

Automatische Gerölldarstellung für topographische Karten

Bernhard Jenny, Zürich; Jürg Gilgen, Bern; Ernst Hutzler, Lorenz Hurni, Zürich

188

In manchen hochalpinen Gebieten sind Geröllfelder ein dominierendes Landschaftselement und werden deshalb auch in topographischen Karten dargestellt. Die Größe und die Dichte der kleinen Punktsignaturen variieren mit der Exposition zu einer gedachten Lichtquelle, und die Größe der Punkte ändert sich mit der relativen Lage in Gebirgshängen. Die Punkte werden zum Teil in Linien angeordnet, um die Fallrichtung des Gerölls anzuzeigen. Die Erstellung von Geröllsignaturen für größere Flächen ist deshalb ohne spezialisierte digitale Unterstützung sehr arbeitsaufwendig. In diesem Artikel wird ein neues automatisches Verfahren vorgestellt, mit dem Geröllfelder mit minimalem Aufwand symbolisiert werden können. Dabei werden zuerst die Gestaltungsprinzipien zur Gerölldarstellung identifiziert, wie sie vom Bundesamt für Landestopografie swisstopo angewendet werden; dann wird die digitale Methode vorgestellt und schließlich wird *Scree Painter* eingeführt, eine spezialisierte freie und quelloffene Software.

■ **Schlüsselbegriffe:** Geröll, Schutt, Geländedarstellung, Topographische Kartographie, Bundesamt für Landestopographie swisstopo (Schweiz)

Scree fields are a characteristic landscape element in many high-mountain areas, and are represented on topographical maps for that reason. On maps, the size and the density of the minuscule scree dots vary with the directness of their exposure to a virtual light source. The size of the dots also changes according to their relative position on slopes. Dots are sometimes arranged in linear structures to indicate the direction of flow of scree fields. The symbolization of large scree fields on maps is very labour-intensive without specialized digital tools. This article introduces an automatic method for the symbolization of scree. First, design principles as applied by the Swiss Federal Office of Topography swisstopo are identified; then the digital method is described; and finally Scree Painter, a specialized free and open-source software application is introduced.

■ **Keywords:** Scree, relief representation, topographic mapping, Federal Office of Topography swisstopo (Switzerland)

1 Einführung

Im Projekt OPTINA-LK bereitet das Bundesamt für Landestopografie swisstopo derzeit die Umstellung der Kartenproduktion von einem rasterbasierten zu einem datenbankgestützten Prozess vor (Feldmann und Kreiter, 2006). Ausgehend vom sogenannten Topographischen Landschaftsmodell TLM sollen zukünftig Digitale Kartographische Modelle DKM abgeleitet und zur Produktion der Landeskarten verwendet werden (Käu-

ferle et al., 2009). Die Karten sollen neu vektoruell erstellt werden mit Ausnahme der bestehenden Rasterebenen mit der Reliefschattierung, dem Sonnenton und der Felszeichnung.

Eine digitale Neuerstellung der Geröllsignaturen durch manuelles Platzieren einzelner Steinsignaturen ist wegen des immensen Arbeitsaufwands ausgeschlossen. Auf die Darstellung des Gerölls soll aber nicht verzichtet werden, denn in vielen hochalpinen Gebieten sind Geröllhänge ein dominierendes Landschaftselement (Abb. 1). Wenn die Größe und Verteilung der Steine sorgfältig nach einer virtuellen Beleuchtung moduliert werden, kann außerdem in Kombination mit der Reliefschattierung und der Felszeichnung die Geländeoberfläche sehr plastisch wiedergegeben werden. Tatsächlich merkt Eduard Imhof an: „Neben der Felsdarstellung ist es nicht zuletzt die Geröllhaldenzeichnung, die gute alpine topographische Karten von schlechten unterscheidet“ (Imhof, 1965, S. 324). Eine digitale Methode zur automatischen Signaturierung von Geröllfeldern ist deshalb notwendig. Für die von Feldmann und Kreiter (2006) beschriebene OPTINA-LK-Kartenprobe 2005 Alpen wurde eine digitale Methode angewendet (Floyd-Steinberg-Dithering), die allerdings keine vollständig befriedigenden Resultate ergab. Das Bundesamt für Landestopografie swisstopo und das Institut für Kartografie der ETH Zürich haben deshalb gemeinsam eine neue digitale Methode



Abb. 1: Geröll in Karte und Natur, Blick über den Ober See zum Hintersulzhorn (Blatt 1193 Tödi, 1:25 000, Foto: A. Wipf).

zur automatischen Generierung von Gerölldarstellungen für die Landeskarte im Maßstab 1:25 000 entwickelt.

