



Master Thesis - Extended Abstract

im Rahmen des
Universitätslehrganges „Geographical Information Science & Systems“
(UNIGIS MSc) am Interfakultären Fachbereich für GeoInformatik (Z_GIS)
der Paris Lodron-Universität Salzburg

zum Thema

Skitourenplanung auf Knopfdruck?

Die optimale Aufstiegsroute bezüglich Anstrengung
und Lawinensicherheit, modelliert mit einem
Geographischen Informationssystem (GIS)

vorgelegt von

Dipl. Ing. Landschaftsarchitekt FH Andreas Eisenhut
UP10590, UNIGIS MSc Jahrgang 2011

Zur Erlangung des Grades
„Master of Science (Geographical Information Science & Systems) – MSc(GIS)“

Gutachter:
Ao. Univ. Prof. Dr. Josef Strobl

Bern, 2. Juli 2013

SKITOURENPLANUNG AUF KNOPFDRUCK?

1 Einleitung / Thema

In dieser Master Thesis wird in experimenteller Herangehensweise ein neues GIS-Berechnungsmodell entwickelt, welches die optimale Aufstiegsroute für eine beliebige Skitour erstellt und bewertet. Es müssen dafür nur Start und Ziel der Skitour bekannt sein. Mit der optimalen Aufstiegsroute ist die *Bleistiftlinie* gemeint, wie sie in der traditionellen Skitourenplanung mit Hilfe von Lawinenbulletin, Skitourenführer und weiteren Planungshilfen auf die Landeskarte 1:25000 übertragen wird (vgl. Abb. 1).

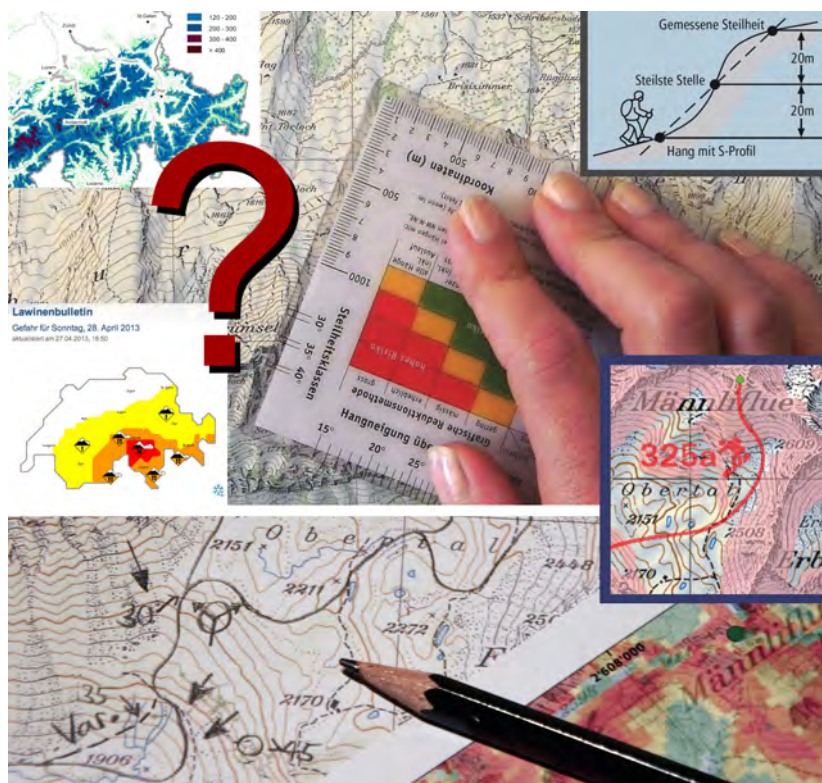


Abbildung 1: Forschungsfrage: Lässt sich die *optimale Aufstiegsroute* einer beliebigen Skitour mit dem Computer automatisch erzeugen, wenn nur Start und Ziel der Skitour bekannt sind? Quelle: Eigene Abb. aus [2], [4], [5], [7] und [9].

Im Literaturteil der Arbeit werden als Fundament für das GIS-Projekt die aktuelle Skitourenplanungspraxis und GIS-Arbeiten zu dieser Thematik zusammengetragen. Dem GIS-Berechnungsmodell liegen das neue Terrainmodell und Topografische Landschaftsmodell des Bundesamtes für Landestopografie (swisstopo¹) zugrunde. Das Terrainmodell ist seit März 2013 flächendeckend für die ganze Schweiz in einer neuen Qualität verfügbar [6]. Anhand von acht Skitouren in einem Testgebiet (vgl. Abb. 4) wird das Potenzial dieser neuen GIS-Daten für die Skitourenplanung ausgelotet.

