













Manuela Egeter
CAS - GIS in der Planung
HS 14/15 | HSR Rapperswil

Inhalt

Einleitung Idee	5 5
Fragestellung Zielsetzung	5 5
Offizielle Wanderwegkategorien Wanderweg Bergwanderweg	6 6
Alpinwanderweg	6
Die Angst vor der Höhe Höhenangst Höhenschwindel	8 8 8
Getroffene Annahmen Kriterien Modellannahmen Aufgabe	9 9 9
Perimeter	10
Grundlagen	11
Technischer Teil Verwendete Software Vorbereitung der Analyse Aufbereitung der Grundlagen	12 12 12 12
Zwischenergebnisse Lage im Hang Hangneigung Hangneigung unterhalb der Wege Übertrag Hangneigung auf Wege Wegabschnitte im Wald Lage der Wege im Gelände Exponiertheit der Wege Auswahl der relevanten Wege	13 14 16 18 20 22 24 26 28

3

Impressum

Titel: «Schwindelfrai dur dä Alpstai»

Manuela Egeter Verfasserin:

Begleitende Dozenten:

Andreas Eisenhut, Roger Bräm, Hans-Michael Schmitt CAS - GIS in der Planung HS 14/15 Modul: HSR Hochschule für Technik Rapperswil Hochschule:

Abgabetermin: 9. März 2015

30
30
30
30
32
32
33
34
35

Einleitung

ldee

Die Grundidee besteht darin, die bestehenden drei offiziellen Wanderwegkategorien weiter zu differenzieren. Verschiedene Möglichkeiten dazu sind diskutiert worden. Einerseits gibt es die Möglichkeit mittels attraktiven Punktobjekten wie kulturellen oder natürlichen Sehenswürdigkeiten bestimmte Wegrouten für gezielte Nutzergruppen zu ermitteln. Andererseits können die Wege selbst beispielsweise bezüglich der Aussicht bzw. Einsicht von / auf die Wanderwege oder den besonderes exponierten Wegabschnitten mit Absturzgefahr analysiert werden. Weitere mögliche Aspekte sind z. B. saisonale Unterschiede, also etwa zu welcher Jahreszeit welche Wege begehbar und welche besonders attraktiv sind. Als Perimeter sollte natürlich mein «Lieblingswandergebiet», der Alpstein dienen.

Fragestellung

Aus persönlichen Interessen habe ich mich schliesslich für das Thema Höhenangst und Höhenschwindel entschieden. Es sollen jene Wegpassagen in voralpinem Gebiet ermittelt werden, welche besonders dazu neigen Höhenschwindel (evtl. sogar Höhenangst) auszulösen. Wenn diese bekannt sind, kann ihnen bereits bei der Routenplanung ausgewichen werden.





Zielsetzung

Da sich meine Erfahrungen mit Geoinformationssystemen vor dem Kurs auf einfache Vektoranalysen und Printkartengestaltungen beschränken, möchte ich nun mit dieser Arbeit die Möglichkeit nutzen, Erfahrungen mit Rasteranalysen zu sammeln. Im Vordergrund steht dabei auch die Automatisierung der Arbeitsschritte mit dem «Model Builder». Für jeden einzelnen Arbeitsschritt soll dabei ein neues Modell angelegt werden. Eine saubere Modellierung inklusive nachvollziehbarer Dokumentation sind mir sehr wichtig, um die einzelnen angewendeten Prozesse auch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehen zu können.

Zusätzlich sollen neben dem mir vertrauten Erstellen von Printkarten, auch verschiedene Publikationsmöglichkeiten bezüglich Webkarten getestet werden.

Inhaltlich sollen also jene Wegpassagen im Alpstein ermittelt werden, welche besonders exponiert sind und damit das Risiko für Höhenschwindelanfälle erhöhen. Eventuell können verschiedene Kategorien mit einem unterschiedlichen Risiko erstellt werden.

Offizielle Wanderwegkategorien

(Quelle: www.wandern.ch/de/wanderwege/wegkategorien: 5.12.14) Wanderwege liegen in der Regel ausserhalb des Siedlungsgebietes und erschliessen für die Erholung geeignete Gebiete, schöne Landschaften, kulturelle Sehenswürdigkeiten oder touristische Einrichtungen. Das Wanderwegnetz besteht aus allen miteinander verknüpften Wander-, Bergwander- und Alpinwanderwegen. Diese verschiedenen Kategorien stellen un-

terschiedliche Anforderungen an die Benutzer und sind auf

Abb. 2 Die offiziellen Wanderweg-Piktogramme



Wanderweg

verschiedene Arten markiert.

Wanderwege verlaufen oft auf breiten Wegen. Sie können aber auch schmal und uneben angelegt sein. Steile Passagen werden mit Stufen überwunden und Absturzstellen mit Geländern gesichert. Abgesehen von der gewöhnlichen Aufmerksamkeit und Vorsicht stellen Wanderwege keine besonderen Anforderungen an die Benützer und Benützerinnen. Das Tragen fester Schuhe mit griffiger Sohle, eine der Witterung entsprechende Ausrüstung und topografische Karten werden empfohlen. Die Signalisation besteht aus gelben Wegweisern, Rhomben und Richtungspfeilen.



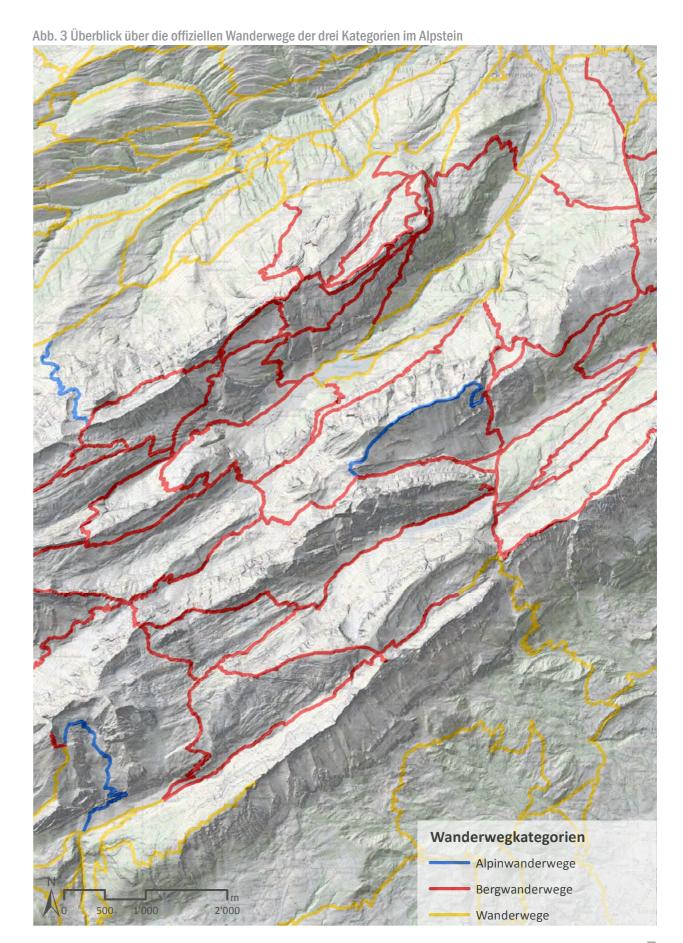
Bergwanderweg

Bergwanderwege erschliessen teilweise unwegsames Gelände und verlaufen überwiegend steil, schmal und teilweise exponiert. Besonders schwierige Passagen sind mit Seilen oder Ketten gesichert. Benützer/innen müssen trittsicher, schwindelfrei und in guter körperlicher Verfassung sein sowie die Gefahren im Gebirge kennen (Steinschlag, Rutsch- und Absturzgefahr, Wetterumsturz). Die für Wanderwege empfohlene Ausrüstung wird vorausgesetzt. Die Signalisation besteht aus gelben Wegweisern mit weiss-rot-weisser Spitze und weissrot-weissen Markierungen.



Alpinwanderweg

Alpinwanderwege führen teilweise über Schneefelder, Gletscher oder Geröllhalden und durch Fels mit kurzen Kletterstellen; teils weglos. Bauliche Vorkehrungen können nicht vorausgesetzt werden. Benützer/innen müssen trittsicher, schwindelfrei und in sehr guter körperlicher Verfassung sein sowie die Gefahren im Gebirge sehr gut kennen. Zusätzlich zur Ausrüstung für Bergwanderwege können Kompass, Seil, Pickel und Steigeisen nötig sein. Die Signalisation besteht aus blauen Wegweisern mit weiss-blau-weisser Spitze und weiss-blau-weissen Markierungen.



Die Angst vor der Höhe...

 $(Verändert\ nach:\ sprechzimmer.ch/h\"{o}henschwindel\ und\ www.lebenshilfe-abc.de/hoehenangst:\ 12.12.14)$ $\ \ H\"{o}henangst$

Rund 4% der Bevölkerung leiden an Akrophobie, besser bekannt als Höhenangst. Höhenangst ist eine anhaltende und unangemessene Angst vor Höhen und gehört zu den spezifischen Phobien. Sie kann aus heiterem Himmel kommen und dient als biologisches Warnsystem, welches jedoch bei jeder betroffenen Person unterschiedlich sensibel reagiert.

Höhenschwindel

An Höhenschwindel jedoch leiden rund 28% der Bevölkerung! Beim Höhenschwindel führt ein konkreter Auslöser, etwa ein ausgesetzter Grat oder ein exponierter Aussichtspunkt zum Schwindelgefühl. Anfällige Personen suchen dann im Raum nach visuellen Haltepunkten, finden aber im näheren Umkreis nicht genügend davon. Die Folge ist, dass im Körper der Informationsfluss zwischen der visuellen Wahrnehmung und der Steuerung der Körperhaltung gestört wird. Die Haltungskorrektur macht der Körper, indem er die optischen Informationen auswertet. Gibt es zu wenig davon, reagiert der Körper unkontrolliert und beginnt zu schwanken, was Betroffene als Unwohlsein und Schwindel empfinden. Nahezu jeder, der mit Skiern bei schlechter Sicht einmal in einer kontrastlosen Schneelandschaft unterwegs war, kennt dieses Phänomen. Körperliche oder geistige Erschöpfung können Höhenschwindel verstärken, wobei zum Schwindelgefühl häufig andere Anzeichen hinzukommen: Schweissausbrüche, Zittern, Herzrasen, Übelkeit, «weiche Knie». Höhenschwindel kann aber auch eine seelische Komponente besitzen – ohne gleich eine ausgewachsene Phobie zu sein. «Psychogen», aus der Seele entstanden, nennen Fachleute diese Form des Höhenschwindels: Die äussere Balance gerät aus dem Lot, weil die innere gestört ist; Probleme im Kopf führen zu Problemen mit dem Gleichgewicht. Ähnlich wie bei der Höhenangst kommt auch hier Stress im Berufsoder Privatleben als Auslöser in Betracht.