In einem ersten Schritt wurden die Gestaltungsprinzipien zur Gerölldarstellung identifiziert. Dabei ließen sich die bereits von swisstopo intern dokumentierten grafischen Prinzipien (swisstopo, 2008) um metrische Angaben ergänzen, zum Beispiel die Größe und die Dichte der Steine für Schatten- und Sonnenseiten. In einem zweiten Schritt wurde das für die OPTINA-LK-Kartenprobe verwendete Floyd-Steinberg-Dithering erweitert, um die spezifischen Anforderungen der Kartographie zu berücksichtigen. Dies führte zur Entwicklung der Software *Scree Painter*, die das modifizierte Floyd-Steinberg-Dithering in einer nutzerfreundlichen Oberfläche anbietet.

Die nachfolgenden Abschnitte beschreiben die Gestaltungsprinzipien zur Gerölldarstellung, die entwickelte Methode sowie die Software *Scree Painter*.

2 Gestaltungsprinzipien zur Gerölldarstellung

Geröllfelder, Schuttfelder auf Gletschern, Kiesgruben oder Sandbänke in Gewässern werden auf Landeskarten der Schweiz alle mit kleinsten Steinsignaturen dargestellt, die in ihrer Größe und Verteilung leicht variieren (Abb. 2). Im Zeitalter der Schichtgravur auf Glas wurden einzelne Steine (Geröllpunkte) mithilfe von Dreikantnadeln graviert. Das Verfahren war relativ schnell. Dabei verließen sich die Kartographen beim Platzieren der Steine auf ihre grafische Intuition und Erfahrung sowie auf einige Gestaltungsprinzipien. Diese Prinzipien sind in der Fachliteratur nur spärlich dokumentiert. So widmet Eduard Imhof in seinem Standardwerk *Kartographische Geländedarstellung* dem Geröll nur eine halbe Seite (Imhof, 1965, S. 324). Dort warnt er davor, Steinsignaturen zu dicht zu platzieren, und rät, die Orientierung des Geländes durch Falllinien anzudeuten, d. h., Steine können auf einer Linie aufgereiht werden, um die

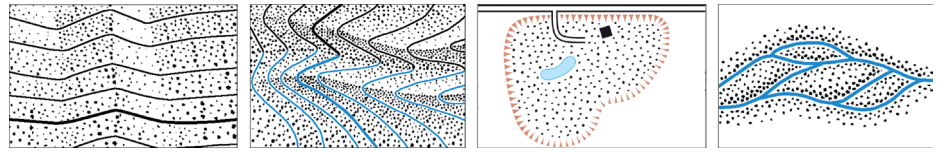


Abb. 2: Steinsignaturen zur Darstellung von Geröllfeldern, Schuttfeldern auf Gletschern, Kiesgruben, Sand- und Kiesbänken (swisstopo, 2008).

Fallrichtung anzuzeigen. Auch schreibt er: „Die feinen Gerölle, dargestellt durch sehr kleine Punkte, liegen an den oberen, steileren Hängen, die groben Blöcke, dargestellt durch kräftigere Punkte und durch kleine Blockfiguren, lagern sich regellos am flach auslaufenden Gehängefuß“ (Abb. 3). Steinsignaturen sollen also unregelmäßig angeordnet werden (Abb. 4) und eine minimale Distanz zu anderen Kartenelementen einhalten (Abb. 5),



Abb. 3: Größenzunahme von oben nach unten (swisstopo, 2008).

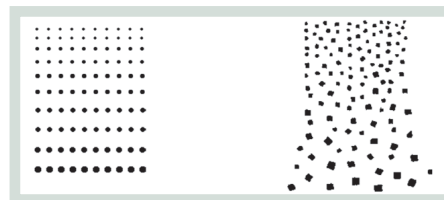


Abb. 4: Unregelmäßige Anordnung (swisstopo, 2008).



Abb. 5: Maskierung von Geröll und Fels zur Verbesserung der Lesbarkeit (Spiess et al., 2002).

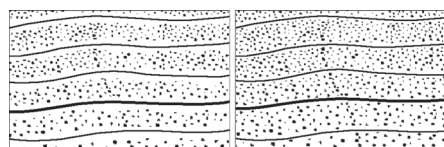


Abb. 6: Zu großer (links) und angemessener Abstand zu Höhenkurven (rechts) (swisstopo, 2008).

entlang von Höhenlinien sollen sich aber keine Leerräume bilden (Abb. 6).

Sehr wichtig ist die Modellierung von Größe und Dichte der Steinsignaturen. Dabei wird wie bei der Reliefschattierung und der Felszeichnung ein Beleuchtungsmodell mit einer Lichtrichtung aus Nordwesten angewandt. Auf Schattenseiten sind die Punkte oben klein und dicht verteilt, während sie auf der Sonnenseite oben noch kleiner und sehr locker verteilt sind. Zusammen mit der Reliefschattierung und der Felszeichnung entsteht durch diese Modulation eine plastische Wirkung, die das Gelände als durchgehende Oberfläche erscheinen lässt. Abbildung 7 vergleicht als anschauliches Beispiel das Geröll auf einer Gletschermoräne, wie es auf einem Luftbild mit Südbeleuchtung und einer Karte mit Nordwestbeleuchtung erscheint. In beiden Darstellungen erscheint die Moräne als dreidimensionale Erhebung, auf der Karte allerdings mit einfacher zu interpretierender Nordwestbeleuchtung.