¹www.swisstopo.ch (Zugriff: 2013-06)

2 Methodische Vorgehensweise

Skitourengänger² bewegen sich meist abseits von Strassen und Wegen und können über verschiedene Routen mehr oder weniger sinnvoll und sicher ihr Ziel erreichen. Vielschichtige Faktoren haben einen Einfluss auf die Routenwahl, so zum Beispiel potenzielle Lawinhänge bei gegebener Lawinenbulletinsituation [4], Sperrzonen wie Wildschutzgebiete, dichter oder offener Wald, Fusspassagen und nicht zuletzt ein möglichst kraftsparender Routenverlauf (konstante Steigung, vermeiden von Spitzkehren und Traversen).

Die gesuchte *optimale Aufstiegsroute* wird in erster Linie durch den Charakter des Skitourengeländes vorgegeben. Grundsätzlich zeigt sie diejenige Linie, welche gesamthaft betrachtet am kraftsparendsten ist (vgl. Abb. 2).

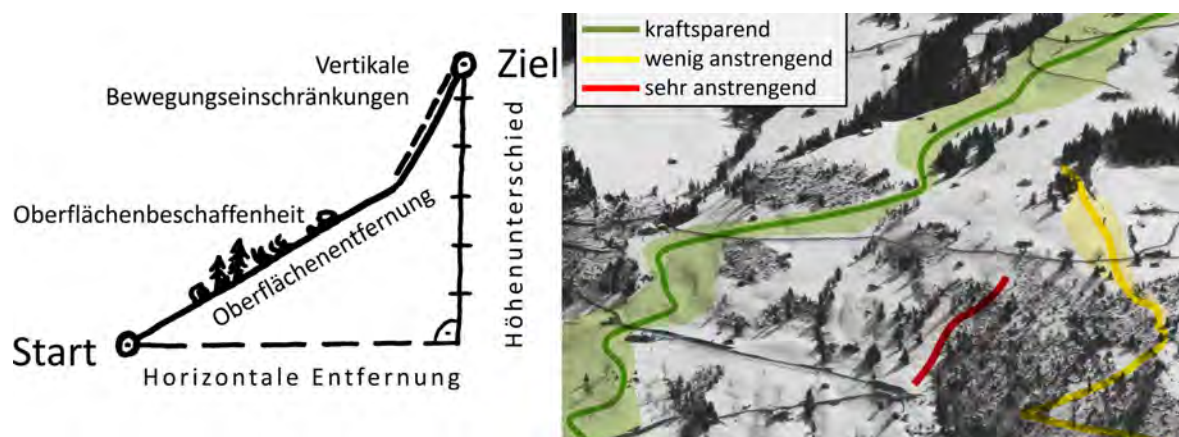


Abbildung 2: Konzept der *Verbindungsentfernung*: Die optimale Aufstiegsroute (grün) ist so *kraftsparend* wie möglich. Quelle: Eigene Abb.

Die Umsetzung dieser *optimalen Aufstiegsroute* erfolgt mit dem Konzept der *Verbindungsentfernung* (*Path Distance* [1], vgl. Abb. 2).

In Abb. 3 sind sämtliche GIS-Berechnungsschritte des Modells vereinfacht dargestellt. Ausgehend von der Datengrundlage folgt zuerst das *Berechnungsmodell Anstrengung, Begehbarkeit*. In diesem ersten Teilmodell werden die für Skitouren entscheidenden Gelände- und Oberflächenmerkmale nachvollziehbar in einer *Anstrengungs-Oberfläche* vereint.

In einem zweiten Schritt kommt die Lawinengefahr ins Spiel. Dabei fließt das Lawinenrisiko aus der *Grafischen Reduktionsmethode (GRM)* [3, S.19] für die Lawinengefahrenstufen *gering*, *mässig* und *erheblich* in das Berechnungsmodell mit ein. Es werden sowohl der *gefährdete Hangbereich* [8] als auch die *Schutzwirkung des Waldes* mit berücksichtigt.

Die optimale Aufstiegsroute wird folglich als kraftsparendste Linie und als lawinensichere Linie erstellt. Ergänzend zu diesen Linien zeigt eine modellierte Korridorfläche diejenigen Geländebereiche, welche unter ähnlichen Bedingungen wie die Aufstiegsrouten begehbar sind. Das Modell bewertet zudem jeden Routenabschnitt der Aufstiegsrouten und der Korridorfläche bezüglich Lawinensicherheit, Anstrengung, Exposition und Höhenlage, sodass die Schlüsselstellen einer Skitour sichtbar gemacht werden können.

