

von Gletschern und ihren raum-zeitlichen Veränderungen wurden nicht kartographisch aufbereitet, sondern ausschließlich mit den Methoden und Möglichkeiten eines GIS erzeugt. Immerhin lassen sich die Arbeitsabläufe programmieren und sind damit auch rasch für andere Regionen reproduzierbar. Es lassen sich auf diese Weise sehr anschauliche Ergebnisse mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten anfertigen, wobei die hier gezeigten Graustufenbilder auch die Grenzen derartiger Ansichten verdeutlichen. Insbesondere im Internet und bei Multimedia-Applikationen erlaubt der Einsatz von Farbe und Animationen eine sehr viel anschaulichere Darstellung der Veränderungen. Dadurch werden sie möglicherweise auch für Laien leicht nachvollziehbar und können weiten Bevölkerungskreisen die raschen und nachhaltigen Veränderungen im Lebensraum des Hochgebirges verdeutlichen.

Literatur

ESRI (2001): Environmental Systems Research Institute Inc., ARC 8.1.

Häberling, C. (1998): Benutzerbedürfnisse und Anforderungen zu neuartigen Gletscherdarstellungen. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Band 11, Wien, S. 81–93.

Humi, L. (2001): The New „Atlas of Switzerland – interactive“: Applications in Mountain Cartography, Proceedings of the Workshop „High Mountain Cartography 2000“ at Rudolfshütte (Austria), TU Dresden, S. 53–59.

Humi, L. und Kriz, K. (2001): Kartographie europäischer Hochgebirge. In: Kartographische Nachrichten, Heft 2, S. 83–91.

Humi, L. und Häberling, C. (2002): Moderne Gebirgskartographie. In: Kartographische Nachrichten, Heft 3, S. 107–110.

Humi, L., Kääb, A. und Häberling, C. (2000): Kartographische Darstellung glazialer Phänomene. Zeitliche Entwicklung und heutiger Stand. In: Salzburger Geographische Arbeiten, 36, S. 23–38.

Kääb, A. (1998): Visualisierung glazialer und periglazialer Prozesse: Probleme und Ansätze. Workshop Silvretta 1998. In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, 11, S. 94–101.

Kääb, A. (2002): Monitoring high-mountain terrain deformation from repeated air- and spaceborne optical data: examples using digital aerial imagery and ASTER data. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 57 (1–2), p. 39–52.

Kaufmann, V. und Pläsch, R. (2000): Reconstruction and visualization of the retreat of two small cirque glaciers in the Austrian Alps since 1850. In: Proceedings of the Workshop „High Mountain Cartography 2000“ at Rudolfshütte (Austria), TU Dresden, p. 239–253.

Maisch, M., Wipf, A., Denneker, B., Battaglia, J. und Benz, C. (2000): Die Gletscher der Schweizer Alpen. Gletscherhochstand 1850, Aktuelle Vergletscherung, Gletscherschwund-Szenarien (2nd Ed.). VdF-Verlag, ETH Zürich, Schlussbericht NFP31, 373 S.

Müller, F., Coflish, T. und Müller, G. (1976): Firn und Eis der Schweizer Alpen, Gletscherinventar. Geographisches Institut, VdF-Verlag, ETH Zürich, 57, 174 S.

Paul, F. (2003): The new Swiss Glacier Inventory 2000 – Application of remote sensing and GIS. Dissertation, Geographisches Institut Universität Zürich, 198 S.

Paul, F., Kääb, A., Maisch, M., Kellenberger, T. und Häberli, W. (2002): The new remote-sensing-derived Swiss glacier inventory: I. Methods. Annals of Glaciology, 34, p. 355–361.