Geröllflächen werden – wo dies in der Natur der Fall ist – mit sogenannten Geröllzügen durchmischt (Abb. 2 links). Diese verlaufen in Fallrichtung, d. h. rechtwinklig zu den Höhenkurven. Geröllzüge zeigen die ständige Dynamik von Geröllfeldern und werden vor allem in Gräben und entlang von kleinen Geländeeinschnitten platziert. Einzelne Trockenrinnen können auf ähnliche Weise symbolisiert werden (Abb. 8).

3 Digitale Methode zur Gerölldarstellung

Die neu entwickelte Methode füllt Polygone mit kleinen Steinsignaturen entsprechend den oben beschriebenen Gestaltungsrichtlinien. Insbesondere werden die

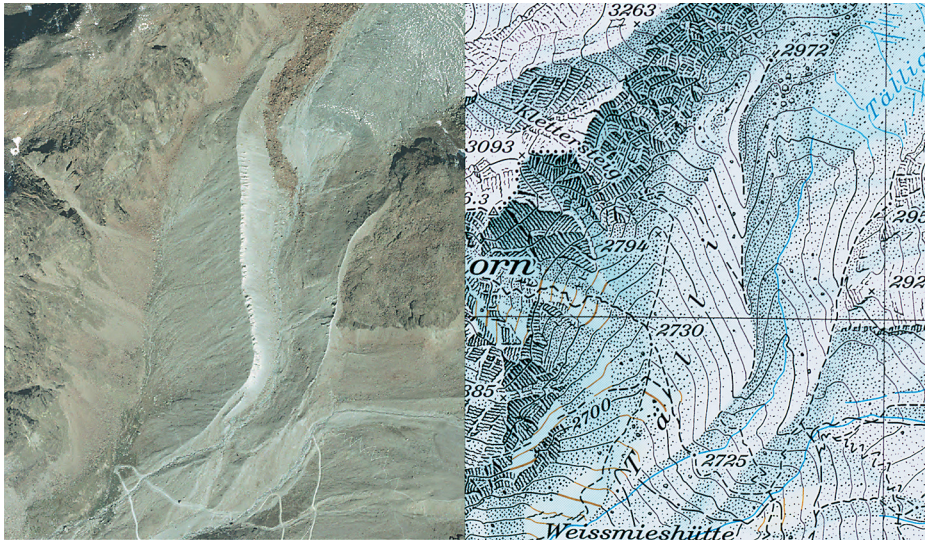


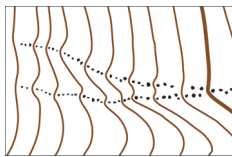
Abb. 7: Swisssimage Orthophoto mit Südbeleuchtung und Karte mit Geröllsignaturen moduliert nach einer NW-Beleuchtung (Blatt 1309 Simplon, 1:25 000).

Größe und die Dichte der Punkte mit der Helligkeit einer Reliefschattierung variiert. Zusätzlich können Geröllzüge automatisch aus einem Höhenmodell extrahiert

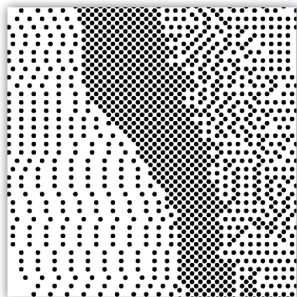
und symbolisiert werden. Die Methode erweitert das sogenannte Floyd-Steinberg-Dithering (Floyd und Steinberg, 1976).

Floyd-Steinberg-Dithering wird in der Computergrafik normalerweise dazu benutzt, die Farbtiefe eines Rasterbildes zu reduzieren, zum Beispiel bei der Konvertierung zu binären Bildern für die Druckausgabe. Bei dieser Methode wird der Quantisierungsfehler, der bei der Far-

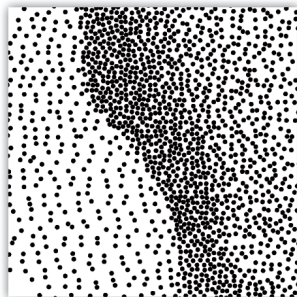
Abb. 8: Trockenrinne, symbolisiert durch aufgereichte Steinsignaturen (swisstopo, 2008).



