisiert.

2 STATUS QUO DIGITALE SKITOURENPLANUNG

Ständig verbesserte digitale Daten und Softwarewerkzeuge lassen immer neue Anwendungsmöglichkeiten zu. Im März 2013 beispielsweise hat das schweizerische Bundesamt für Landestopographie (swisstopo) die Flächendeckung ihres hochauflösenden Digitalen Geländemodells abgeschlossen (swisstopo 2013). Dieses Produkt ist in einer räumlichen Auflösung von 2 m, 5 m und 10 m erhältlich. Gleichzeitig besteht eine Vielfalt an Internetportalen und Smartphoneanwendungen mit digitalen Routensammlungen und Tourenplanungswerkzeugen. Qualität und Benutzerfreundlichkeit dieser Angebote variieren jedoch stark.

Trotz oder gerade wegen der boomenden Sportart Skitouren und der Fülle neuer Planungswerkzeuge ist ein GIS-basiertes Routing für die Aufstiegsplanung unter Experten stark umstritten. Besonders die Unsicherheiten in der Einschätzung von lokalen

Lawinengefahren stellen eine Herausforderung für eine automatisierte Analyse dar (Harvey 2012).

In diversen mit der Thematik dieses Beitrags verwandten Fragestellungen kommen GIS-Werkzeuge vermehrt zum Einsatz:

- ▶ Zur kleinräumigen Visualisierung der Lawinengefahr im Gelände (Eisank 2007) sowie zur anschließenden Bewertung von bestehenden Skitourenrouten (Utelli & Eisenhut 2012).
- ▶ Zur Simulation von Lawinen in der Gefahrenprävention (SLF 2013) und zur Erzeugung von Gefahrenhinweiskarten (Losey 2013).
- ▶ Zur differenzierten Ausscheidung von Geländeformen wie Kammereichen (Eisank 2010) oder zur Auswertung von Laserscandaten für Detailstrukturen alpiner Hänge (Rett 2011).
- ▶ Zur Routenfindung im offenen Gelände, auf einer Oberfläche mit oder ohne Hindernisse (Maurer 2009).

3 THEORIEANSATZ, EXPERIMENTELLE HERANGEHENSWEISE

Skitourengänger bewegen sich meist abseits von Straßen und Wegen und können über verschiedene Routen mehr oder weniger sinnvoll und sicher ihr Ziel erreichen. Würden deren 20 eine neue Aufstiegsspur in einem Gelände ohne Skispuren auf denselben Gipfel begehen, es kämen 20 verschiedene Routen dabei heraus. Vielschichtige Faktoren haben einen Einfluss auf die



Abbildung 1: Kraftsparendste und lawinensicherste Aufstiegsrouten in der traditionellen Planung mit Karte und Bleistift sowie als Skizzen für den Theorieansatz.

Quelle: eigener Entwurf nach SLF (2013), swisstopo (2007) und tydac (2013).