²Die männliche Form gilt für beide Geschlechter.

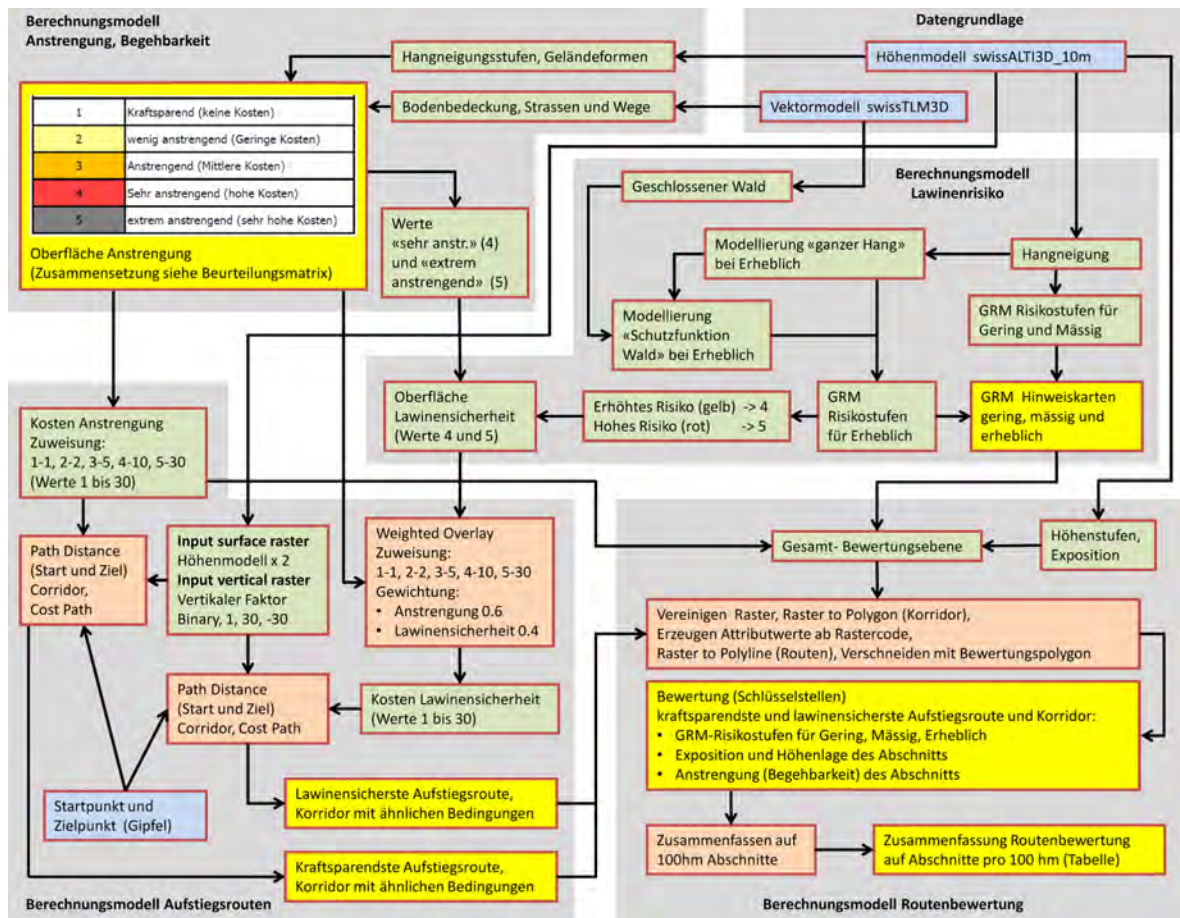


Abbildung 3: Schematische Gesamtübersicht des GIS-Berechnungsmodells mit Eingangsdaten (blau), Zwischenresultaten (grün), Werkzeugen (rot) und Ergebnissen (gelb).

Quelle: Eigene Abb.

In dieser Arbeit nicht behandelt werden die Lawinengefahrenstufen *gross* und *sehr gross*, Absturz-, Spaltensturz- und Wäcchtenbruchgefahr, die optimale Abfahrtsroute, rechtliche Aspekte sowie weitere Nutzergruppen (z.B. Freerider).

Ist eine Route berechnet und bewertet, sollen Aussagen möglich sein, ab welcher Gefahrenstufe eine Tour begehbar ist, bzw. darauf verzichtet werden soll, und welcher Grob-Charakter (Exposition, Höhenlage, Geländebeschaffenheit) diese Tour aufweist.