Meistens beginnt der Höhenschwindel erst im zweiten Lebensjahrzehnt, kann dann aber das ganze Leben lang bestehen bleiben. In mehr als der Hälfte der Fälle verschlimmert sich das Phänomen über die Jahre sogar noch. Und bei rund der Hälfte der betroffenen Personen beeinträchtigt dieses Symptom ihr Verhalten und ihre Lebensqualität. Die Umwelt wird dann nur noch eingeschränkt wahrgenommen, der Gang wird unsicher und die Gefahr von Stürzen wächst.

- Soweit möglich, sollten Weit- und Tiefblicke vermieden und die Konzentration auf die nächsten Schritte gerichtet werden.
- Es ist zu vermeiden, an ausgesetzten Stellen frei zu stehen, ohne sich festzuhalten.
- Beim Blick hinunter sollte man sicherstellen, dass sich kontrastreiche Gegenstände im seitlichen Blickfeld befinden, da die Stabilisierung der Lage über die Peripherie der Netzhaut erfolgt.
- Ein kurzer Blick in die Tiefe beeinträchtigt weniger, da der Höhenschwindel erst nach einigen Sekunden entsteht.
- Das Beobachten von bewegten Objekten, wie Wolken oder Vögeln, oder ein Blick durch ein Fernglas erhöht das Schwindelgefühl und ist nicht zu empfehlen.
- Extreme Kopfpositionen sollten vermieden werden, um den Sinnesorganen die Arbeit nicht zusätzlich zu erschweren.

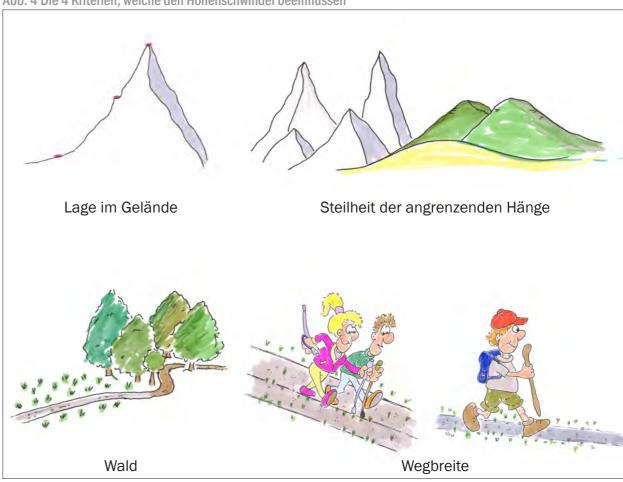
Getroffene Annahmen

Kriterien

Daraus abgeleitet werden für diese Arbeit vier Kriterien festgelegt, welche einen grossen Einfluss darauf haben, ob ein Wegabschnitt ein Risiko für Höhenschwindelbetroffene darstellt, oder nicht. Einerseits spielt die angrenzende Hangneigung unterhalb der Wege eine grosse Rolle, zusammen mit der Lage im Gelände, also ob der Weg einseitg oder beidseitg exponiert liegt. Andererseits besteht die Gefahr hauptsächlich bei schmalen Wegen, welche sich nicht im Wald befinden und sich somit ein weites Sichtfeld bietet.

Das Risiko erhöht sich beim zusammen treffen mehrerer Kriterien, allerdings kann auch eine Gefahr bestehen, wenn nicht alle Kriterien erfüllt sind.

Abb. 4 Die 4 Kriterien, welche den Höhenschwindel beeinflussen



Modellannahmen

- Je exponierter der Weg, desto schlimmer
- · Je steiler der angrenzende, unterhalb liegende Hang, desto schlimmer
- Die Beschaffenheit des Hangs spielt keine Rolle (Gras, Fels, Geröll,...)
 - -> Wald mildert die Situation jedoch (Behinderung der Sicht)
- Wie hoch die angrenzende Felswand ist, spielt keine Rolle
- · Je schmaler der Weg ist, desto schlimmer

Aufgabe

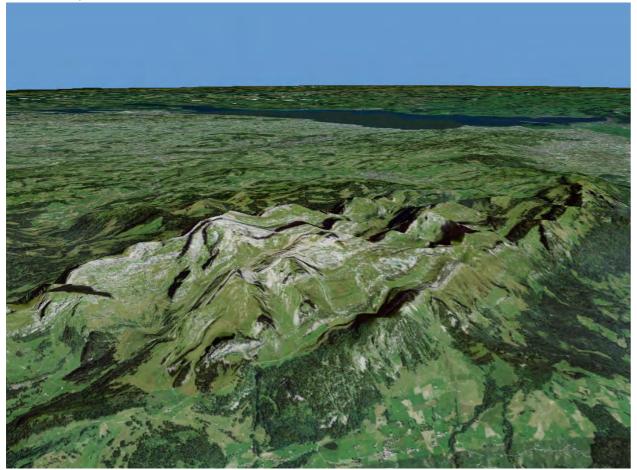
Die besonders exponierten, schmalen Wege ausserhalb des Waldes finden.

Perimeter

Als Perimeter dient das Alpsteinmassiv zwischen Wildhaus und Weissbad. Aufgrund guter Ortskenntnisse, welche für diese Arbeit unabdingbar sind, ist dies der am besten geeignete Perimeter. Das Gebiet erstreckt sich von Weissbad auf gut 800 m ü. M. über den Säntis mit über 2500 m ü. M. wieder hinunter nach Wildhaus auf gut 1000 m ü. M.

Dass Andi Eisenhut als begleitender Dozent das Gebiet ebenfalls sehr gut kennt, half bei der Justierung der Parameter zusätzlich. Zur Überprüfung / Plausibilisierung der Ergebnisse stellte er mir seine subjektiven Eindrücke als Shapedatei zur Verfügung.

Abb. 5 Das Alpsteinmassiv im Osten der Schweiz



Datengrundlagen

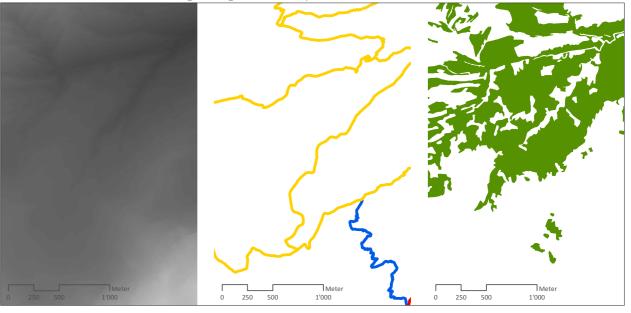
Die folgende Tabelle bietet einen Überblick über die verwendeten Input-Geodaten. Alle Daten wurden über den HSR Datenserver bezogen.

Bezeichnung	Datentyp	Verwendete Angaben	Datenquelle / Datenherrschaft
Digitales Höhen-	Raster Dataset	Höhe, Neigung, Aus-	Swisstopo
modell swissALTI3D	Maschenweite 2m	richtung	
TLM_Strasse	Vektor	Wanderwege, Weg-	Swisstopo
swissTLM3D	Polyinien	breite	
TLM_Bodenbe- deckung swissTLM3D	Vektor Polygon	Waldflächen	Swisstopo

Als Hintergrundkarten dienten zusätzlich die Rasterdaten der Landeskarte 1:25000 und das Orthofoto SWISSIMAGE der Swisstopo. Diese Daten wurden über den HSR Imageserver bezogen.

Um eine Reproduzierbarkeit auf andere voralpine Gebiete zu ermöglichen wurden nur Daten verwendet, welche für die gesamte Schweiz erhältlich sind (keine kantonalen Daten).

Abb. 6 Die drei verwendeten Datengrundlage der Swisstopo



Technischer Teil

Verwendete Software

Die Bearbeitung erfolgte hauptsächlich mit dem Geografischen Informationssystem der Firma ESRI. Die Analysen wurden mit der GIS-Software Arc GIS Desktop in den Versionen 10.1 und 10.2 mit der Lizenz ArcInfo an den Rechnern der HSR durchgeführt. Bei der Veröffentlichung der Ergebnisse wurde die Open Source Software QGIS hinzugezogen, um mittels QGIS-Cloud die Ergebnisse als Web Map Service (WMS) zu publizieren.

Vorbereitung der Analyse

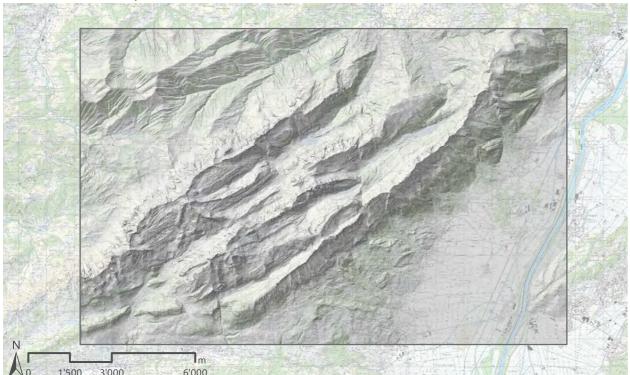
Für die Verwaltung der Input-Daten wurde eine File Geodatenbank mit der Bezeichnung «Alpstein_Grundlagen.gdb» erstellt. Für die Analyse wurden zwei weitere Geodatenbanken erstellt. Einerseits eine für die Zwischenresultate als Default-Datenbank mit dem Namen «z_scratch. gdb» und eine weitere für die Endresultate der einzelnen Prozessschritte mit der Bezeichnung «Geodesign.gdb». In der «Geodesign» Datenbank wird eine neue Toolbox angelegt. Darin werden alle Modelle erstellt. Um eine übersichtliche Namensgebung zu gewährleisten, werden die einzelnen Arbeitsschritte alphabetisch geordnet. So können die einzelnen Endresultate der Zwischenschritte eindeutig dem entsprechenden Arbeitsschritt zugeordnet werden. Einzelne Arbeitsschritte wurden für das Endresultat nicht mehr benötigt und hier deshalb nicht weiter aufgeführt.