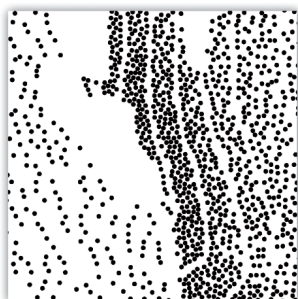
a: Schattierung



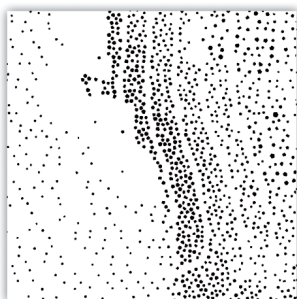
b: Floyd-Steinberg-Dithering



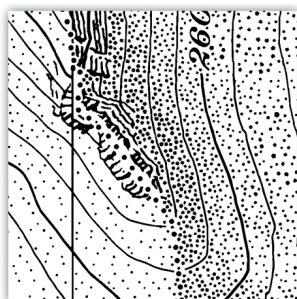
c: Unregelmässige Verteilung



d: Konfliktfreie Platzierung



e: Modulierte Grösse



f: Fertige Karte

Abb. 9: Bearbeitungsschritte des modifizierten Floyd-Steinberg-Ditherings.

breduktion bei jedem Pixel entsteht, auf die benachbarten Pixel verteilt. Weil das normale Verfahren pixelbasiert vorgeht, entsprechen die Größe und die Form der platzierten Farbtupfer (oder Steinsignaturen) immer einem Pixel. Eine Modulation der Größe der Steine, wie sie zur Darstellung von Geröll notwendig ist, kann damit nicht vorgenommen werden.

Abbildung 9 stellt die entwickelten Änderungen schrittweise dar: 9a zeigt die Reliefschattierung, die in den Algorithmus eingegeben wird. Normales Floyd-Steinberg-Dithering würde die Abbildung 9b erzeugen, die aus regelmäßig angeordneten, gleichmäßig großen Punkten besteht. Der modifizierte Algorithmus verteilt die Punkte unregelmäßig (Abb. 9c) und bereinigt eventuell entstehende Konflikte bei der Platzierung. Dabei wird sichergestellt, dass keine Punkte zu nahe bei anderen Kartenelementen zu liegen kommen (Abb. 9d). Schließlich wird die Größe der Punkte nach der Helligkeit der Reliefschattierung variiert (Abb. 9e). Die Anzahl der Eckpunkte und deren Verteilung werden zufällig gewählt. Abbildung 9f zeigt die erzeugten Steine kombiniert mit der restlichen Kartengrafik.

Zur einfacheren Illustration zeigt Abbildung 9 das Floyd-Steinberg-Dithering, die unregelmäßige Verteilung und die Konfliktbereinigung als drei getrennte Schritte. In Wirklichkeit integriert der entwickelte Algorithmus jedoch diese drei Schritte in einen einzigen Arbeitsprozess. Dabei wird zeilenweise vorgegangen, wobei die Zeilen im Zickzack von links nach rechts und dann von rechts nach links durchlaufen werden. Dabei werden die Pixel der Reliefschattierung auf ihre Helligkeit getestet. Ist das aktuelle Pixel dunkel genug um einen Punkt zu platzieren, wird dessen Mittelpunkt um eine kleine zufällige Distanz verschoben. Damit wird vermieden, dass die Punkte in einem regelmäßigen Schachbrettmuster angeordnet werden. Es wird anschließend getestet, ob der Punkt an dieser neuen Position zu nahe an einem anderen Kartenelement zu liegen käme, oder ob er sogar ein anderes Kartenelement über-

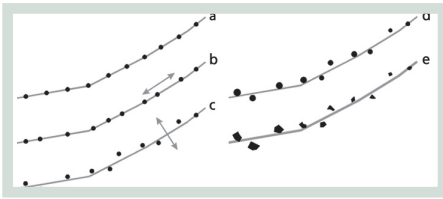


Abb. 10: Symbolisierung von Geröllzügen (Hurni et al., 1999).

lagern würde. Ist dies der Fall, wird der Mittelpunkt um eine alternative zufällige Distanz verschoben, und die neue Position wird wiederum auf allfällige Konflikte mit anderen Kartenelementen getestet. Diese Prozedur wird wiederholt bis eine freie Fläche gefunden wird, wo der Punkt platziert werden kann, oder bis eine maximale Anzahl von Versuchen erreicht wird.

Um Steine am Fuß von Hängen, wie von Imhof (1965) vorgeschlagen, zu vergrößern, wird eine Maske im Rasterformat verwendet. Diese kann sehr einfach mit Adobe Photoshop oder einem ähnlichen Programm erzeugt werden. Bei der Maske handelt es sich um ein georeferenziertes Rasterbild im Graustufenmodus. Wo dieses Bild manuell dunkel eingefärbt wird, werden die Steine vergrößert. Dabei wird eine gaußsche Verteilung verwendet, welche die meisten Steine nur schwach, aber einige wenige stark vergrößert.