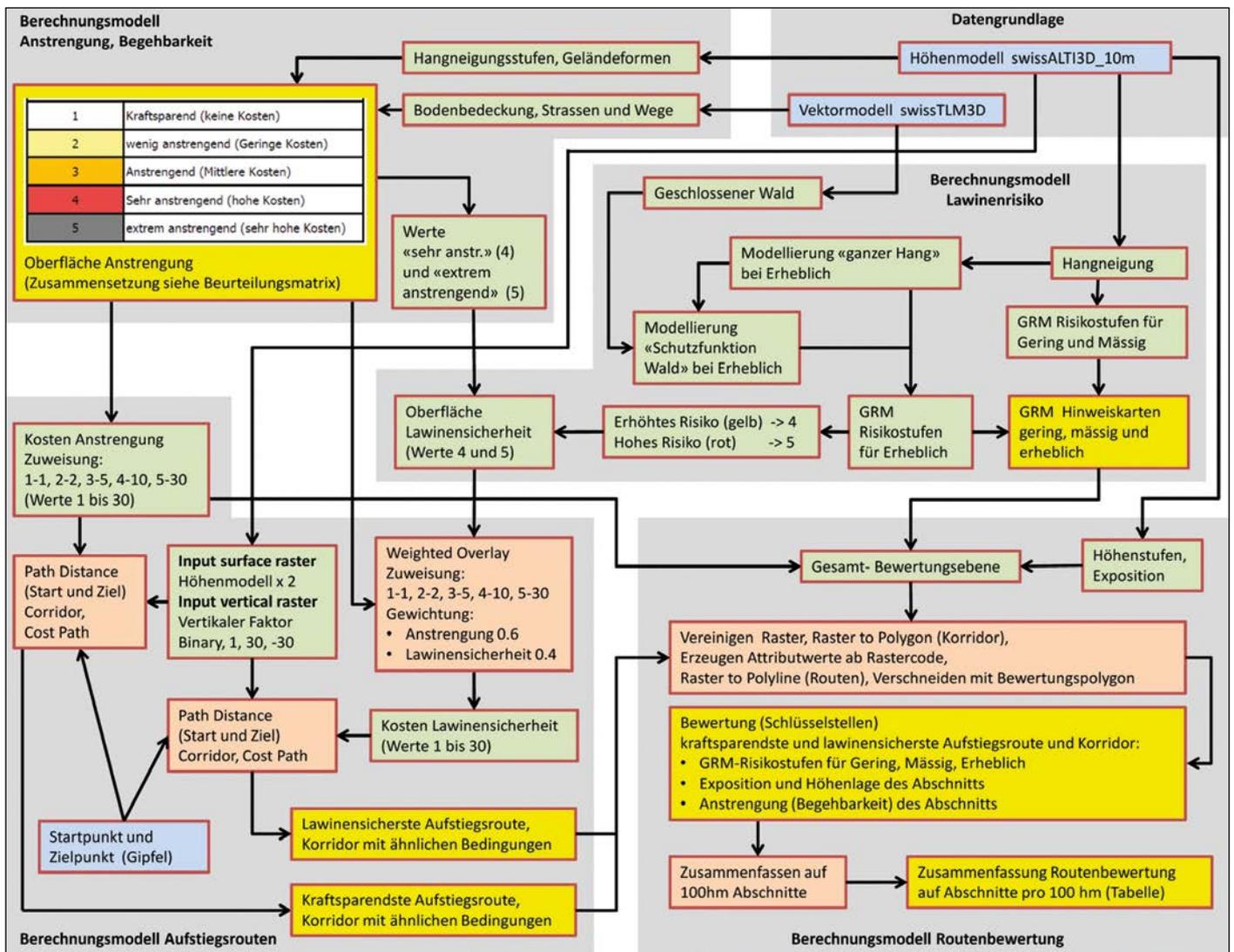


Abbildung 2: Schematische Gesamtübersicht der GIS-Berechnungsmodelle mit Eingangsdaten (blau), Zwischenresultaten (grün), Werkzeugen (rot) und Ergebnissen (gelb). Quelle: eigener Entwurf.

Routenwahl, so zum Beispiel potenzielle Lawinhänge bei gegebenem Lawinenlagebericht (SLF 2013), Sperrzonen wie Wildschutzgebiete (BAFU 2013), dichter oder offener Wald, Fußpassagen und nicht zuletzt ein möglichst kraftsparender Routenverlauf (konstante Steigung, vermeiden von Spitzkehren und Traversen (Wicky 2012)).

Die gesuchte optimale Aufstiegsroute wird in erster Linie durch den Charakter des Skitourengebietes (Oberflächenbeschaffenheit, Hangneigung etc.) vorgegeben. Grundsätzlich zeigt sie diejenige Linie, welche gesamthaft betrachtet am kraftsparendsten und (bezüglich aktueller Lawinengefahrensituation) am lawinensichersten ist (vgl. Abbildung 1).

Der Modellierung dieser optimalen Aufstiegsroute liegt das Konzept der Verbindungsentfernung (Path Distance, Esri 2013; vgl. Abbildung 1 rechts oben) zugrunde.

Anhand von acht Skitouren in einem Testgebiet (vgl. Abbildung 4) werden in experimenteller Herangehensweise die einzelnen Berechnungsmodelle entwickelt.

4 BERECHNUNGSMODELLE ANSTRENGUNG, LAWINENSICHERHEIT, AUFSTIEGSROUTEN UND ROUTENBEWERTUNG

Abbildung 2 zeigt schematisch zusammengefasst die vier Berechnungsmodelle Anstrengung, Lawinensicherheit, Aufstiegsrouten und Routenbewertung. Den einzelnen Modellen liegt das neue Terrainmodell (swisstopo 2013) sowie das Topografische Landschaftsmodell (swissTLM3D) der swisstopo zugrunde.

Im ersten Berechnungsmodell wird die Anstrengung parametrisiert. Es werden die für Skitouren entscheidenden Gelände- und Landschaftsmerkmale nachvollziehbar be-

wertet und in einer Anstrengungs-Oberfläche vereint (vgl. Abbildung 3).

Im zweiten Berechnungsmodell kommt die Lawinengefahr ins Spiel. Dabei wird das Lawinenrisiko aus der GRM (Harvey 2011) für die Lawinengefahrenstufen gering, mässig und erheblich in das Modell übertragen. Es fließen sowohl der gefährdete Hangbereich (Utelli & Eisenhut 2012) als auch eine vorgeschlagene Schutzwirkung des Waldes in das Modell mit ein.

Die optimale Aufstiegsroute wird im dritten Berechnungsmodell mit den Werkzeugen Path Distance, Cost Path und Corridor (Esri 2013) als kraftsparendste Linie und als lawinensicherste Linie erstellt. Hier wird der eigentliche Kern des Skitourenroutings umgesetzt. Als Input dienen die erstellten Anstrengungs- und Lawinensicherheits-ebenen als Kostenoberflächen, das erhöhte Höhenmodell als Oberflächenraster