Es wurde eine Rasterauflösung von 2*2 m verwendet, um den teilweise schmalen Wanderwegen gerecht zu werden.

Aufbereitung der Grundlagen

Die beiden wichtigsten Grundlagendatensätze digitales Höhenmodell swissALTI3D und TLM Strasse werden auf den Perimeter «Alpstein» (Koordinaten: NW 740200 / 241150 und S0 757700 / 229800) geclipt und in der «Alpstein_Grundlagen» Datenbank abgespeichert. Alle weiteren Arbeitsschritte werden nun auf diese Ausdehnung und Rasterauflösung abgestimmt.

Abb. 7 Der Perimeter «Alpstein»



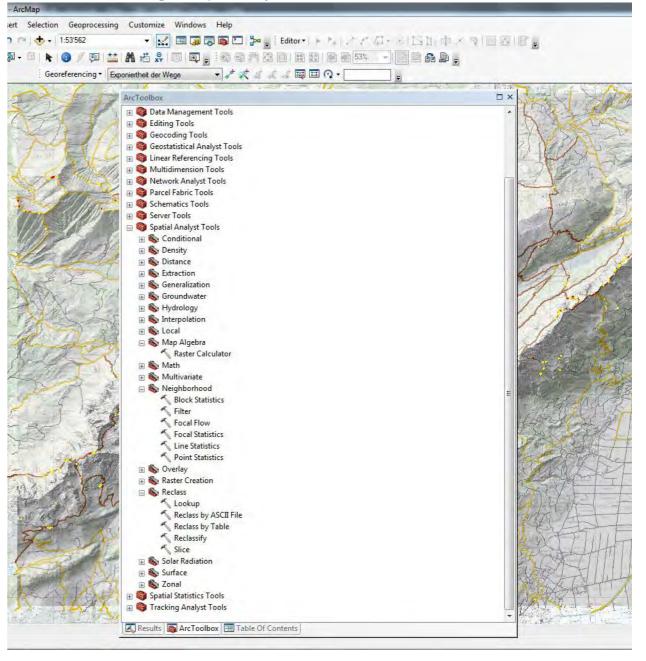
Zwischenergebnisse

Die Analyse für die Zwischenergebnisse erfolgte hauptsächlich mit den Funktionen der Erweiterung «Spatial Analyst». Dabei wurden vor allem Werkzeuge aus den «Toolsets»: «Neighborhood», «Map Algebra» und «Reclass» verwendet.

Dabei wurden beispielsweise auch die Schummerung aus dem digitalen Höhenmodell mit dem Werkzeug «Hillshade» abgeleitet. Dieses wurde zwar nicht direkt für die Analyse benötigt, eignet sich später aber sehr gut für die Darstellung der Ergebnisse.

Die Zwischenschritte beziehen sich auf die vier Kriterien, welche Einfluss auf den Höhenschwindel haben. Sie wurden, teils in mehreren Unterschritten, erst separat errechnet und später mittels einer Codierung mit dem Werkzeug «Map Algebra» zusammmengefügt.

Abb. 8 Auswahl der Werkzeuge der «Spatial Analyst Toolbox»



Lage im Hang

Als wichtiges Kriterium wurde die Lage der Wanderwege im Hang benötigt. Dazu mussten mittels Höhenmodell die Hänge oberhalb bzw. unterhalb der Wege ermittelt werden. Daraus konnten die relevanten Lagen, also wenn es ein- oder beidseitig unmittelbar neben den Wegen Abhänge hat, ermittelt werden.

Dieser Arbeitsschritt basiert auf dem Modell «Oberhalb_Unterhalb», welches die Hänge unterhalb der Strassen mittels der Exposition identifizieren kann. Diese Methode (Model) habe ich von Andi Eisenhut zur Verfügung gestellt bekommen und übernommen (siehe Quellen S.34). Die erzielten Resultate erscheinen plausibel.

Eine erste Version wurde mit 50 Meter rechts und links der Strasse gerechnet. Wie sich später herausstellte, war dieser Abstand zu gross. Er wurde im definitiven Model auf 3 Rasterzellen, also je 6 Meter festgelegt. Die Grenzen dieser Methode sind bei Zickzack-Wegen oder Kreuzungen ersichtlich, wenn also zwei Wege nahe beisammen liegen. Mit der Reduktion des Abstandes konnten die Fehler jedoch auf ein minimales, für diese Analyse vernachlässigbares Ausmass reduziert werden.

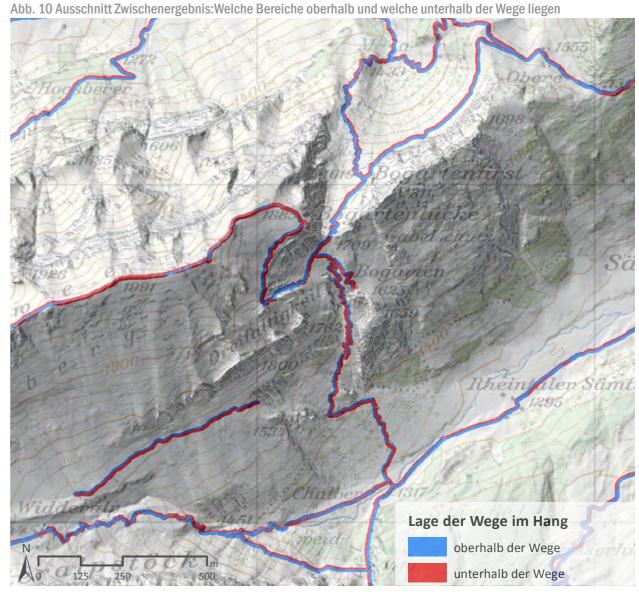
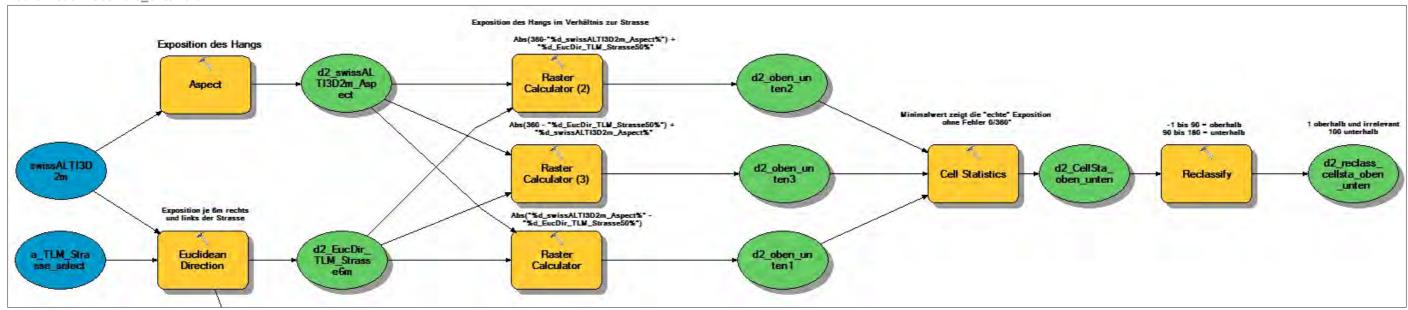


Abb. 9 Model: «Oberhalb_Unterhalb»

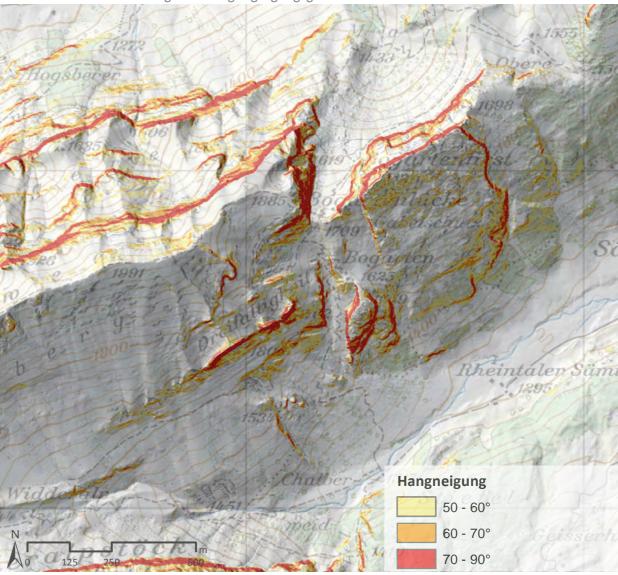


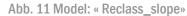
Hangneigung

Als weiteres Kriterium werden die Hangneigungen benötigt. Diese wurden aus dem digitalen Höhenmodell abgeleitet und danach in 4 Klassen reklassiert. Dabei haben die ersten drei Klassen in unterschiedlicher stärke Einfluss auf den Höhenschwindel. Die 4. Klasse mit Neigungen unter 50° kann in Bezug auf den Höhenschwindel vernachlässigt werden.

Dieser Schritt wurde auch mit lediglich 3 Klassen durchgeführt. Dabei mussten jedoch eine zu grosse Spannweite an Neigung zusammengefasst werden. Ebenfalls wurden die Grenzwerte der Klassen unterschiedlich definiert, ein erster Versuch wurde mit den Werten 60 - 90°, 50 - 60°, 40 - 50° und weniger als 40° durchgeführt. Später zeigte sich jedoch, dass die relevante Steilheit erst etwa ab 50° beginnt.