Als GIS-Software wird *ESRI ArcGIS Desktop Version 10.0*³ verwendet. Sämtliche Berechnungsschritte sind mittels *ArcGIS ModelBuilder* umgesetzt und lassen sich für ein beliebiges Gebiet in der Schweiz anwenden. Bei ähnlicher Datengrundlage ist die Verwendung auch in anderen Ländern möglich.

Die Modellierungsergebnisse werden mit den Skitourenrouten des Schweizer Alpen-Club SAC [5] sowie einer eigenen Begehung verglichen. Zusätzlich überprüfen Skitourengehänger unterschiedlicher Niveaus (Anfänger bis Bergführer) die Ergebnisse in einer Umfrage hinsichtlich Qualität und Praxistauglichkeit.

³<http://www.esri.de/products/arcgis/about/desktop.html> (Zugriff: 2013-05)

3 Ergebnisse

Die Abb. 4 zeigt auf, dass die GIS-Berechnung von Skitouren-Aufstiegsrouten im Vergleich mit den SAC-Skitourenrouten [5] gute Resultate liefert. Die Modellierungen folgen meist den SAC-Routen 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 fehlt.

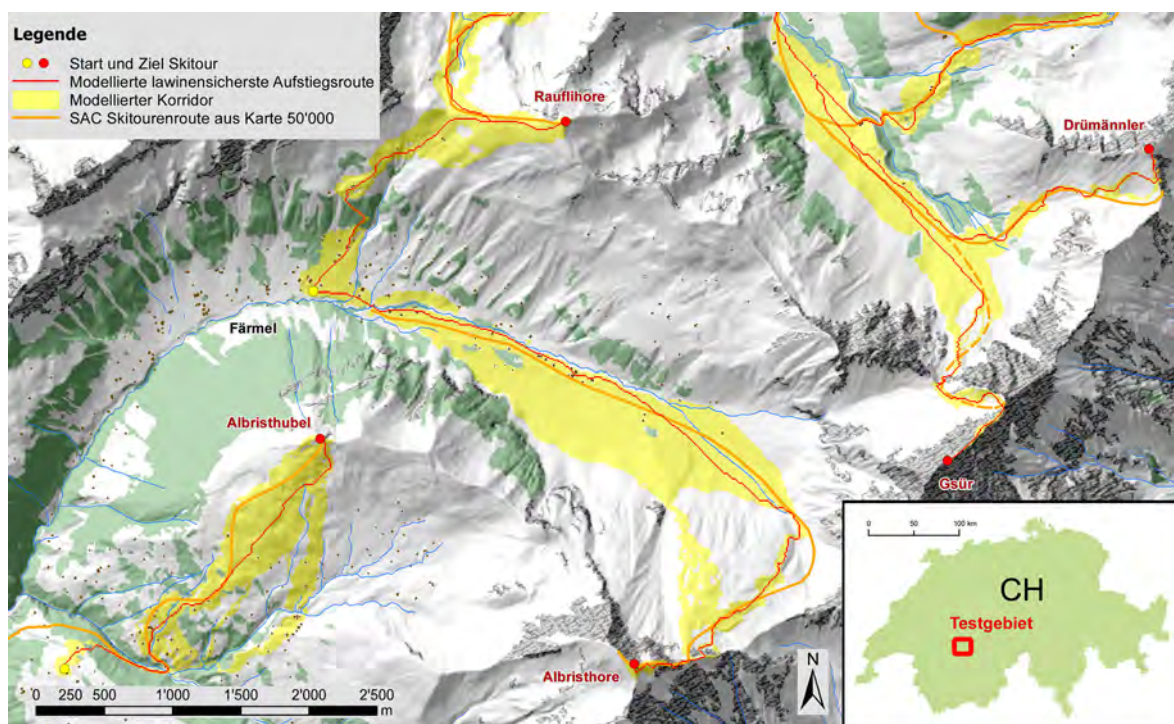


Abbildung 4: Vergleich der Modellierungen (Aufstiegsrouten und Korridore) mit den SAC-Skitourenrouten der LK 1:50000 [5]. Quelle: Eigene Abb.

Abb. 5 zeigt die modellierte *kraftsparendste* (blau) und *lawinensicherste* Aufstiegsroute (rot) und den berechneten Korridor (gelb) im Vergleich zu Referenzrouten (schwarz) und zur eigenen Begehung (grün). Die eigene Begehung der Männliflue am 24. April 2013 verdeutlichte: Die GIS-Modellierungen sind nachvollziehbar und hilfreich in der Tourenplanung. Die Abb. 5 zeigt, dass die Genauigkeit der berechneten Routen der zugrunde liegenden Karte 1:25000 gerecht wird.