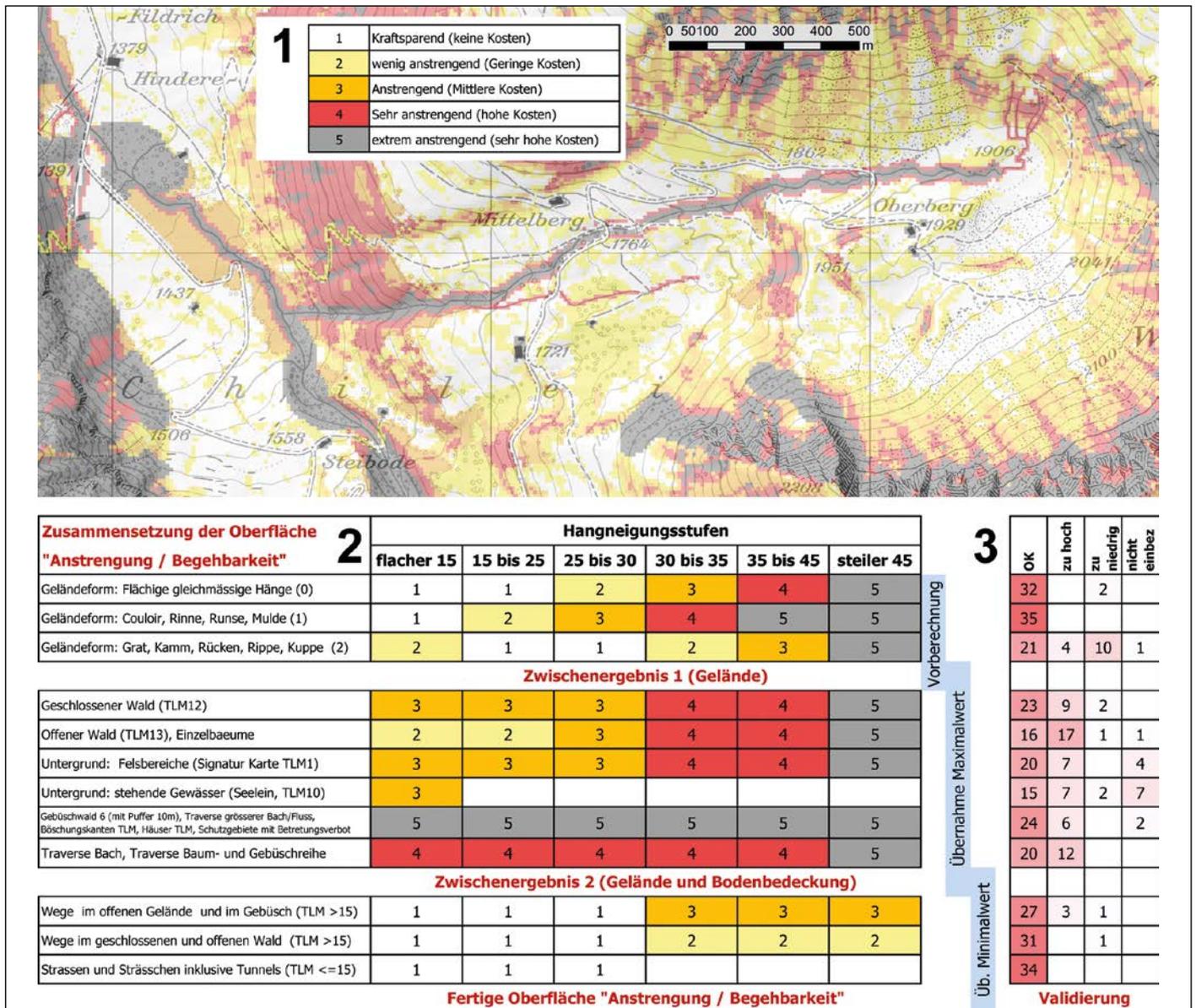


Abbildung 3: Anstrengungsskala (1) mit umgesetztem Kartenausschnitt, Matrix zur Bewertung der Anstrengungsoberfläche (2) mit Rückmeldungen aus der Expertenbefragung (3). Quelle: eigener Entwurf.

sowie hangneigungsabhängige vertikale Bewegungseinschränkungen. Ergänzend zu diesen Linien zeigt eine modellierte Korridorfläche diejenigen Geländebereiche, die unter ähnlichen Bedingungen wie die Aufstiegsrouten begehbar sind.

Das letzte Berechnungsmodell bewertet jeden Routenabschnitt der Aufstiegsrouten und der Korridorfläche bezüglich Lawensicherheit, Anstrengung, Exposition und Höhenlage, sodass die Schlüsselstellen einer Skitour sichtbar gemacht werden können.

Ist eine Route berechnet und bewertet, sollen Aussagen möglich sein, ab welcher Gefahrenstufe eine Tour begehbar ist bzw. darauf verzichtet werden soll und welcher Grobcharakter (Exposition, Höhenlage,

Geländebeschaffenheit) diese Tour aufweist.

Als GIS-Software wird Esri ArcGIS Desktop Version 10.0 verwendet. Sämtliche Berechnungsschritte sind mittels ArcGIS ModelBuilder umgesetzt, lassen sich für ein beliebiges Gebiet in der Schweiz anwenden und sind jederzeit auch mit anderen Parametern reproduzierbar. Bei ähnlicher Datengrundlage ist die Verwendung auch in anderen Ländern möglich.

5 PARAMETRISIERUNG DER BEWERTUNGSRASTER

Die Kriterien, welche in die Berechnung einer optimalen Skitourenroute einfließen sollen, werden für die Modellentwicklung sorgfältig ausgewählt und parametrisiert.

Der erzeugten Anstrengungsoberfläche beispielsweise liegt eine eigens erstellte Anstrengungsskala mit Werten von 1 (kraftsparend) bis 5 (extrem anstrengend) zugrunde (vgl. Abbildung 3-1). Darauf aufbauend wird in einer Matrix die Zusammensetzung der Anstrengungsoberfläche definiert. Geländeformen und Landschaftselemente erhalten in Abhängigkeit von sechs Hangneigungsklassen jeweils einen Wert aus der Anstrengungsskala zugewiesen (vgl. Abbildung 3-2). Um den Bewertungskriterien gerecht zu werden, müssen die Basisdaten der swisstopo aufwendig weiter aufbereitet werden. Der passende Bearbeitungsmaßstab ist dabei stets von zentraler Bedeutung. Eine zu feine Auflösung des Terrainmodells (swisstopo 2013)