Abb. 12 Ausschnitt Zwischenergebnis: Hangneigungen gegliedert in drei Klassen

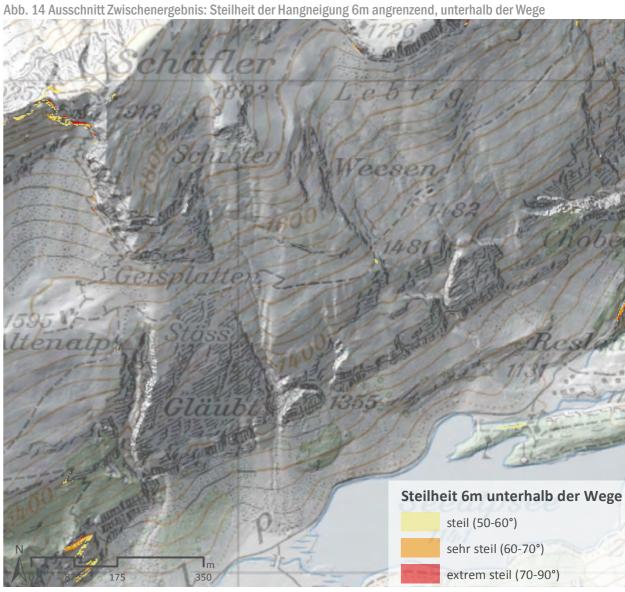


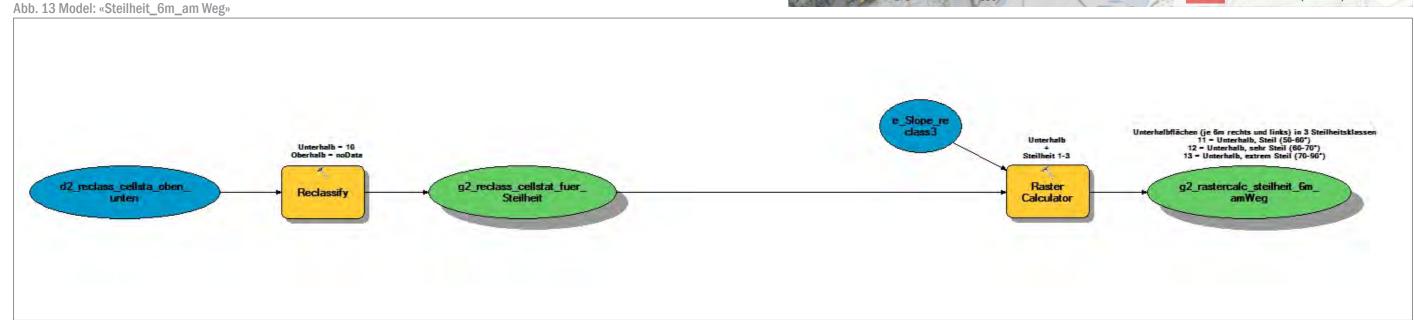




Hangneigung unterhalb der Wege

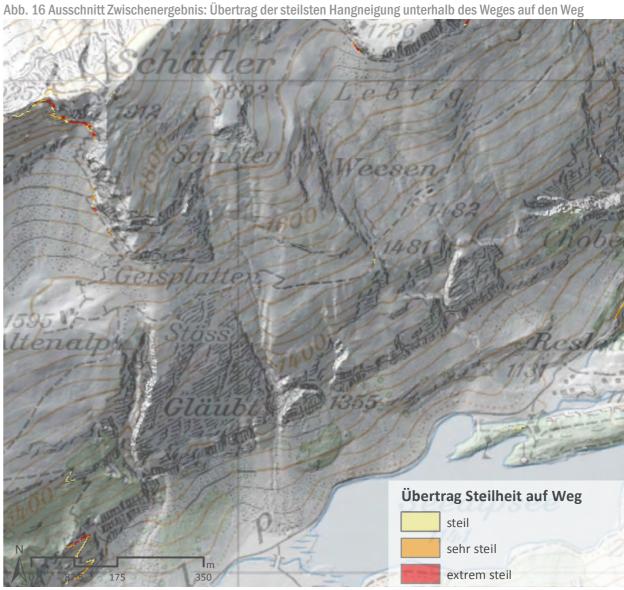
Die Zwischenergebnisse aus den beiden vorhergehenden Schritten werden nun vereint. Dabei werden die Bereiche oberhalb der Wege mit «noData» reklassiert, weil diese im nächsten Schritt nicht mehr benötigt werden. Die drei relevanten Hangneigungsklassen aus dem vorherigen Arbeitsschritt werden nun mit dem Werkzeug «Raster Calculator» auf die Bereiche unterhalb der Wege übertragen. Diese drei unterschiedlich steilen Bereiche direkt unterhalb der Wege werden in einem nächsten Schritt auf die jeweiligen Wegabschnitte übertragen.

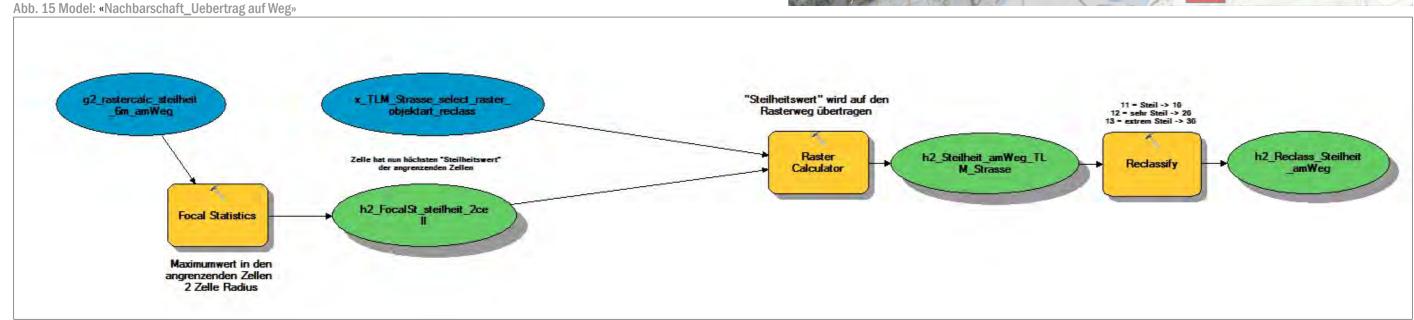




Übertrag Hangneigung auf Wege

Um die ebenen Bereiche der Wegflächen zu korrigieren, wird mittels einer Nachbarschaftsanalyse über 2 Zellen der höchste Wert auf die jeweiligen Zellen übertragen. Danach wird dieser steilste Wert auf die Rasterzellen der Wege übertragen. Damit sind diese nun in drei Steilheitsklassen, welche eingentlich das angrenzende, unterhalb liegende Gelände wiederspiegeln, eingeteilt. Als Vorbereitung für den nächsten Schritt werden sie noch in die Werte 10 = steil, 20 = sehr steil und 30 = extrem steil reklassiert.





Wegabschnitte im Wald

Als relevante Bodenbedeckung wurden die Waldflächen aus dem Datensatz TLM_Bodenbedeckungen selektiert und zusammengeführt. Gebüsch- und offene Wälder wurden nicht berücksichtigt, weil sie eine zu geringe mindernde Wirkung auf den Höhenschwindel haben. Danach werden die Waldflächen ausserhalb des Perimeters weggeclipt. Mit einem Verschnitt werden nun jene Strassenabschnitte des TLM_Strassendatensatzes ermittelt, welche innerhalb des Waldes liegen. Die Polylinien des TLM werden danach in Rasterzellen umgewandelt, wobei wiederum das aufbereitete Höhenmodell mit dem Perimeter «Alpstein» die Ausdehnung und die Auflösung liefert.

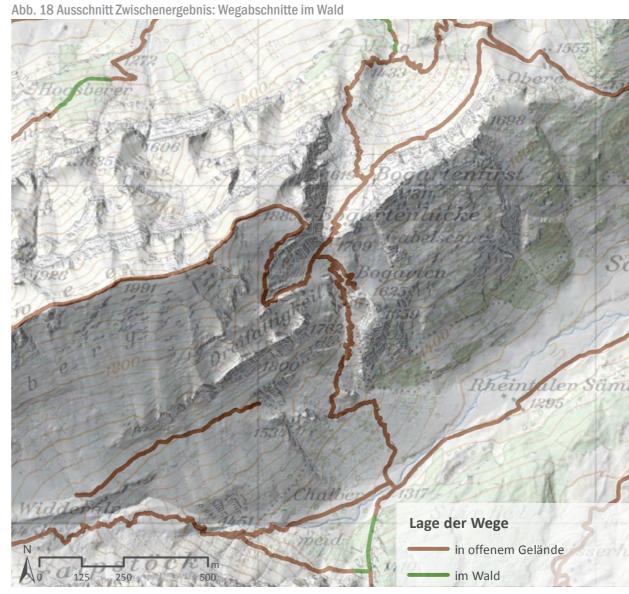
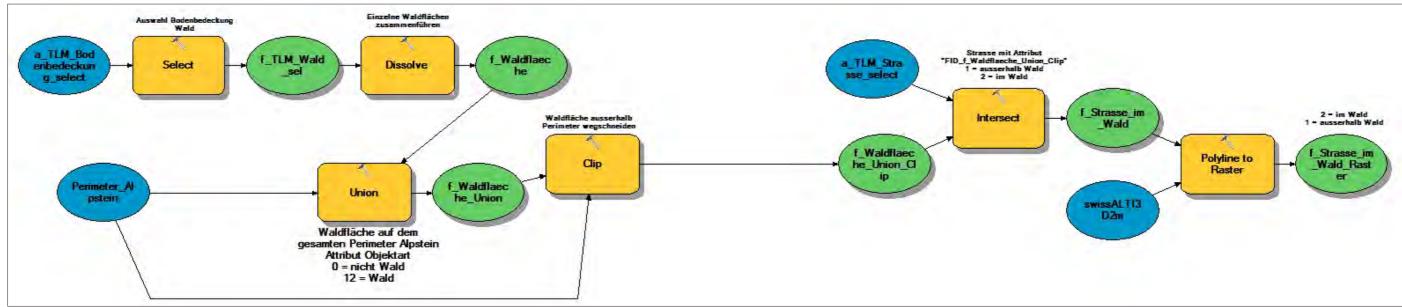
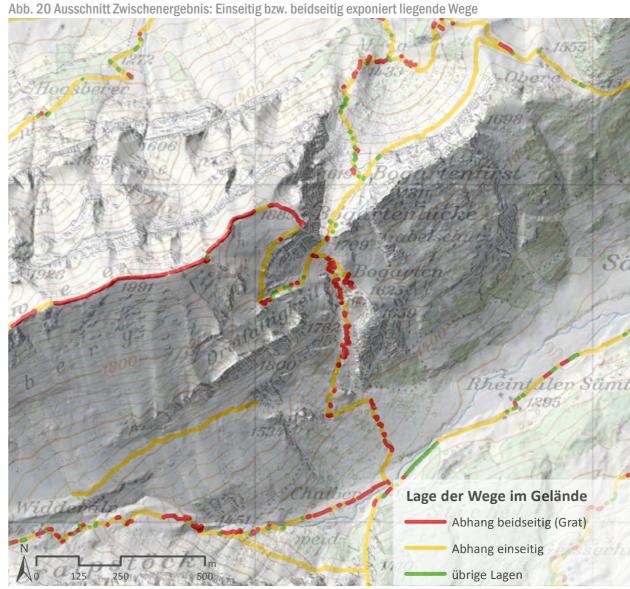