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 geringer Lawinengefahr oft der *optimalen Aufstiegsroute*.

Der Vergleich mit der Linienführung der eigenen Begehung inkl. der einzelnen Spitzkehren zeigt zudem auf, dass es kaum sinnvoll wäre, die modellierten Linien mit GIS noch präziser zu erzeugen. Es ist nicht Ziel der Arbeit, die einzelne Spitzkehre zu modellieren, wie es die grüne Linie zeigt.

Die eigene am 24. April 2013 begangene Aufstiegsroute ist in keiner Weise *in Stein gemeisselt*, jeder Tourengänger würde diese Spur anders ins Gelände legen. Die Korridorfläche vermag unterschiedliche Linienführungen mit ähnlichem Charakter grösstenteils zusammenzufassen und bildet deshalb für die Tourenplanung eine nützlichere Information als eine einzelne modellierte Aufstiegslinie.

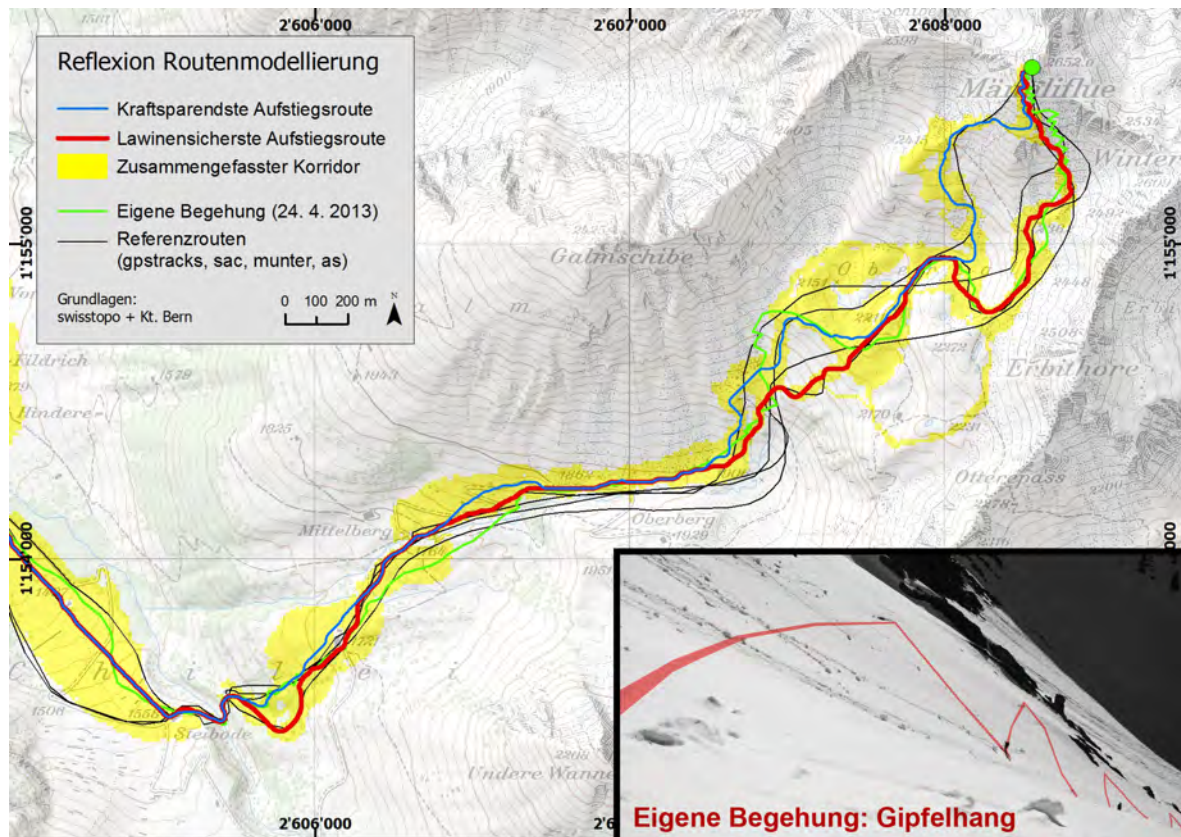


Abbildung 5: Vergleich der modellierten *kraftsparendsten und lawinensichersten Aufstiegsroute* und des *Korridors* mit der eigenen Begehung der Männliflue und weiteren Referenzrouten. Quelle: Eigene Abb.