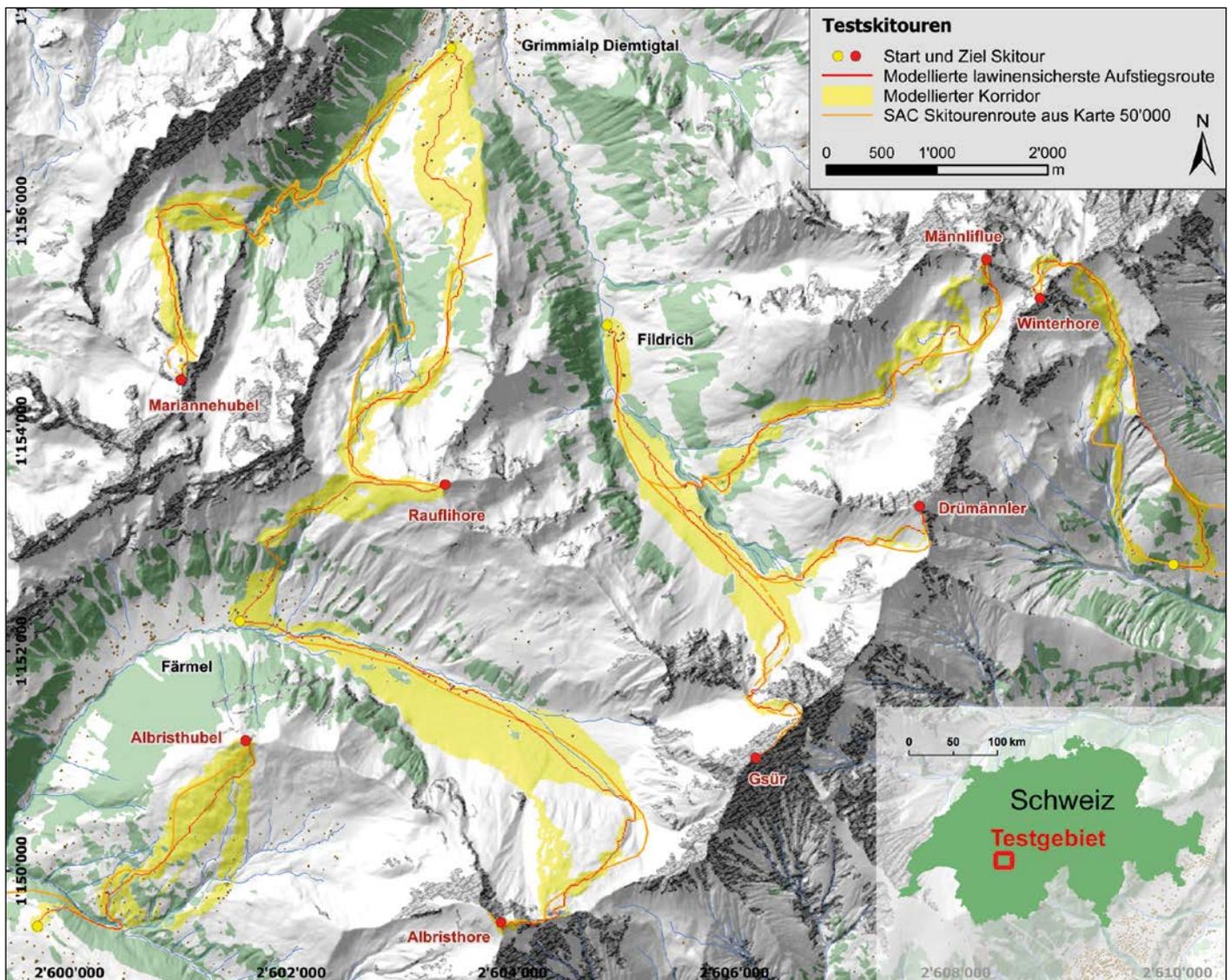


Abbildung 4: Gesamtübersicht der Modellierungen (Aufstiegsrouten und Korridore) und Vergleich mit den SAC Skitourenrouten der LK 1:50.000 (swisstopo 2007). Quelle: eigener Entwurf.

beispielsweise zeigt lokale Details, die nur vor Ort im Kontext der aktuellen Verhältnisse bewertet werden können, bzw. Mikro-Geländeformen, welche im Winter unter der Schneedecke verschwunden sind und für die Modellierung keine Rolle spielen. So erweist sich beim Terrainmodell und folglich beim gesamten Berechnungsmodell eine räumliche Auflösung von 10 m als ideal für diese Aufgabenstellung.

Mehr als 70 Skitourengeher unterschiedlicher Niveaus (Anfänger bis Bergführer) beurteilen in einer Internetumfrage die einzelnen Arbeitsschritte der Berechnungsmodelle und die in Kapitel 6 dargestellten Modellierungsergebnisse. So werden in dieser Umfrage auch die Wertzuweisung in der Matrix und die daraus berechnete Karte bezüglich Qualität und Praxistauglichkeit beurteilt (vgl. Abbildung 3-3).

6 ERGEBNISSE UND VALIDIERUNG

Die Abbildungen 4 bis 6 zeigen die Modellierungsergebnisse als Gesamtübersicht aller getesteten Skitouren sowie als Detaildarstellungen der berechneten Linienführungen und Bewertungen der Routenabschnitte.

Die Validierung dieser Ergebnisse erfolgt dreistufig:

- ▶ durch einen Vergleich mit bestehenden Skitourenkarten mit eingezeichneten Aufstiegsrouten (vgl. Abbildung 4 und Abbildung 5),
- ▶ eine in Kapitel 5 aufgezeigte Plausibilitätskontrolle der Kriterien und Ergebnisse durch Skitourengeher mittels Internetumfrage
- ▶ sowie durch eine eigene empirische Überprüfung bei der Begehung einer Testskitour (vgl. Abbildung 5).

Abbildung 4 zeigt auf, dass die GIS-Modellierungen der Skitouren-Aufstiegsrouten (rot) im Vergleich mit den Skitourenrouten des Schweizer Alpen Club SAC (swisstopo 2007) gute Resultate liefert. Die Modellierungen folgen meist den im Maßstab 1:50.000 erfassten SAC-Routen (orange) und liegen in einem höheren Detaillierungsgrad als diese vor. Der modellierte Korridor (gelbe Fläche) fasst zudem alle Varianten zusammen, welche unter ähnlichen Bedingungen wie derjenigen der modellierten Route begehbar sind. Diese Korridorflächen bilden eine Zusatzinformation, die auf bisherigen Skitourenkarten des SAC fehlt.