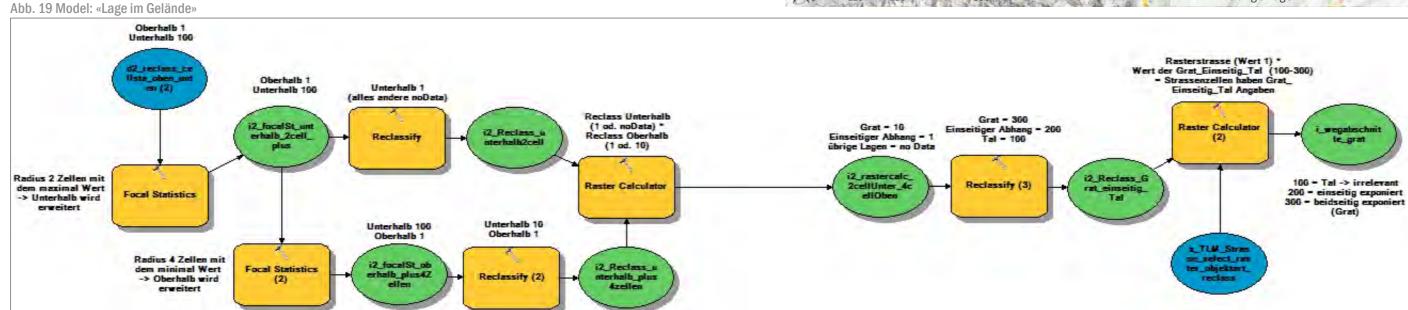
Abb. 17 Model: «Waldabschnitte»



Lage der Wege im Gelände

Im nächsten Arbeitsschritt werden die Gratlagen von den einseitig im Hangliegenden beziehungsweise von den übrigen Lagen unterschieden. Als Ausgangsdaten dient das Zwischenergebnis aus dem ersten Arbeitsschritt (Lage der Wege im Hang). Mittels Nachbarschaftsanalysen und mit Hilfe des Werkzeuges «Raster Calculator» können diese drei Bereiche unterschieden werden. Um sie später mit den Abschnitten im Wald und den drei Steilheitsklassen zusammenzufügen, werden sie in die drei Klassen Grat = 300, einseitig im Hang = 200 und übrige Lagen = 100 reklassiert.





Exponiertheit der Wege

Mit Hilfe des Werkzeuges «Raster Calculator» können nun die drei Zwischenergebnisse aus den Arbeitsschritten «Lage der Wege im Hang, Übertrag Hangneigung auf Wege und Wegabschnitte im Wald» zusammengetragen werden. Dabei ergeben sich 12 relevante Kombinationen. Diese wurden in einem nächsten Schritt bewertet. In erster Linie werden die angrenzende Steilheit und die Lage im Gelände berücksichtigt. Bei gleicher Ausganglage dieser beiden Kriterien wirkte sich der Wald jeweils um eine Klasse mildernd aus, ausser bei den extrem steilen, beidseitig exponierten Lagen- diese Kombination ist im Perimeter jedoch praktisch nicht vorhanden, weil keine grösseren Waldflächen in diesen Lagen vorkommen.

Es stellte sich dabei heraus, dass in den extrem steilen Bereichen keinen Unterschied zwischen einseitig und beidseitig exponierten Lagen mehr gemacht werden muss.

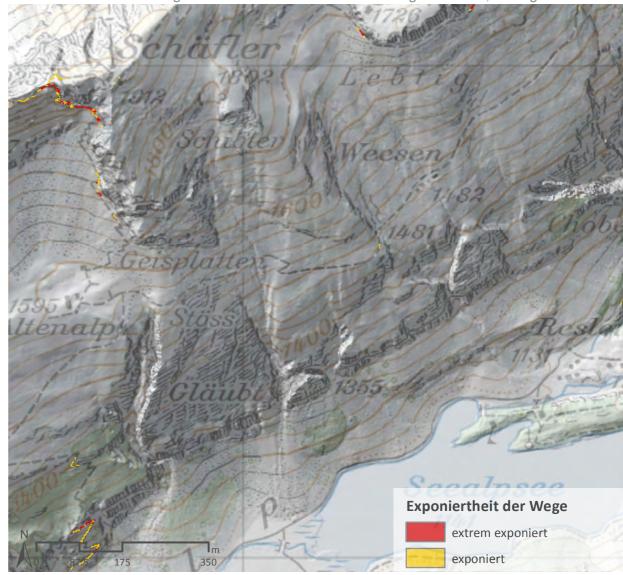
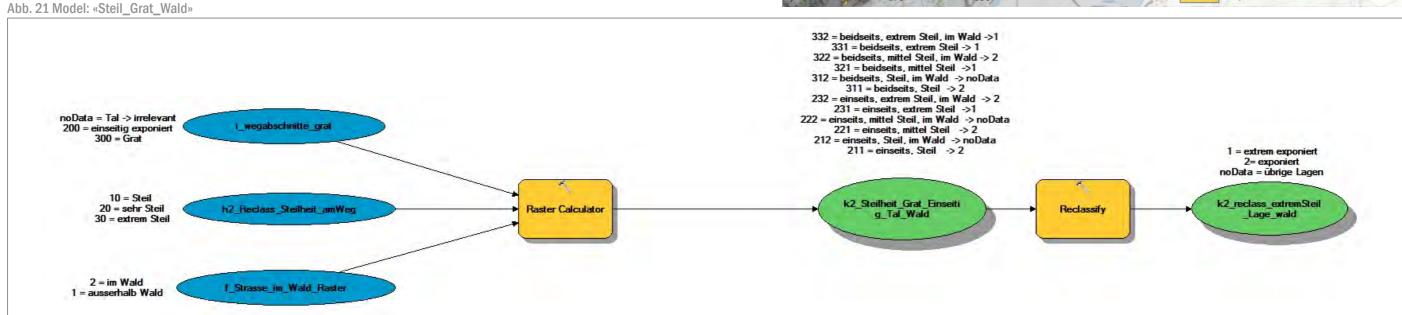


Abb. 22 Ausschnitt Zwischenergebnis nach dem Verschnitt der Kriterien: Lage im Gelände, im Hang und im Wald

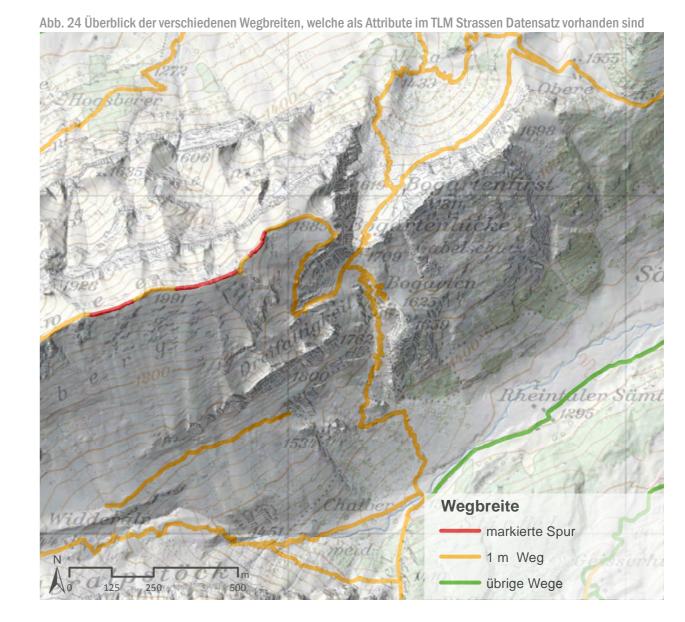


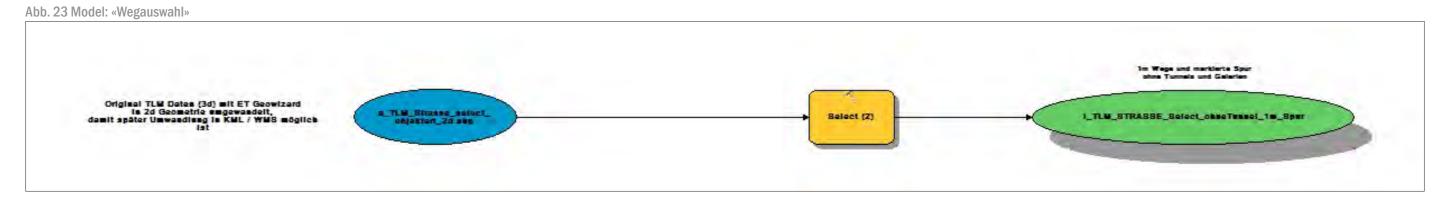
Auswahl der relevanten Wege

Um einen möglichst flexiblen Umgang mit den verschiedenen Wegtypen zu gewährleisten, wurde bisher mit allen im Perimeter vorhandenen Strassen gerechnet.

Nun werden aber die für den Höhenschwindel relevanten Kategorien extrahiert. Die Wegbreiten können direkt aus dem TLM Strassen-Datensatz übernommen werden. Als relevante Wegbreiten werden nun nur noch die Kategorien markierte Spur und 1m Weg weiter verwendet. Auf den besser ausgebauten, breiteren Wegen kann der Gefahr von Höhenschwindel genügend ausgewichen werden. Tunnels und Galerien wurden mittels einer Attributabfrage zusätzlich ausgeschlossen.