Geröllzüge können relativ einfach symbolisiert werden (Hurni et al., 1999). Dabei werden zuerst Steinsignaturen in regelmäßigen Abständen entlang einer Linie platziert (Abb. 10a), dann werden die Punkte entlang der Linie und vertikal dazu verzerrt (Abb. 10b und c) und schließlich wird die Größe (Abb. 10d) und die Form der Steine variiert (Abb. 10e).

Damit die Geröllzüge nicht manuell platziert werden müssen, wurde ein Algorithmus entwickelt, der solche Linien automatisch aus einem digitalen Höhenmodell extrahiert. Geröllzüge sollen folgende Eigenschaften besitzen: Sie müssen eine minimale Länge haben und dürfen nicht in relativ flachen Gebieten vorkommen. Zudem sollen sie nur entlang von konkaven Gräben und Vertiefungen, aber nicht auf konvexen Geländeformen liegen.

Um geeignete Linien zu finden, wird

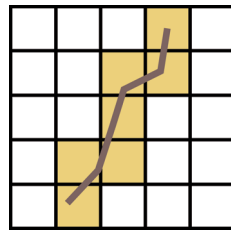


Abb. 11: Berechnung des Krümmungsindex.

zuerst eine große Anzahl von Falllinien aus dem Höhenmodell abgeleitet. Dazu wird die Richtung des größten Gefälles verfolgt, bis die Linie ein flaches oder konvex gekrümmtes Gebiet erreicht. Kurze Falllinien werden an dieser Stelle bereits verworfen. Um zu entscheiden, welche Falllinien als Geröllzüge dargestellt werden, wird für jede Zelle des Höhenmodells die sogenannte *plan curvature* berechnet. Die *plan curvature* quantifiziert die Krümmung entlang einer Höhenkurve (Wilson und Galant, 2000). Konvexe Formen (d.h. Bergkämme) erhalten damit negative Werte, während konkave Formen (d. h. Täler) positive Werte erhalten. Daraus wird ein Krümmungsindex für jede Linie berechnet. Dazu werden die Werte der Zellen aufsummiert, die von einer Linie durchquert werden (gelbe Zellen in Abb.

11). Daraus resultieren hohe Krümmungsindices für lange Linien in tief eingeschnittenen Gräben und tiefe Indices für kurze Linien auf regelmäßigen Abhängen.

Die potentiellen Linien werden schließlich nach abnehmendem Krümmungsindex sortiert und dann nacheinander der Karte hinzugefügt. Dabei wird darauf geachtet, dass ein minimaler Abstand zu bereits bestehenden Linien nicht unterschritten wird. Der Algorithmus bricht ab, wenn keine Linien mehr hinzugefügt werden können, ohne dass der Minimalabstand unterschritten würde. Mit diesem Vorgehen werden lange Linien in eingeschnittenen Vertiefungen bevorzugt platziert (Abb. 12).

4 Software Scree Painter

Die oben beschriebenen Methoden zur Gerölldarstellung wurden in der Software *Scree Painter* implementiert. *Scree Painter* ist eine quelloffene Freeware, programmiert in Java und deshalb auf allen gängigen Betriebssystemen ausführbar. *Scree Painter* steht gratis zur Verfügung und kann von der Website www.screepainter.com heruntergeladen werden, wo auch

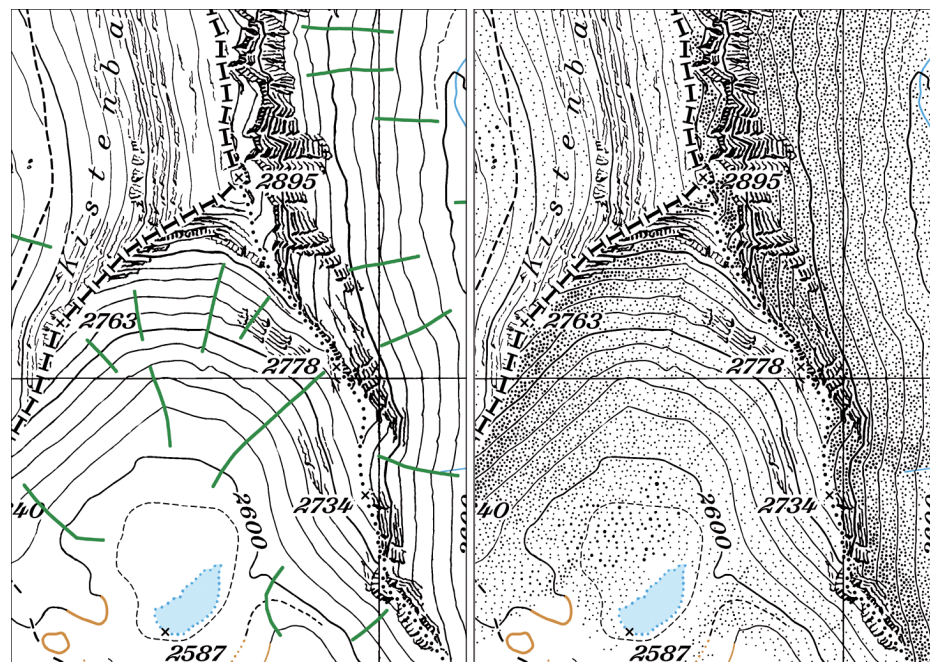


Abb. 12: Geröllzüge, automatisch extrahiert als grüne Linien (links) und symbolisiert mit Punkten (rechts) (Blatt 1193 Tödi, 1:25 000).