Abbildung 5 zeigt die modellierte kraftsparendste (blau) und lawinensicherste Aufstiegsroute (rot) und den berechneten Korridor (gelb) im Vergleich zu den SAC-Routen (orange), weiteren Vergleichsrouten

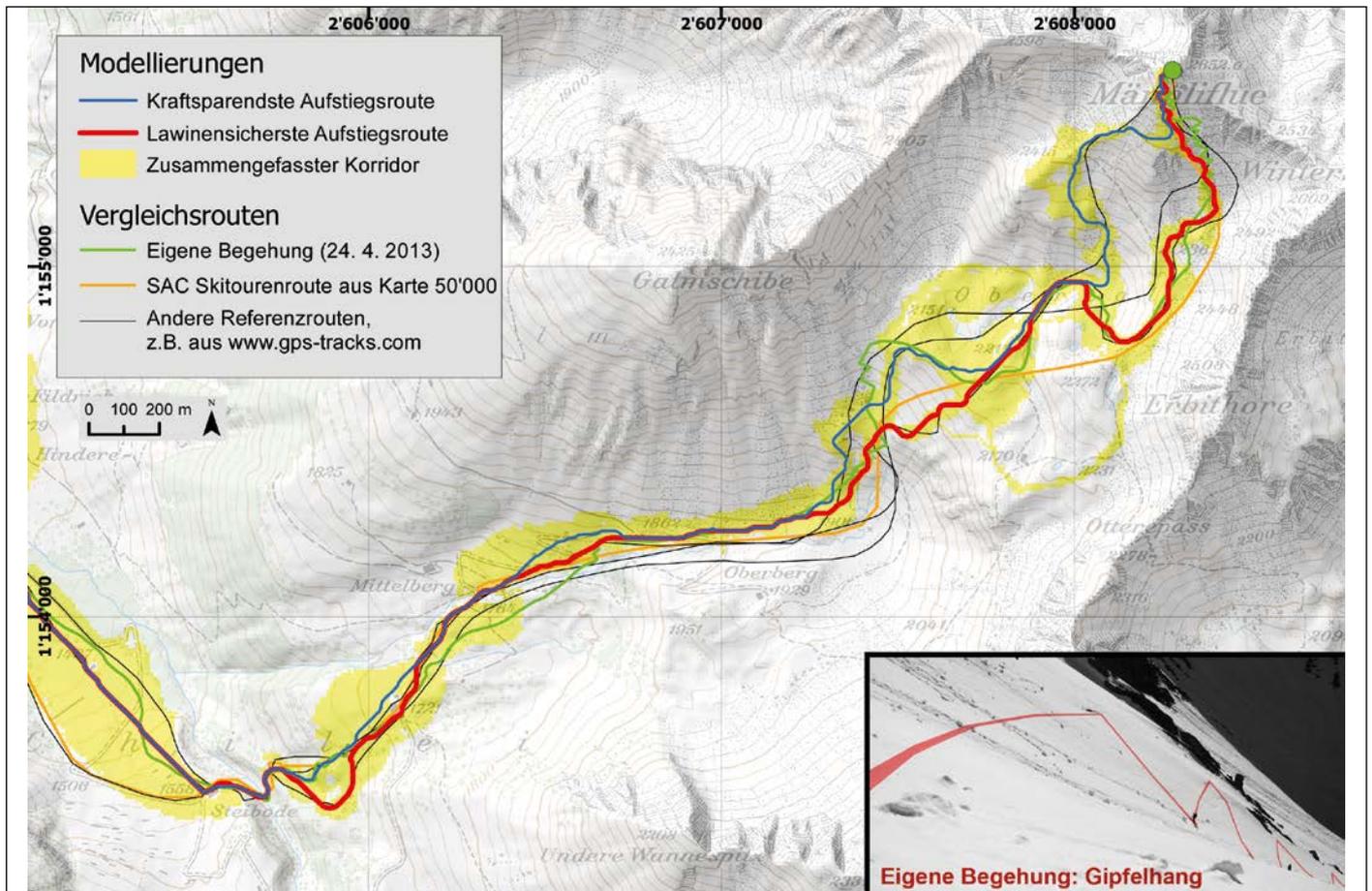


Abbildung 5: Vergleich der modellierten kraftsparendsten und lawinensichersten Aufstiegsroute und des Korridors mit der eigenen Begehung der Männlichflue und weiteren verfügbaren Routen. Quelle: eigener Entwurf.

(schwarz) und zur eigenen Begehung (grün). Die eigene Begehung der Männlichflue am 24. April 2013 verdeutlichte: Die GIS-Modellierungen sind nachvollziehbar und hilfreich in der Tourenplanung. Abbildung 5 zeigt, dass die Genauigkeit der berechneten Routen der zugrunde liegenden Karte 1:25.000 gerecht wird. Der Vergleich der modellierten Routen mit der Linienführung der eigenen Begehung in Abbildung 5 zeigt zudem auf, dass es kaum sinnvoll wäre, die modellierten Linien mit GIS noch präziser zu erzeugen. Die eigene am 24. April 2013 begangene Aufstiegsroute stellt in keiner Weise die bestmögliche Route dar, jeder Tourengeher würde diese Spur den jeweiligen Schnee-Verhältnissen anpassen und anders ins Gelände legen. Die Korridorfläche vermag unterschiedliche Linienführungen mit ähnlichem Charakter zusammenzufassen und bildet deshalb für die Tourenplanung eine nützlichere Information als eine einzelne modellierte Aufstiegslinie.

Der Aspekt Lawinensicherheit fließt in die Modellierung der lawinensichersten

Aufstiegsroute ein und führt dazu, dass die bei erheblicher Lawinengefahr kritischen Lawinhänge so lange wie möglich gemieden und so zurückhaltend wie möglich begangen werden. Dieses Ergebnis entspricht auch bei geringerer Lawinengefahr oft der optimalen Aufstiegsroute.

Abbildung 6 zeigt die Bewertung einzelner Routenabschnitte. Aufstiegsrouten und Korridor sind bezüglich GRM-Lawinenrisiko bei angenommener erheblicher Lawinengefahr in allen Expositionen und Höhenlagen eingefärbt. Eine Tabelle zeigt die bewerteten Routenabschnitte der lawinensichersten Route in 100-Höhenmeter-Abschnitten. Jedem Abschnitt ist das GRM-Lawinenrisiko für die Lawinengefahrenstufen gering, mäßig und erheblich, die Exposition und die durchschnittliche Anstrengung zugewiesen.