Die offiziellen Wanderwegtypen sind als Attribute ebenfalls im Originaldatensatz vorhanden. Sie können später einem Vergleich mit den Ergebnissen dienen.





Ergebnis

Verschnitt aller Kriterien

Um nun die Passagen zu finden, welche den Höhenschwindel besonders fördern, mussten die beiden Klassen noch mit den ausgewählten Wegen verschnitten werden, da innerhalb eines Tunnels oder auf einer breiten Strasse keine extreme Gefahr besteht. Das Raster mit den beiden Klassen wurde mit dem Werkzeug «Raster to Polygon» in ein Polygon umgewandelt und dann mittels «Intersect» auf die vorbereiteten Wege aus dem vorhergehenden Arbeitsschritt verschnitten. Somit liegt das Ergebnis nun als Vektordatensatz vor. Die Polylinien weisen nun ein Attribut «Schwindel» mit den beiden Klassen 1 (grosse Gefahr) und 2 (Gefahr) auf. Als zusätzliches Attribut weisen sie aus dem TLM-Strassen Datensatz das Attribut «Wanderweg» mit den offiziellen Wanderwegkategorien auf.

Deutung der Resultate

Das Resultat liefert gute Hinweise, wo sich die besonders exponierten Wegabschnitte im Alpstein befinden. Allerdings wäre noch eine feinere Differenzierung notwendig, um eine effektive Vorherhersage bezüglich den Stellen zu machen, die besonders dazu neigen, Höhenschwindelattacken auszulösen. Als Überblick, besonders für Personen mit einer hohen Anfälligkeit für Höhenschwindelsymptome, ist das Ergebnis gut geeignet. Es zeigt ebenfalls auf, dass bereits bei der Kategorie Wanderwege schwindelgefährliche Passagen vorhanden sind. Eine Übersichtskarte im Massstab 1:40'000 befindet sich im Anhang.

Stärken und Schwächen der Methode

Einerseits gibt es kleine Fehler, wenn die Wege zu nahe zusammenliegen, beispielsweise bei Kreuzungen oder Zickzack-Wegen. Auf die gesamte Weginfrastruktur gesehen, können diese in diesem Fall jedoch vernachlässigt werden.

Als grosse Herausforderung und somit auch Schwachstelle der Methode liegt meines Erachtens auch die Klassierung der Hangneigung, ab welcher Steilheit ein erhöhtes Risiko besteht.

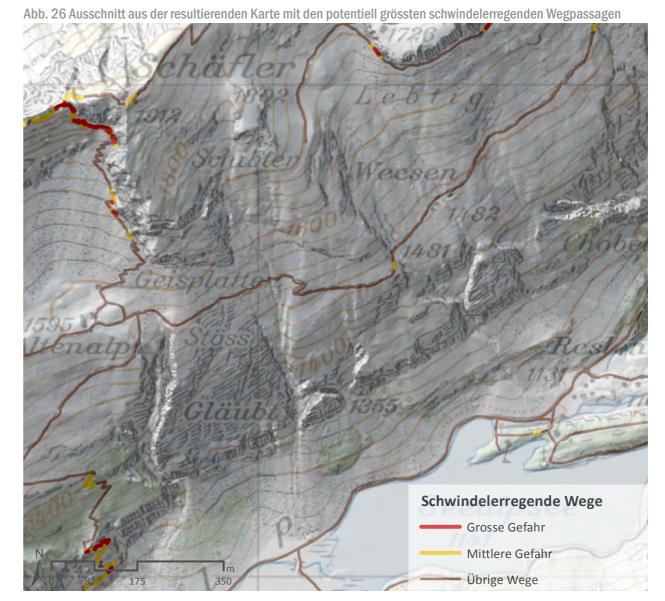
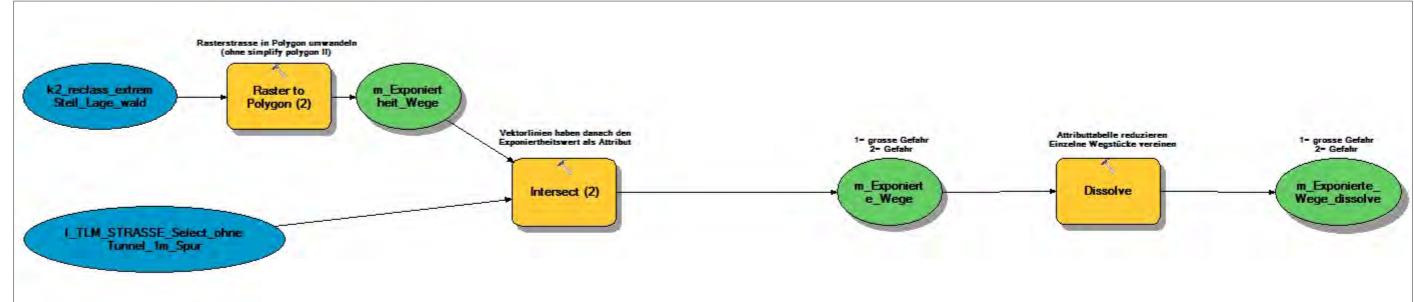


Abb. 25 Model: «Verschnitt_alleKriterien»



Veröffentlichung der Ergebnisse

Nebst der Gestaltung einer Printkarte in ArcMap wurde das Ergebnis einerseits als KLM in Google Earth publiziert. Und andererseits mittels QGIS Cloud als WMS veröffentlicht. Dieser wurde dann in das Bundesgeoportal «map.geo.admin.ch» eingebunden. Das Resultat kann mittels folgendem Link aufgerufen werden:

http://s.geo.admin.ch/6242c91c54

Auf dem Bundesgeoportal kann das Resultat mit verschiedenen anderen Informationen beispielsweise den offiziellen Wanderwegkategorien kombiniert werden.

Abb. 27 Auschnitt der Ergebnisse im Bundesgeoportal als WMS eingebunden



Ausblick

Eine Möglichkeit für eine Verfeinerung der Analyse, wäre das Gelände in einem gröberen Raster zu analysieren, um so die Höhe der Felswände doch noch zu unterscheiden. Damit wäre es dann möglich, die sehr hohen Abgründe noch stärker gewichten zu können. Die Überprüfung der Hangneigungskategorien vor Ort und eine verfeinerte Einteilung wäre ebenfalls ein möglicher nächster Schritt zur Verfeinerung der Resultate.

Zudem wäre es interessant zu wissen, wo die in den offiziellen Beschrieben erwähnten «Sicherungseinrichtungen» wie Geländer und Seile aber auch eingebaute Stufen sich befinden. Eine Überprüfung, ob und in welcher Weise sie Einfluss haben, beziehungsweise auch, ob an weiteren Stellen Massnahmen Abhilfe leisten könnten.

Zudem wäre ein weiterer Schritt nun eine Printkarte zu erstellen, welche verschiedene Themen miteinander vereint, beispielsweise mittels «Represetations» dargestellt.

Reflexion des Lernprozesses

Grundsätzlich bin ich positiv überrascht, wie viele Informationen aus den wenigen Geodatensätzen die ich als Inputdaten verwendete, abgeleitet werden können. Allerdings ist wieder einmal mehr, die Zeit viel zu knapp, um alle angestrebten Arbeitsschritte bzw. Resultate zu erarbeiten. Trotzdem bin ich mit dem Ergebnis zufrieden.

Vor dem Kurs hatte ich keinerlei Erfahrung mit der Rasteranalyse. Sie bietet jedoch eine gute Alternative zur Vektoranalyse, schnell und einfach Berechnungen durchführen zu können. Allerdings braucht es dazu einige Erfahrungen, weil oftmals verschiedene Funktionen innerhalb eines Werkzeugs «versteckt» sind. Diese Mechanismen fordern am Anfang besonders viel Geduld. Das Erlernen und vor allem auch Repetieren dieser neuen Funktionen bringt mich für die Zukunft sicher weiter.

Weiter ist die Dokumentation der Arbeitsschritte sehr wichtig, um eine Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten. Da diese Arbeit mit dem «Model Builder» ausgeführt wurde, bietet sich die Möglichkeit mittels «Labeln» die einzelnen Prozesse und Resultate fortlaufend zu beschriften. Durch die vielen Zwischenresultate ist eine strukturierte Datenbeschriftung und -speicherung sehr wichtig.

Zwar bin ich mit der Erstellung von automatisierten Printkarten weniger weit gekommen als erhofft. Dafür konnte ich erste Erfahrungen mit ArcGlobe sammeln, da ich für die Präsentation dieser Arbeit einen kleinen Film mit einem Überblick über den Perimeter erstellt habe.

Probleme boten sich beispielsweise mit den 3D Daten des swissTLM bei der Erstellung eines WMS. Diese Probleme mussten mit dem Zusatzprogramm «ET Geowizard» behoben werden, in dem die 3D Daten zu 2D Daten umgewandelt wurden. Zudem wären gewisse Arbeitsschritte ohne «fremde Hilfe» nicht möglich gewesen.

Zusammenfassend hat die Arbeit Spass gemacht und mein Interesse für weitere GIS-Analysen geweckt. Ein Dank möchte ich an dieser Stelle den betreuenden Dozenten, insbesondere Andi Eisenhut aussprechen. Ohne seine fortwährenden Inputs, sowie kritischen und sogleich motivierenden Gespräche wäre die Analyse für mich nicht in dieser Art und Weise zu bewerkstelligen gewesen. Zu dem zeigt es mir wieder einmal mehr auf, dass solche GIS-Analysen zwar «anschauliche Resultate» liefern können, nicht aber eine fachliche Diskussion und Expertenwissen ersetzen können.

Quellen

Literatur

Lienhard Andreas (2012). Einführung in die Analyse von Rasterdaten mit Spatial Analyst und Model Builder, HSR Hochschule für Technik Rapperswil

Diverse Skripte und Inputs aus dem Unterricht von Andreas Eisenhut Yves Maurer. und Roger Bräm.