Die Online-Umfrage füllten 72 Skitourengeher, davon acht Bergführer, mit teils ausführlichen Kommentaren aus. 13 Umfrage-Teilnehmer waren selbst schon auf derselben Route wie die Test-Skitour auf der Männliflue. Fast vier Fünftel der Umfrage-Teilnehmer unternehmen selbstständig Skitouren. Die Karten zur Umfrage können interaktiv am Computer betrachtet werden⁴.

Das Umfrage-Echo auf die erzeugten und bewerteten Aufstiegsrouten fällt grundsätzlich sehr positiv aus. Dies zeigt Abb. 6 mit eingefärbten Routen und Korridor bez. Anstrengung, mit der Bewertung der kraftsparendsten Route in 100hm-Abschnitten sowie der Rückmeldung aus der Umfrage zu Linienführung und Bewertung der Aufstiegsrouten. Zudem lässt sich die Rückmeldung aller Teilnehmer mit den Rückmeldungen der Bergführer vergleichen.

⁴GoogleEarth-Datei: http://www.aus-sicht.ch/images/msc/Skitourenplanung_GIS_Eisenhut.kmz (Zugriff: 2013-06).

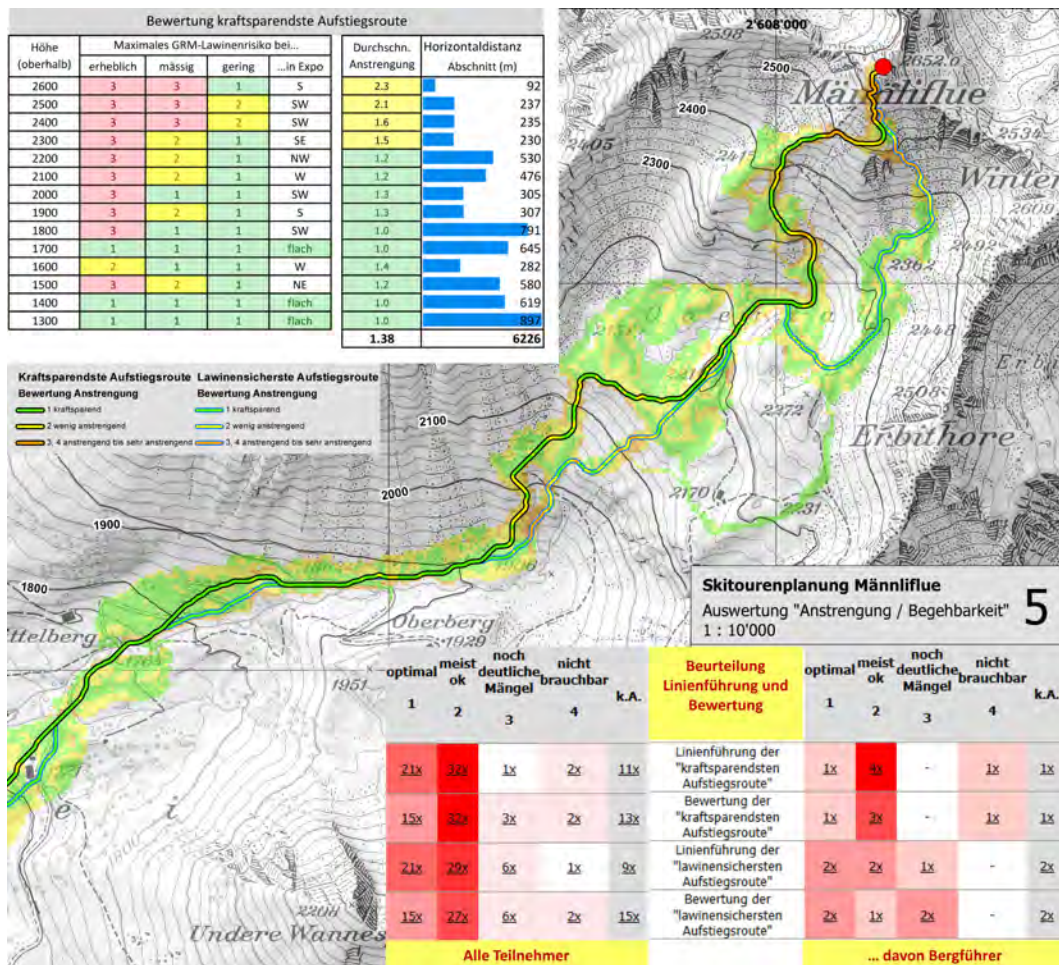


Abbildung 6: Linienführung und Bewertung der Aufstiegsrouten mit Umfrageergebnissen. Quelle: Eigene Abb.