Die Internetumfrage zur Plausibilitätskontrolle dieser Ergebnisse füllten acht Bergführer und weitere 64 Skitourengänger aus. 13 Umfrageteilnehmer waren selbst schon auf einer oder mehrerer behandelten Skitouren unterwegs. Fast vier Fünftel der

Teilnehmer unternehmen selbstständig Skitouren. Das Umfrageecho auf die erzeugten und bewerteten Aufstiegsrouten fällt grundsätzlich sehr positiv aus. Dies zeigt das in Abbildung 6 ersichtliche Umfrageecho zu Linienführung und Bewertung der Routenabschnitte. Zudem lassen sich die Rückmeldungen aller Teilnehmer mit den Rückmeldungen der Bergführer vergleichen. Das individuelle Kartenstudium darf dabei jedoch nicht ersetzt, sondern soll unterstützt, erleichtert und auch für Anfänger besser greifbar werden.

7 ANWENDUNGSEIDEN

Die in Abbildung 5 und Abbildung 6 dargestellten Korridorflächen bilden eine konkrete Anwendungsidee des Berechnungsmodells.

Eine weitere Anwendungsidee wird in Abbildung 7 ersichtlich. Sie zeigt einen Entwurf einer Hinweiskarte Lawinenrisiko für die Skitourenplanung. Für deren Darstellung werden alle Hanglagen als ungünstig gemäß GRM (Harvey 2011) angenommen. Die Karte soll die Entschei-

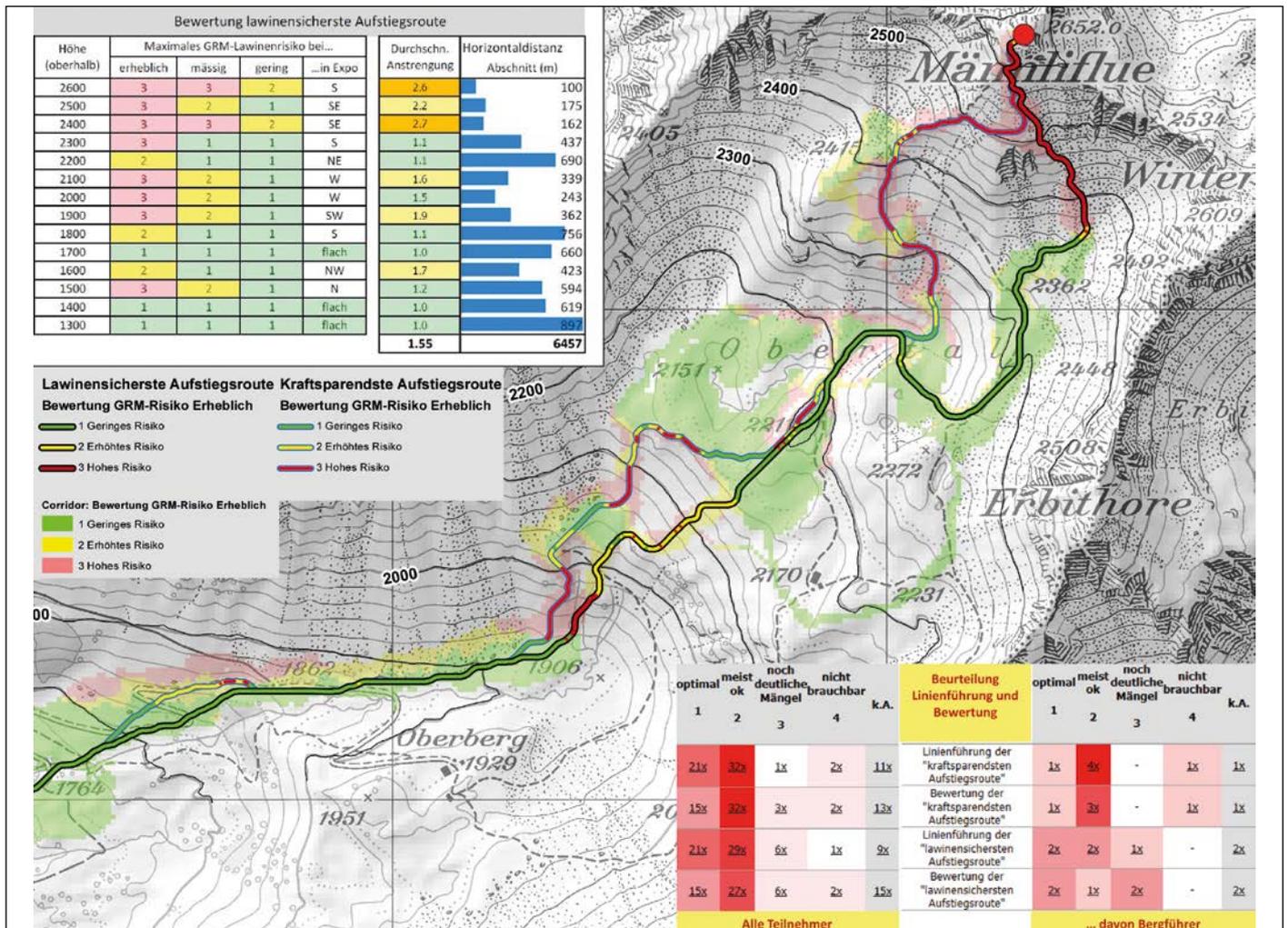


Abbildung 6: Bewertung der einzelnen Routenabschnitte bezüglich GRM-Lawinenrisiko, Anstrengung, Exposition und Höhenlage. Validierung der Ergebnisse mittels Umfrage. Quelle: eigener Entwurf.

derung unterstützen, welches Gelände bei welcher Lawinengefahrenstufe mit geringem oder erhöhtem GRM-Lawinenrisiko noch begehbar ist oder wegen des hohen GRM-Lawinenrisikos tabu sein sollte. Insbesondere kann der ganze Hang, wie er typischerweise bei erheblicher Lawinengefahr beurteilt werden muss, abgebildet werden.