Internet

map.geo.admin.ch: 23.02.15

wandern.ch/de/wanderwege/wegkategorien: 5.12.14

sprechzimmer.ch/höhenschwindel 12.12.14 lebenshilfe-abc.de/hoehenangst: 12.12.14

Geodaten

 $swiss topo, TLM_Boden bedeckung \ swiss TLM 3D$

swisstopo, TLM_Strasse swissTLM3D

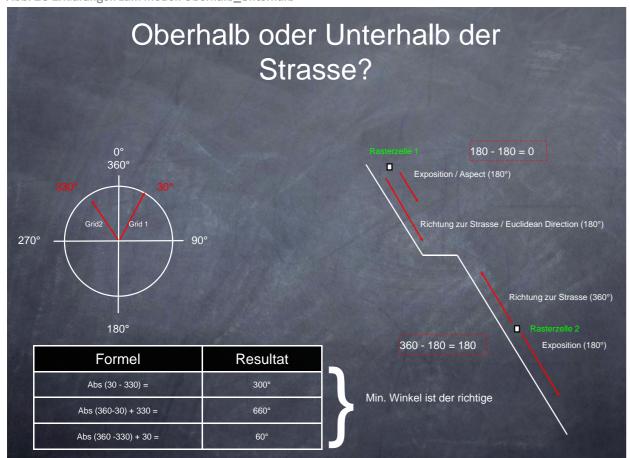
swisstopo, Digitales Höhenmodell swissALTI3D

Abbildungen

34

Alle Abbildungen stammen von der Verfasserin. Ausnahme: Abb. 28 Übernommen von Andi Eisenhut

Abb. 28 Erklärungen zum Model: Oberhalb_Unterhalb



Anhang

Model Report

```
# -*- coding: utf-8 -*-
# oberhalbunterhalb.py
# Created on: 2015-02-28 14:20:37.00000
# (generated by ArcGIS/ModelBuilder)
# Description:
# Import arcpy module
import arcpy
# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")
# Set Geoprocessing environments
arcpy.env.extent = ",740200 229800 757700 241150"
arcpy.env.mask = ""
# Local variables:
a_TLM_Strasse_select = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\Geodesign.gdb\\a_TLM_Strasse_select"
swissALTI3D2m = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodat\\Alpstein Grundlagen.gdb\\swissALTI3D2m"
d2_EucDir_TLM_Strasse6m = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\d2_EucDir_TLM_Strasse6m"
Output distance raster = ""
d2_swissALTI3D2m_Aspect = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\d2_swissALTI3D2m_Aspect"
\label{lem:d2_oben_unten1} $$d2\_oben\_unten1 = "D:\\\Abschlussarbeit\\\Geodesign\\\z\_scratch.gdb\\\d2\_oben\_unten1"
d2\_oben\_unten2 = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\d2\_oben\_unten2"
d2\_oben\_unten3 = ,D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\d2\_oben\_unten3"
\label{localized} $d2\_CellSta\_oben\_unten = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\d2\_CellSta\_oben\_unten" $$
d2_reclass_cellsta_oben_unten = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\Geodesign.gdb\\d2_reclass_cellsta_oben_unten"
# Process: Euclidean Direction
arcpy.gp.EucDirection_sa(a_TLM_Strasse_select, d2_EucDir_TLM_Strasse6m, "6", swissALTI3D2m, Output_distance_ras-
ter)
# Process: Aspect
arcpy.gp.Aspect_sa(swissALTI3D2m, d2_swissALTI3D2m_Aspect)
# Process: Raster Calculator (2)
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("Abs(360-\"%d2_swissALTI3D2m_Aspect%\") + \"%d2_EucDir_TLM_Strasse6m%\"", d2_
oben unten2)
# Process: Raster Calculator (3)
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("Abs(360 - \"%d2_EucDir_TLM_Strasse6m%\") + \"%d2_swissALTI3D2m_Aspect%\"", d2_
oben_unten3)
# Process: Raster Calculator
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("Abs(\"%d2_swissALTI3D2m_Aspect%\" -\"%d2_EucDir_TLM_Strasse6m%\")", d2_oben_un-
# Process: Cell Statistics
arcpy.gp. Cell Statistics\_sa(\D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\d2\_oben\_unten2; D:\Abschlussarbeit\Geodesign\d2\_oben\_unten2; D:\Abschlussarbeit\G
design\z_scratch.gdb\\d2_oben_unten3;D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\d2_oben_unten1", d2_CellS-
ta_oben_unten, "MINIMUM", "DATA")
# Process: Reclassify
arcpy.gp.Reclassify_sa(d2_CellSta_oben_unten, "Value", "-1 90 1;90 180 100", d2_reclass_cellsta_oben_unten, "DATA")
# -*- coding: utf-8 -*-
```

```
# reclass slope.py
# Created on: 2015-03-05 13:26:36.00000
# (generated by ArcGIS/ModelBuilder)
 # Description:
 # Import arcpy module
import arcpy
 # Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")
 # Set Geoprocessing environments
arcpy.env.extent = ",740200 229800 757700 241150"
arcpy.env.cell Size = \verb|mD:|\Abschlussarbeit|\Geodat|\Alpstein\_Grundlagen.gdb|\swissALTI3D2m|| arcpy.env.cell Size = \verb|mD:|\Abschlussarbeit|\Geodat|\Alpstein\_Grundlagen.gdb|\swissALTI3D2m|| arcpy.env.cell Size = \verb|mD:|\Abschlussarbeit|\Geodat|\Alpstein\_Grundlagen.gdb|\swissALTI3D2m|| arcpy.env.cell Size = \verb|mD:|\Abschlussarbeit|\SwissALTI3D2m|| arcpy.env.cell Size = \verb
arcpy.env.mask = ""
 # Local variables:
swiss ALTI3D2m = ",D:\\ \Abschluss arbeit\\ \Geodat\\ \Alpstein\_Grundlagen.gdb\\ \swiss ALTI3D2m" \\
a\_swissALTI3D\_slope = ,D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign.gdb\a\_swissALTI3D\_slope = ,D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodes
e\_Slope\_reclass3 = ",D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign.gdb\e\_Slope\_reclass3"
 # Process: Slope
arcpy.gp.Slope_sa(swissALTI3D2m, a_swissALTI3D_slope, "DEGREE", "1")
 # Process: Reclassify
arcpy.gp. Reclassify\_sa(a\_swissALTI3D\_slope, \ {\tt ,value'', \ ,v
 # -*- coding: utf-8 -*-
 # steilheit 6m amweg.py
 # Created on: 2015-03-05 13:27:09.00000
 # (generated by ArcGIS/ModelBuilder)
 # Description:
 # Import arcpy module
import arcpy
 # Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")
 # Local variables:
e\_Slope\_reclass3 = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign.gdb\e\_Slope\_reclass3"
\label{lem:d2_reclass_cellsta_oben_unten} d2\_reclass\_cellsta\_oben\_unten "". \Abschlussarbeit \Geodesign \Geodesign \Godesign \Godesign
g2\_reclass\_cellstat\_fuer\_Steilheit = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\g2\_reclass\_cellstat\_fuer\_Steilheit" | Steilheit = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\g2\_reclass\_cellstat\_fuer\_Steilheit" | Steilheit = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\g2\_reclass\_cellstat\_fuer\_Steilheit" | Steilheit = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\g2\_reclass\_cellstat\_fuer\_Steilheit = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\g2\_reclass\_cellstat\_fuer\_Steilheit = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\g2\_reclass\_cellstat\_fuer\_Steilheit = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\g2\_reclass\_cellstat\_fuer\_Steilheit = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb\z\_scratch.gdb
 g2_rastercalc_steilheit_6m_amWeg = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\Geodesign.gdb\\g2_rastercalc_steilheit_6m_
amWeg"
 # Process: Reclassify
arcpy.gp.Reclassify_sa(d2_reclass_cellsta_oben_unten, "Value", "1 NODATA;100 10", g2_reclass_cellstat_fuer_Steilheit,
 "DATA")
 # Process: Raster Calculator
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("\"%g2_reclass_cellstat_fuer_Steilheit%\" + \"%e_Slope_reclass3%\"", g2_rastercalc_steil-
```

heit_6m_amWeg)

```
# -*- coding: utf-8 -*-
# nachbarschaft wege.py
# Created on: 2015-03-05 13:27:25.00000
# (generated by ArcGIS/ModelBuilder)
# Description:
# Import arcpy module
import arcpy
# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")
# Local variables:
x_TLM_Strasse_select_raster_objektart_reclass = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\x_TLM_Strasse_
select_raster_objektart_reclass"
g2_rastercalc_steilheit_6m_amWeg = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\Geodesign.gdb\\g2_rastercalc_steilheit_6m_
\label{lem:h2_Reclass_Steilheit_amWeg = ,D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign.gdb\h2_Reclass\_Steilheit\_amWeg = ,D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\G
# Process: Focal Statistics
arcpy.gp.FocalStatistics_sa(g2_rastercalc_steilheit_6m_amWeg, h2_FocalSt_steilheit_2cell, "Circle 2 CELL", "MAXIMUM",
"DATA")
# Process: Raster Calculator
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("\"%x_TLM_Strasse_select_raster_objektart_reclass%\" * \"%h2_FocalSt_steilheit_2cell%\"",
h2_Steilheit_amWeg_TLM_Strasse)
# Process: Reclassify
arcpy.gp.Reclassify_sa(h2_Steilheit_amWeg_TLM_Strasse, "Value", "11 10;12 20;13 30", h2_Reclass_Steilheit_amWeg,
"DATA")
# -*- coding: utf-8 -*-
# waldabschnitte.py
# Created on: 2015-03-05 13:26:53.00000
# (generated by ArcGIS/ModelBuilder)
# Description:
# Import arcpy module
import arcpy
# Set Geoprocessing environments
arcpy.env.snapRaster = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodat\\Alpstein_Grundlagen.gdb\\swissALTI3D2m"
arcpy.env.extent = "740200 229800 757700 241150"
arcpy.env.cellSize = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodat\\Alpstein_Grundlagen.gdb\\swissALTI3D2m"
arcpy.env.mask = ""
# Local variables:
swissALTI3D2m = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodat\\Alpstein_Grundlagen.gdb\\swissALTI3D2m"
a_TLM_Bodenbedeckung_select = ",a_TLM_Bodenbedeckung_select"
Perimeter_Alpstein = "Perimeter_Alpstein"
a_TLM_Strasse_select = "STRASSEN VEKTOREN\\a_TLM_Strasse_select"
```