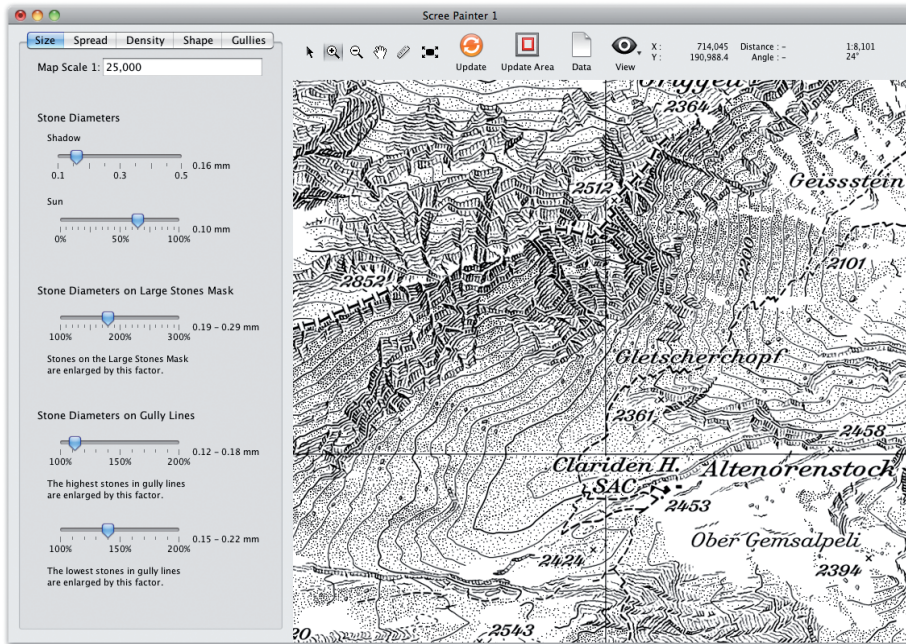


Abb. 13: Screenshot der Benutzeroberfläche von Scree Painter.

ein einführendes Tutorial und ein Manual zur Verfügung stehen.

Folgende Datensätze werden von Scree Painter zur Symbolisierung von Geröll verwendet: eine Reliefschattierung, Polygone zum Füllen mit Geröllsignaturen und ein Höhenmodell zur Berechnung der Geröllzüge. Außerdem können folgende Masken eingelesen werden: (1) eine Rastermaske mit Gebieten, in denen keine Steine platziert werden sollen, um grafische Konflikte mit anderen Kartenelementen zu vermeiden; (2) eine Rastermaske mit Gebieten, wo Steine vergrößert werden um die Fallrichtung des Gerölls aufzuzeigen; (3) eine Rastermaske

zur lokalen Anpassung der Gradation der Reliefschattierung. Mit letzterer kann die Dichte und Größe von Steinen entlang von Gebirgskanten oder Moränen korrigiert werden. Dies kann notwendig sein, wenn die Schattierung an diesen Stellen nicht genügend kontrastreich ist und die Steine zu wenig dicht platziert würden. Die Rastermasken sind georeferenziert und werden mit einer externen Rastergrafiksoftware bearbeitet. Scree Painter bietet eine benutzerfreundliche grafische Oberfläche für die Ein- und Ausgabe der Daten sowie zur Steuerung der Verteilung, Größe und Form der Steinsignaturen (Abb. 13).

Tabelle 1: Dimensionen und Abstände von Geröllsignaturen für digital erstellte Kartenproben.

Mit der Beleuchtung modulierte Dimensionen	
Durchmesser von Steinen in Geröllfeldern	0,10 – 0,16 mm
Durchmesser von Steinen auf Geröllzügen und Trockenrinnen	0,12 – 0,22 mm
Abstand zwischen Steinen	0,05 – 0,2 mm
Durchmesser von vergrößerten Steinen am Fuß eines Hanges	0,2 – 0,4 mm (mit einem erhöhten Anteil an kleinen Steinen)
Konstante Dimensionen	
Minimaler Abstand zu anderen Signaturen	0,05 mm
Zufällige maximale Abweichung von regelmäßiger Schachbrettverteilung	0,07 mm
Form der Steinsignaturen	4 bis 8 Ecken mit zufällig verteilter konvexer Form

Die von Scree Painter automatisch erzeugten Geröllzüge haben manchmal nicht die gewünschte Dichte oder kommen an ungünstigen Stellen zu liegen. Um Geröllzüge manuell zu bearbeiten, können diese exportiert, mit einem externen GIS bearbeitet und anschließend wieder importiert und symbolisiert werden.