Die Unterteilung der Hangbereiche in einzelne Hangneigungsklassen (steiler als 30°) und in darunter liegende mäßig steile Hangbereiche und Hangfußbereiche erfolgt nicht nur mit einer Hangneigungsklassierung, sondern auch mit Nachbarschaftsanalysen, welche den Hangdefinitionen aus der GRM für die Lawinengefahrenstufe erheblich gerecht werden. Hinweisend sind zudem die Hangbereiche innerhalb des Sektors Nord (von NW über N bis NO) identifizierbar, da sie häufig besonders gefährliche Lawinhänge bilden

(Munter 2009). Dichter Wald wird ebenfalls visualisiert, da darin oft erhöhter Schutz vor Lawinen besteht (Wicky 2012). Solche Hinweiskarten wären nicht nur digital, sondern auch in gedruckter Form nutzbar. Zwingend für deren Nutzung ist das Studium des aktuellen Lawinenlageberichts, der die erwartete Lawinengefahrenstufe in Abhängigkeit von Höhenlage, Exposition und weiteren Merkmalen beschreibt (SLF 2013).

8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Ergebnisse zeigen, dass sich mit einem GIS die optimale Skitourroute bezüglich Anstrengung und Lawinensicherheit grundsätzlich erzeugen lässt. Das Resultat ist stets eine Linie und eine Fläche, welche verschiedene Routen mit annähernd gleichem Aufstiegscharakter zusammenfasst und eine Hilfe für die Skitourplanung darstellen kann.

Skitourengeher könnten die bewährten Planungshilfen 3x3 und GRM dank GIS noch einfacher anwenden als bisher, insbesondere vor einer Tour bei der Planung zu Hause. Die Darstellung der optimal begehbaren Korridorfläche (vgl. Abbildung 5) und die Bezeichnung von erwarteten Schlüsselstellen einer Skitour (vgl. Abbildung 6) sind dabei ebenso nützlich wie neue Hinweiskarten mit dargestellten Hangbereichen in Abhängigkeit mit den GRM-Risikostufen (vgl. Abbildung 7). Es werden ständig neue Werkzeuge und bessere Internetkarten entwickelt, ein Beispiel davon bildet die im Dezember 2013 lancierte Tourenplanungsplattform WhiteRisk mit integrierter neuer Hangneigungskarte der swisstopo (Harvey 2013).

GIS-Entwickler müssen erkennen, dass eine weitere Optimierung der modellierten Skitourroute kaum Sinn macht. Im Unterschied zu einem Straßennetz führen viele

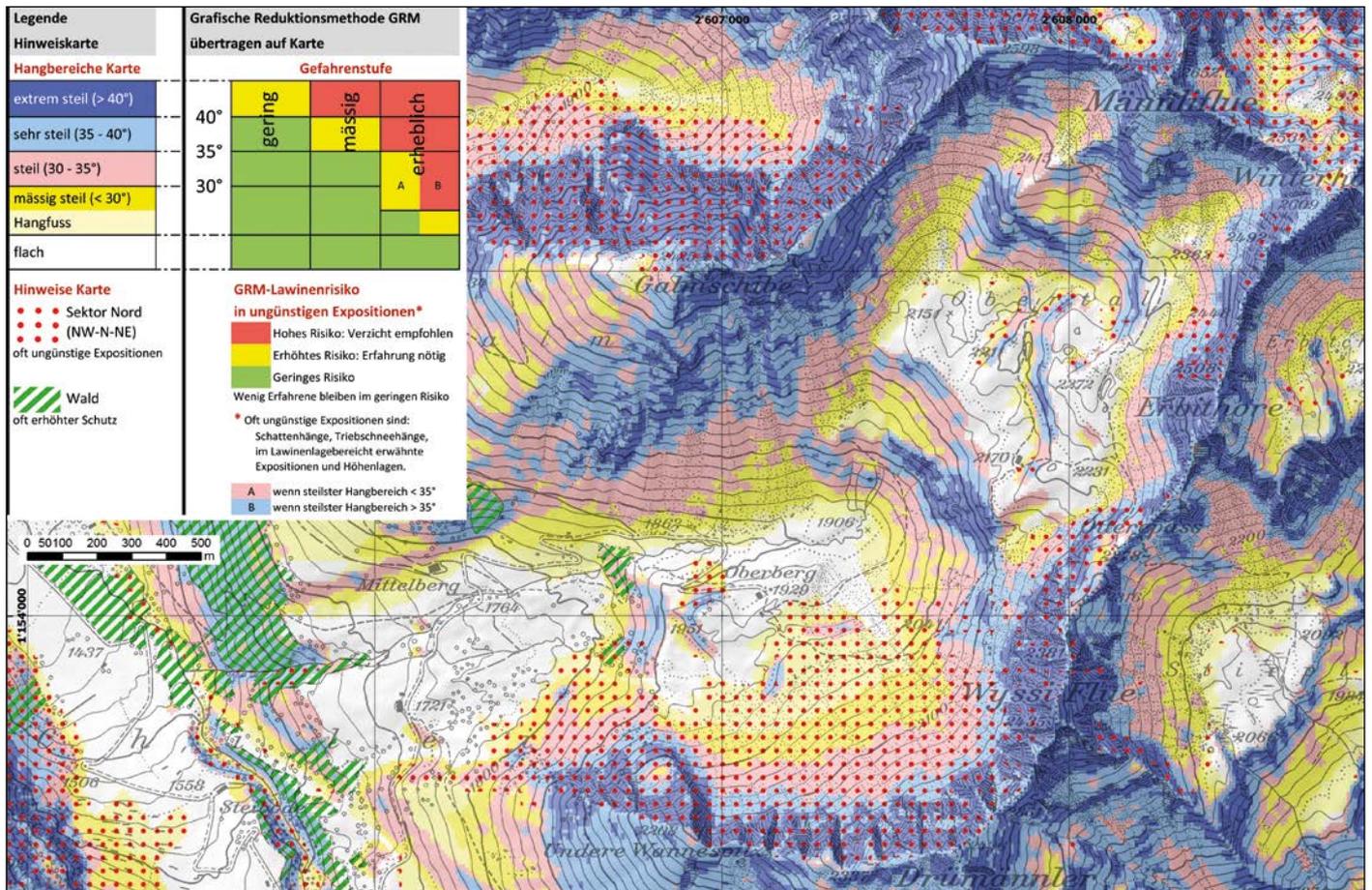


Abbildung 7: Hinweiskarte GRM-Lawinenrisiko für Skitourplanung, Anwendungsbeispiel: In ungünstigen Höhenlagen und Expositionen (aus dem aktuellen Lawinenlagebericht) sind bei Gefahrenstufe mässig die weißen, gelben und roten Flächen mit geringem GRM-Lawinenrisiko begehbar. Quelle: eigener Entwurf.