4 Diskussion

Diese Arbeit zeigt auf, dass sich mit einem GIS die optimale Aufstiegsroute bezüglich Anstrengung und Lawinensicherheit als Linie und als Fläche (Korridor) für einen beliebigen Ort der Schweiz erzeugen lässt.

Im Verlauf der Arbeit sind zudem einige konkrete Anwendungsideen entstanden, ein Beispiel davon bildet der in Abb. 7 vorgestellte Entwurf einer *Hinweiskarte Lawinenrisiko für die Skitourenplanung*. Für deren Darstellung werden alle Hanglagen als *ungünstig gemäss GRM* [9, S.31] angenommen. Die Karte soll die Entscheidung unterstützen, welches Gelände bei welcher Gefahrenstufe mit geringem GRM-Lawinenrisiko noch begehbar ist. Während der Tour könnte sie zudem als Hilfe zur Einschätzung der tatsächlichen Lawinengefahr dienen. Der Risikobereich für *erheblich* ist unterteilt in Steilhänge (steiler als 30°) und in darunter liegende *mässig steile* Hangbereiche, welche zum flachen Gelände hin unscharf abgegrenzt sind. Präzisere Eingrenzungen von Schlüsselstellen im Lawinenbulletin sollen auch Anfänger berücksichtigen können. Dies wird mit dem gestrichelten Pfeil in der Legende angedeutet. Eine solche Karte wäre nicht nur digital, sondern auch in gedruckter Form nutzbar.

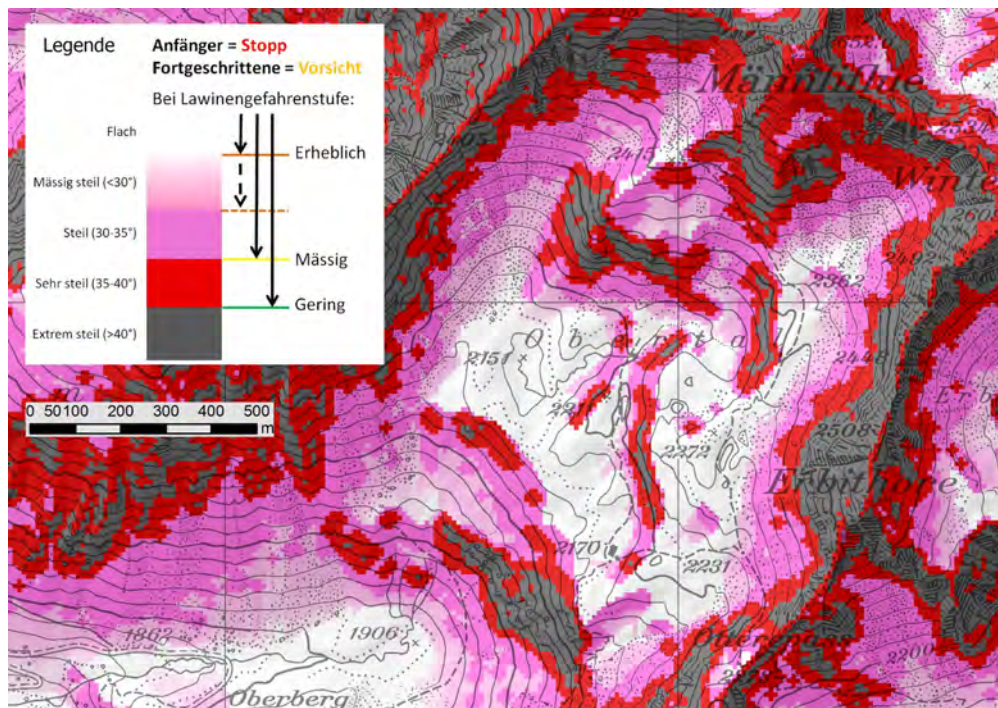


Abbildung 7: Darstellungsvorschlag *Hinweiskarte Lawinenrisiko für Skitourenplanung*: Je nach Gefahrenstellen des Lawinenbulletins sind für Anfänger bei *erheblich* bereits *mässig steile* oder *steile* Hänge tabu. Quelle: Eigene Abb.

Skitourenengänger können die bewährten Planungshilfen *Beurteilungs- und Entscheidungsrahmen 3x3* [2] und *Grafische Reduktionsmethode GRM* [3, S.19] dank GIS noch einfacher anwenden als bisher, insbesondere vor einer Tour bei der Planung zu Hause.