5 Ergebnisse

Es wurden grafische Gestaltungsprinzipien zur Gerölldarstellung identifiziert und eine entsprechende automatische Methode entwickelt. Diese wurde in Scree Painter implementiert, einer benutzerfreundlichen, interaktiven Software zur Gerölldarstellung.

In einem iterativen Prozess wurde die entwickelte Methode anhand einiger Kartenausschnitte getestet und von Kartographen der swisstopo kritisch evaluiert. Daraus resultierten Verbesserungsvorschläge, die für nachfolgende Tests in die Software einfließen. Auch die Dimensionen und gegenseitigen Abstände der Steinsignaturen wurden iterativ verbessert (Tab. 1). Die Werte wurden aus Gebirgsblättern des Bundesamts für Landestopografie swisstopo im Maßstab 1:25 000 abgeleitet und für die mit Scree Painter erstellten Kartenproben verwendet.

Die von Scree Painter erzeugten Geröllfelder sind vergleichbar mit manuell erstellten (Abb. 14). Mit der Möglichkeit, das Geröll mithilfe der beschriebenen Masken lokal zu korrigieren, können auch Details herausgearbeitet werden. Wenn notwendig, kann die Geometrie der automatisch abgeleiteten Geröllzüge in einer GIS-Software bearbeitet werden und so lokal verdichtet oder ausgedünnt werden. Bei der automatisch erstellten Gerölldarstellung in Abbildung 14 (rechts) wurde auf solche Korrekturen zum besseren Vergleich verzichtet. Die Masken zur Vergrößerung der Steine am unteren Ende von Hängen und zur lokalen Verdichtung der Steine wurden jedoch in Adobe Photoshop bearbeitet. Mit dem Vergleich in Abbildung 14 wird deutlich, dass gewisse Formen, wie kleine Moränenwälle, in der

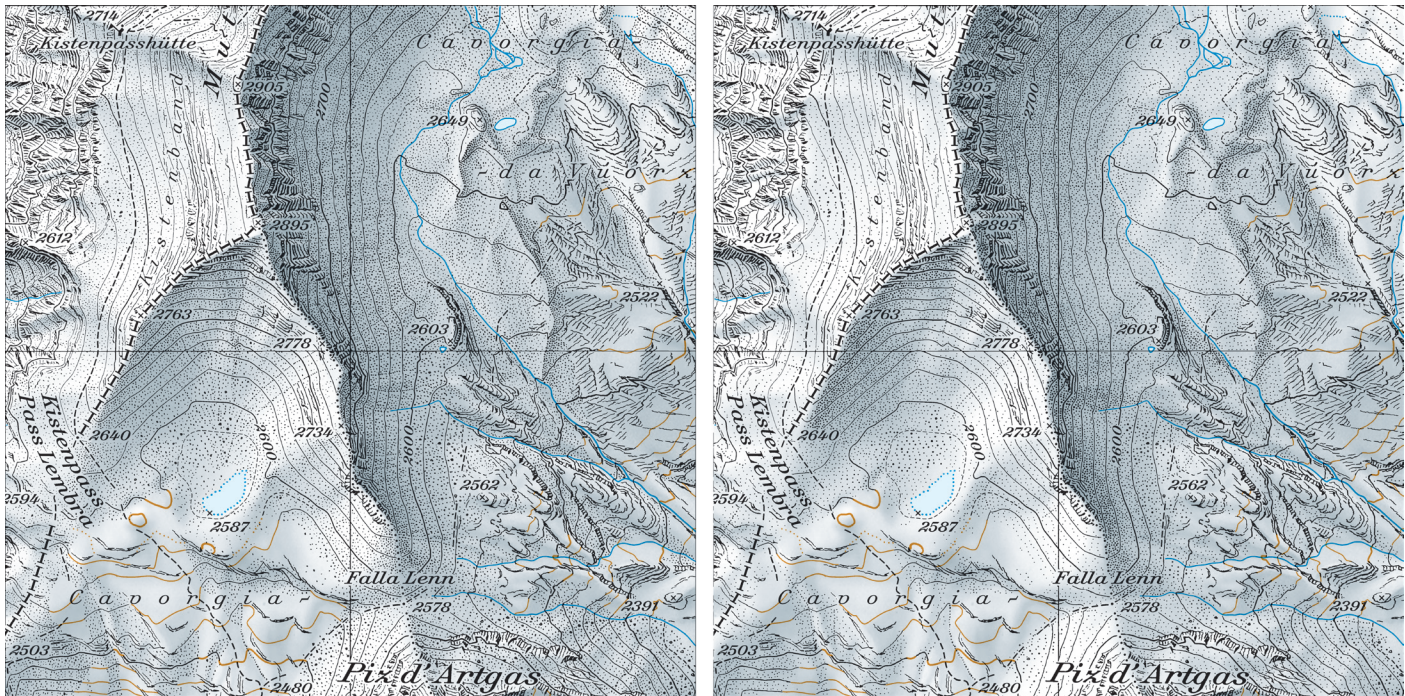


Abb. 14: Vergleich einer manuell (links) und einer automatisch (rechts) erzeugten Gerölldarstellung (Karte 1193 Tödi, 1:25 000).