verschiedene Routenlinien unter annähernd denselben Bedingungen auf einen Gipfel. Entscheidend für GIS-Anwendungen in diesem Kontext ist ebenfalls die Wahl des Höhenmodells mit einer Rasterauflösung von 10 m (swisstopo 2013). Für Skitouren entscheidende Geländeformen können mit einer gröberen Auflösung nicht befriedigend

berücksichtigt werden, eine feinere Auflösung zeigt wiederum Details, welche in den meisten Schneelagen verschwinden. In einer GIS-Modellierung, nur mit der Angabe von Start und Ziel, können niemals alle Überlegungen in die Routenwahl einfließen, die bei einer seriösen Planung berücksichtigt werden. Insbesondere tagesak-

tuelle Schneebedingungen (Harvey 2012) oder das Verhalten der Skitourengruppe (Wicky 2012) lassen sich mit GIS nicht berücksichtigen. Solche Aspekte sind aber für viele Beurteilungen vor und während einer Tour entscheidend. Wahrnehmen, denken und entscheiden muss auch in Zukunft noch jeder selbst.

Literatur

BAFU (2013): Respektiere deine Grenzen. <http://www.respektiere-deine-grenzen.ch/>, Zugriff 11/2013.

.....

Eisank, C. (2007): Kleinräumige Lawinengefahrenkarten als ortsbasierter Dienst. Masterarbeit, Universität Salzburg.

.....

Eisank, C. (2010): Developing a semantic model of glacial landforms for objectbased terrain classification – the example of glacial cirques. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-4/C7.

.....

Eisenhut, A. (2013): Skitourplanung auf Knopfdruck? Die optimale Aufstiegsroute bezüglich Anstrengung und Lawinensicherheit, modelliert mit einem Geographischen Informationssystem (GIS). Masterarbeit, Universität Salzburg. http://www.aus-sicht.ch/thesis/UNIGIS_MasterThesis_Eisenhut.html, Zugriff 11/2013.

.....

Esri (2013): ArcGIS-Hilfe 10.1. <http://resources.arcgis.com/de/help/main/10.1/index.html#//na/00qn0000001p000000/>, Zugriff 11/2013.

Harvey, S. (2011): SLF, Achtung Lawinen. http://www.slf.ch/dienstleistungen/merkblaetter/Achtung_Lawinen2011.pdf, Zugriff 11/2013.

Harvey, S. (2012): Lawinenkunde: Praxiswissen für Einsteiger und Profis zu Gefahren, Risiken und Strategien. Outdoor-Praxis. Bruckmann Verlag.

Harvey, S. (2013): Tourenplanungsplattform WhiteRisk. <http://www.whiterisk.ch/>, Zugriff 11/2013.

Losey, S. (2013): Schutzwald in der Schweiz. Vom Projekt SilvaProtect-CH zum harmonisierten Schutzwald. Bundesamt für Umwelt, Bern, 29 S. und Anhänge.

Maurer, Y.-X. (2009): Analyse der Habitatvernetzung im Kanton Bern. Eine Vernetzungsanalyse basierend auf natürlichen und anthropogenen Ausbreitungswiderständen. Masterarbeit, Universität Salzburg.

Munter, W. (2009): 3 x 3 Lawinen: Risikomanagement im Wintersport. Pohl & Schellhammer.

Reit, H. (2011): Laserscandaten als Grundlage zur Identifizierung morphologischer Detailstrukturen alpiner Hänge. Masterarbeit, Universität Salzburg.

SLF (2013): RAMMS – Two-dimensional dynamics modeling of rapid mass movements in 3D alpine terrain. <http://ramms.slf.ch/ramms/>, Zugriff 11/2013.

SLF (2013): WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF. <http://www.slf.ch/>, Zugriff 11/2013.

swisstopo (2007): Skitourenkarten 1:50'000. 253S Gantrisch, 263S Wildstrubel. <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/maps/leisure/ski.html?mapnr=2>, Zugriff 11/2013.

swisstopo (2013): geodatanews 28. <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/docu/pub/topography/geodatanews.html>, Zugriff 11/2013.

tydac (2013): Hangneigungskarte mapplus. www.mapplus.ch, Zugriff 11/2013.

Utelli, H.-H.; Eisenhut, A. (2012): GIS-Analyse Skitourenrouten nach Risikostufe. http://www.bfu.ch/PDFLib/1799_105.pdf, Zugriff 11/2013.

Wicky, M. (2012): Lawinen und Risikomanagement: für Touren mit Ski, Snowboard oder Schneeschuhen. Grundlagen, Planung, Strategien, Mensch, Rettung. Bergpunkt AG.

 **Wichmann**

NEU

Geoinformationssysteme 2014

Beiträge zur 1. Münchner GI-Runde

 Wichmann

2014
VIII, 256 Seiten
48,- €

Technikwissen punktgenau:

Alle Beiträge des 19. Münchner Fortbildungseminars Geoinformationssysteme

Dieses völlig neue Konzept der Veranstaltung bietet eine interessante Durchmischung von Forschung, Entwicklung und Praxis.

Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder www.vde-verlag.de/140545