 $f_TLM_Wald_sel = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z_scratch.gdb\f_TLM_Wald_sel "f_Waldflaeche = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z_scratch.gdb\f_Waldflaeche"$

```
f\_Waldflaeche\_Union = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\f\_Waldflaeche\_Union"
f\_Waldflaeche\_Union\_Clip = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\f\_Waldflaeche\_Union\_Clip"
f_Strasse_im_Wald = ,,D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\Geodesign.gdb\\f_Strasse_im_Wald"
f\_Strasse\_im\_Wald\_Raster = ,D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\f\_Strasse\_im\_Wald\_Raster"
# Process: Select
arcpy. Select\_analysis (a\_TLM\_Bodenbedeckung\_select, f\_TLM\_Wald\_sel, \, "OBJEKTART = 12")
# Process: Dissolve
arcpy.Dissolve_management(f_TLM_Wald_sel, f_Waldflaeche, "OBJEKTART", "", "MULTI_PART", "DISSOLVE_LINES")
# Process: Union
arcpy.Union_analysis("D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\f_Waldflaeche #;Perimeter_Alpstein #", f_Wald-
flaeche_Union, "ALL", "", "GAPS")
# Process: Clip
arcpy. Clip\_analysis (f\_Waldflaeche\_Union, Perimeter\_Alpstein, f\_Waldflaeche\_Union\_Clip, \ {\it ``}")
arcpy.Intersect_analysis("D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\f_Waldflaeche_Union_Clip #; STRASSEN VEK-
TOREN\\a_TLM_Strasse_select' #", f_Strasse_im_Wald, "ALL", "", "LINE")
# Process: Polyline to Raster
arcpy.PolylineToRaster_conversion(f_Strasse_im_Wald, "FID_f_Waldflaeche_Union_Clip", f_Strasse_im_Wald_Raster, "MAXI-
MUM_LENGTH", "NONE", swissALTI3D2m)
# -*- coding: utf-8 -*-
# grat_einseitig.py
# Created on: 2015-03-05 13:27:47.00000
# (generated by ArcGIS/ModelBuilder)
# Description:
# Import arcpy module
import arcpy
# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")
# Local variables:
x_TLM_Strasse_select_raster_objektart_reclass = "x_TLM_Strasse_select_raster_objektart_reclass"
d2_reclass_cellsta_oben_unten__2_ = ",d2_reclass_cellsta_oben_unten"
i2\_focalSt\_unterhalb\_2cell\_plus = ",D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\i2\_focalSt\_unterhalb\_2cell\_plus"
i2\_focalSt\_oberhalb\_plus4Zellen = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\i2\_focalSt\_oberhalb\_plus4Zellen" = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\i2\_focalSt\_oberhalb\_plus4Zellen" = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\i2\_focalSt\_oberhalb\_plus4Zellen" = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\i2\_focalSt\_oberhalb\_plus4Zellen" = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\i2\_focalSt\_oberhalb\_plus4Zellen" = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\i2\_focalSt\_oberhalb\_plus4Zellen" = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\_plus4Zellen" = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt\_oberhalb\z\_scratch.gdb\i3\_focalSt
i2_Reclass_unterhalb2cell = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\i2_Reclass_unterhalb2cell"
i2_Reclass_unterhalb_plus4zellen = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\i2_Reclass_unterhalb_plus4zel-
len"
i2_rastercalc_2cellUnter_4cellOben = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\i2_rastercalc_2cellUnter_4cellO-
i2_Reclass_Grat_einseitig_Tal = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\i2_Reclass_Grat_einseitig_Tal"
i_wegabschnitte_grat = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\Geodesign.gdb\\i_wegabschnitte_grat"
# Process: Focal Statistics
arcpy.gp.FocalStatistics_sa(d2_reclass_cellsta_oben_unten__2_, i2_focalSt_unterhalb_2cell_plus, "Circle 2 CELL", "MAXI-
MUM", "DATA")
# Process: Reclassify
arcpy.gp.Reclassify_sa(i2_focalSt_unterhalb_2cell_plus, "VALUE", "1 NODATA;100 1", i2_Reclass_unterhalb2cell, "DATA")
```

38

```
# Process: Focal Statistics (2)
arcpy.gp.FocalStatistics_sa(i2_focalSt_unterhalb_2cell_plus, i2_focalSt_oberhalb_plus4Zellen, "Circle 4 CELL", "MINIMUM",
"DATA")
# Process: Reclassify (2)
arcpy.gp.Reclassify_sa(i2_focalSt_oberhalb_plus4Zellen, "VALUE", "1 1;100 10", i2_Reclass_unterhalb_plus4Zellen, "DATA")
# Process: Raster Calculator
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("\"%i2_Reclass_unterhalb2cell%\" * \"%i2_Reclass_unterhalb_plus4zellen%\"", i2_rastercal-
c_2cellUnter_4cellOben)
# Process: Reclassify (3)
arcpy.gp.Reclassify_sa(i2_rastercalc_2cellUnter_4cellOben, "Value", "1 200;10 300;NODATA 100", i2_Reclass_Grat_einsei-
tig_Tal, "DATA")
# Process: Raster Calculator (2)
arcpy.gp.RasterCalculator_sa("\"%i2_Reclass_Grat_einseitig_Tal%\"
                                                                    \"%x_TLM_Strasse_select_raster_objektart_
reclass%\"", i_wegabschnitte_grat)
# -*- coding: utf-8 -*-
# steil_grat.py
# Created on: 2015-03-05 13:29:05.00000
# (generated by ArcGIS/ModelBuilder)
# Description:
# Import arcpy module
import arcpy
# Check out any necessary licenses
arcpy.CheckOutExtension("spatial")
# Local variables:
i\_wegabschnitte\_grat = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign.gdb\i\_wegabschnitte\_grat"
f_Strasse_im_Wald_Raster = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\f_Strasse_im_Wald_Raster"
k2_Steilheit_Grat_Einseitig_Tal_Wald = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\Geodesign.gdb\\k2_Steilheit_Grat_Einseitig_
k2_reclass_extremSteil_Lage_wald = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\Geodesign.gdb\\k2_reclass_extremSteil_Lage_
# Process: Raster Calculator
arcpy.gp.RasterCalculator_sa(,\"%i_wegabschnitte_grat%\" + \"%h2_Reclass_Steilheit_amWeg%\" + \"%f_Strasse_im_
Wald_Raster%\"", k2_Steilheit_Grat_Einseitig_Tal_Wald)
# Process: Reclassify
arcpy.gp.Reclassify_sa(k2_Steilheit_Grat_Einseitig_Tal_Wald, ,Value", ,211 2;212 NODATA;221 2;222 NODATA;231 1;232
2;311 2;312 NODATA;321 1;322 2;331 1;332 1", k2_reclass_extremSteil_Lage_wald, "DATA")
# -*- coding: utf-8 -*-
# wegauswahl.py
# Created on: 2015-03-05 13:29:20.00000
# (generated by ArcGIS/ModelBuilder)
# Description:
# Import arcpy module
```

import arcpy

```
# Local variables:
a_{TLM\_Strasse\_select\_objektart\_2d\_shp} = \\ m_D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Shapes\Aufbereitung\_TLM\_2d\a_TLM\_
Strasse_select_objektart_2d.shp"
 \label{local_strasse_select_one} $$I_TLM_STRASSE\_Select\_ohneTunnel_1m\_Spur = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign.gdb\I_TLM\_STRASSE\_Select\_ohneTunnel_1m\_Spur = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign.gdb\I_TLM\_STRASSE\_Select\_ohneTunnel_1m\_Spur = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geod
Select_ohneTunnel_1m_Spur"
# Process: Select (2)
arcpy.Select_analysis(a_TLM_Strasse_select_objektart_2d_shp, I_TLM_STRASSE_Select_ohneTunnel_1m_Spur, "(\"0BJEK-
TART\" = 16 OR \"OBJEKTART\" = 17 OR \"OBJEKTART\" = 19) AND ( \"KUNSTBAUTE\" <> 700 AND \"KUNSTBAUTE\" <>
1000)")
# -*- coding: utf-8 -*-
# verschnitt_all.py
# Created on: 2015-03-05 13:29:35.00000
 # (generated by ArcGIS/ModelBuilder)
# Description:
# Import arcpy module
import arcpy
# Set Geoprocessing environments
arcpy.env.extent = ",740200 229800 757700 241150"
arcpy.env.mask = ""
# Local variables:
k2_reclass_extremSteil_Lage_wald = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\Geodesign.gdb\\k2_reclass_extremSteil_Lage_
 \label{localize} $$I_TLM_STRASSE\_Select\_ohneTunnel\_1m\_Spur = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign.gdb\I_TLM\_STRASSE\_Select\_ohneTunnel\_1m\_Spur = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign.gdb\I_TLM\_STRASSE\_Select\_ohneTunnel\_1m\_Spur = "D:\Abschlussarbeit\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign.gdb\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\Geodesign\
Select_ohneTunnel_1m_Spur"
\label{lem:m_exponsion} $$m_{x_scratch.gdb}= $$m_exponsertheit_Wege=$$m_{x_scratch.gdb}\m_exponsertheit_Wege=$$
m_Exponierte_Wege = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\m_Exponierte_Wege"
m_Exponierte_Wege_dissolve = "D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\Geodesign.gdb\\m_Exponierte_Wege_dissolve"
# Process: Raster to Polygon (2)
arcpy.RasterToPolygon_conversion(k2_reclass_extremSteil_Lage_wald, m_Exponiertheit_Wege, "NO_SIMPLIFY", "Value")
# Process: Intersect (2)
arcpy.Intersect_analysis("D:\\Abschlussarbeit\\Geodesign\\z_scratch.gdb\\m_Exponiertheit_Wege
                                                                                                                                                                                                                                                                                                   #;D:\\Abschlussar-
beit\\Geodesign\\Geodesign.gdb\\I_TLM_STRASSE_Select_ohneTunnel_1m_Spur #", m_Exponierte_Wege, "ALL", "",
"LINE")
# Process: Dissolve
arcpy.Dissolve_management(m_Exponierte_Wege, m_Exponierte_Wege_dissolve, ,gridcode;WANDERWEGE", ,,", ,SINGLE_
PART", "DISSOLVE_LINES")
```