automatisch generierten Abbildung nicht gleich detailliert wiedergegeben werden wie in der manuellen Referenzkarte. Der Grund liegt darin, dass die Reliefschattierung, die zur Steuerung der Dichte und Größe der Steine dient, diese Details nicht enthält. Auch werden Geröllzüge zum Teil nicht exakt in kleinen Gräben platziert, was an der relativ tiefen horizontalen Auflösung des Höhenmodells von 25 m liegt, das zur Extraktion der Geröllzüge verwendet wurde.

Bei Tests mit dem Hochgebirgsblatt 1193 Tödi wurden 2650 Polygone in etwa 1,5 Minuten mit 660 000 Steinen gefüllt (mit einem aktuellen Mittelklasse-Laptop). Natürlich ist der Aufwand zur Abgrenzung der Polygone nicht unerheblich, und die Bearbeitung der Masken um lokale Korrekturen vorzunehmen benötigt ebenfalls Zeit. Jedoch kann mit der automatischen Methode der Bearbeitungsaufwand im Vergleich zur manuell digitalen Erstellung erheblich reduziert werden.

Danksagung

Wir möchten uns bei swisstopo bedanken, dass *Scree Painter* als Freeware veröffent-

licht werden konnte. Auch möchten wir uns bei Simone *Lehmeier* und Viktoria *Peller*, beide Hochschule München, für die Aufbereitung von Testdaten und bei Andreas *Wipf* für das Foto in Abbildung 1 bedanken. Ein herzlicher Dank geht auch an Heinz *Stoll*, Orell Füssli Kartographie AG Zürich, für die Druckaufbereitung der Abbildung 14. Alle Karten © swisstopo (DV033492.2).

Literatur

- Feldmann, H.-U.; Kreiter, N.* (2006). Neuaufbau der schweizerischen Landeskarte: Inhalt und Kartengrafik. *Kartographische Nachrichten* 3: 115–121.
- Floyd, R. W.; Steinberg, L.* (1976). An adaptive algorithm for spatial grey scale. In: *Proceedings of the Society of Information Display* 17: 75–77.
- Hurni, L.; Neumann, A.; Hutzler, E.* (1999). Digital cliff drawing for topographic maps. In: *Proceedings of the 19th International Cartographic Congress, Ottawa, Canada*, 2: 1045–1052.
- Imhof, E.* (1965). *Kartographische Geländedarstellung*. De Gruyter, Berlin.
- Käufeler, D.; Eugster, C.; Josi, D.; Lutz, M.* (2009). Digitale Kartografische Modelle. Präsentation am Kolloquium Digitale Kartografische Modelle des Bundesamts für Landestopografie swisstopo, Wabern, Bern, 13. Februar 2009, <http://www.swisstopo.admin.ch/internet/swisstopo/de/home/docu/Kolloquien/090213.html>

Spiess, E.; Baumgartner, U.; Arn, S.; Vez, C. (2002). *Topografische Karten – Kartengrafik und Generalisierung*. Kartografische Publikationsreihe Nr. 16. Schweizerische Gesellschaft für Kartografie.

swisstopo (2008). *Richtlinien – 6.7 Darstellung Gelände*. Wabern, Schweiz. Bundesamt für Landestopografie swisstopo, TopoKarto, unveröffentlichtes Manuskript.

Wilson, J. P.; Gallant, J. C. (2000). *Terrain Analysis – Principles and Applications*. Wiley, New York.

Über die Verfasser: Bernhard *Jenny* ist Post-Doktorand am Institut für Kartografie der ETH Zürich. E-Mail: jenny@karto.baug.ethz.ch ■ Jürg *Gilgen* ist Kartograph beim Bundesamt für Landestopografie swisstopo, wo er sich auf die Darstellung von Fels, Geröll und Gletscher spezialisiert hat. E-Mail: juerg.gilgen@swisstopo.ch ■ Ernst *Hutzler* ist Mitarbeiter am Institut für Kartografie der ETH Zürich, wo er sich mit der Programmierung von Plug-Ins für das Vektor-Zeichenprogramm Adobe Illustrator beschäftigt. E-Mail: hutzler@karto.baug.ethz.ch ■ Prof. Dr. Lorenz *Hurni* ist Vorsteher des Instituts für Kartografie der ETH Zürich. E-Mail: LHurni@ethz.ch