Die Darstellung der optimal begehbaren Korridorfläche (vgl. Abb. 5) und die Bezeichnung von erwarteten Schlüsselstellen einer Skitour (vgl. Abb. 6) sind dabei ebenso nützlich wie neue Hinweiskarten mit Hangneigungen oder defensiv dargestelltem GRM-Lawinenrisiko (vgl. Abb. 7). Es werden ständig neue Planungswerkzeuge und bessere Internetkarten entwickelt. Die auf den Winter 2013/14 angekündigte Aktualisierung von *WhiteRisk* [4] wird diesbezüglich mit Spannung erwartet. Das individuelle Kartenstudium darf dabei nicht ersetzt, sondern soll unterstützt, erleichtert und auch für Anfänger besser greifbar werden.

GIS-Entwickler müssen erkennen, dass eine weitere Optimierung der Skitourenlinie kaum Sinn macht. Im Unterschied zu einem Strassennetz führen viele verschiedene Routenlinien unter annähernd denselben Bedingungen auf einen Gipfel. Die mit GIS erzeugte optimale Skitour ist stets eine Fläche, welche diese verschiedenen Linien zusammenfasst. Eine mögliche Abgrenzung dieser Fläche (Korridor) und einige Ideen zur Weiterentwicklung des Berechnungsmodells werden in der Master Thesis aufgezeigt.

Entscheidend für GIS-Anwendungen in dieser Thematik ist ebenfalls die Wahl des Höhenmodells mit einer Rasterauflösung von 10m [6]. Für Skitouren entscheidende Geländeformen können mit einer gröbereren Auflösung nicht befriedigend berücksichtigt werden, eine feinere Auflösung zeigt wiederum Details, welche in den meisten Schneelagen verschwinden.

GIS-Auswertungen werden trotz verbesserter Datengrundlage auch in Zukunft stets klare Grenzen aufweisen und lediglich als Planungshinweise dienen. Insbesondere tagesaktuelle Verhältnisse wie *frischer Triebsschnee* [3, S.76] oder *kritische Neuschneemenge* [3, S.70] und der gesamte *Faktor Mensch* des *3x3* [9, S.55] lassen sich mit GIS kaum berücksichtigen. Genau diese Aspekte sind aber für viele Beurteilungen vor und während der Tour entscheidend. Daher können nur mit der Angabe von Start und Ziel niemals alle Überlegungen in die Routenwahl einfließen, die sich ein Tourengänger beim manuellen Einzeichnen der optimalen Aufstiegsrouten macht (vgl. Abb. 1).

Zwar könnten tagesaktuelle Verhältnisse und individuelle Planungsüberlegungen ebenfalls in die Modellierung einfließen, wenn der (grobe) Routenverlauf vorgängig manuell erfasst und anschliessend mit dem GIS-Modell optimiert würde. Wahrnehmen, denken und entscheiden muss aber auch in Zukunft noch jeder selbst.

Schlüsselwörter:

Skitouren, GIS, Path Distance, Tourenplanung 3x3, Grafische Reduktionsmethode GRM

Literatur

- [1] ESRI: *ArcGIS-Hilfe 10.1*. <http://resources.arcgis.com/de/help/main/10.1/index.html#/na/00qn0000001p000000/>, 2013.
- [2] HARVEY, S., J. SCHWEIZER und H. RHYNER: *Achtung Lawinen*. http://www.slf.ch/dienstleistungen/merkblaetter/Achtung_Lawinen2011.pdf, 2011.
- [3] HARVEY, S., J. SCHWEIZER und H. RHYNER: *Lawinenkunde: Praxiswissen für Einsteiger und Profis zu Gefahren, Risiken und Strategien*. Outdoor-Praxis. Bruckmann Verlag GmbH, 2012.
- [4] SLF: *WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF*. <http://www.slf.ch/>, 2011.
- [5] SWISSTOPO: *Skitourenkarten 1 : 50'000 253S Gantrisch, 263S Wildstrubel*. <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/products/maps/leisure/ski.html?mapnr=2>, 2007.
- [6] SWISSTOPO: *geodatanews 28*. <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/docu/pub/topography/geodatanews.html>, 04 2013.
- [7] TYDAC: *Hangneigungskarte mapplus*. www.mapplus.ch, 2013.
- [8] UTELLI, H.-H. und A. EISENHUT: *GIS-Analyse Skitourenrouten nach Risikostufe*. http://www.bfu.ch/PDFLib/1799_105.pdf, 2012.
- [9] WICKY, M.: *Lawinen und Risikomanagement: für Touren mit Ski, Snowboard oder Schneeschuhen: Grundlagen, Planung, Strategien, Mensch, Rettung*. Bergpunkt AG, 2012.

Zugriff Internetquellen: 2013-06