Anschrift der Verfasser: Frank Paul, Andreas Kääb, Max Maisch, Tobias Kellenberger, Wilfried Häberli, Geographisches Institut, Glaziologie und Geomorphodynamik Gruppe, Universität of Zürich-Irchel, Winterthurerstr. 190, CH-8057 Zürich, {fpaul,kaeab,maisch,knelle,haeberli}@geo.unizh.ch

Multimedia in der Gebirgskartographie – 3D-Anwendungen aus dem „Atlas der Schweiz – interaktiv 2“

Stefan Huber, René Sieber und Andreas Wipf; Zürich

1 Einleitung

Gebirge sind für viele Länder typisch und auch prägend, dennoch finden sich nur wenige kartographische Gesamtwerke, die sich ausschließlich mit dem Gebirgsraum und seinen Phänomenen beschäftigen. Auch der „Atlas der Schweiz – interaktiv“ sieht sich als thematischer Nationalatlas des ganzen Landes, ist also ebenso ein Querschnittswerk verschiedener Naturräume und Themenkreise. Innerhalb des vorgegebenen Konzepts befasst er sich aber im Speziellen mit Themen, welche die Gebirgswelt ganz oder teilweise berücksichtigen. Mit der zweiten Version des Atlas wird neu der Themenbereich „Natur und Umwelt“ mit über

600 Themen aufgebaut und in 2D-Karten und 3D-Darstellungen umgesetzt. Dies bedingt die kartographische Aufbereitung und multimediale Integration von groß- und kleinräumig ablaufenden Ereignissen und Prozessen, die klar abgrenzbar oder aber diffus verteilt sind.

Während die kartographische Bearbeitung der thematischen Grundlagen an sich verlässlichen Regeln folgt und in den letzten Jahren viel in den Ausbau der Funktionalität von 2D-Karten investiert wurde (Bär und Sieber 1997), betritt man mit der Integration von 3D-Komponenten in einen interaktiven Atlas vielfach Neuland. Dabei lohnt sich dieser Schritt doppelt, sind doch die Benutzer heute vermehrt an attraktiven Möglichkeiten und dreidimensio-

nalen Lösungen interessiert, und die kognitiv-emotionale Komponente des Atlas wird gesteigert. Erste Erfahrungen mit der 3D-Visualisierung der Topographie haben eine äußerst positive Resonanz hervorgerufen und gezeigt, dass noch ein großes Potenzial brach liegt. Die Verbindung zwischen Topographie und thematischer Information kann mit dem Einsatz von 3D-Komponenten in einem Atlas wesentlich erweitert und leichter fassbar gemacht werden.

Die Expedition ins kartographisch-multimediale Neuland bedingt Investitionen verschiedener Art: Zuerst konzeptionelle Überlegungen zur *Multidimensionalität und Interaktivität* des Atlas, darauf aufbauend die *technisch-methodische Atlasstruktur* und deren Umsetzung in modular zusammenwirkende Features und schließlich die konkrete Ausgestaltung des *Visualisierungssegmentes* mit Analyse- und Simulationsmöglichkeiten. Ziel ist es dabei, die Kartenthemen im Atlas so zu präsentieren und zugänglich zu machen, dass die Benutzer durch den Einsatz der 3D-Komponenten einen visuellen und kognitiven Mehrfachnutzen erreichen.

2 Interaktivität, Multidimensionalität und 3D-Denkweise

Interaktivität gilt als wesentlichste Eigenschaft einer Multimedia-Anwendung; dies bedeutet, dass sowohl das Atlas-Grundgerüst wie auch die Karten selbst dynamisch aufgebaut sein müssen. Als weitere Basiskomponente eines modernen Atlas ist der Einbezug eines räumlich und zeitlich multidimensionalen Denkens und Handelns gefordert.

Das größte Entwicklungspotenzial für moderne Atlanten besteht heute in der Kombination der temporalen Dimension mit der räumlichen Dreidimensionalität (Sieber 2001). Um dieses Potenzial ausnutzen zu können, ist von Projektbeginn an ein 3D-Denken gefordert. Zweidimensionale Karten sind somit als Spezialfall von dreidimensionalen Darstellungen, sog. 3D-Karten, zu betrachten. Die konkrete Umsetzung des 3D-Denkens führt dazu, dass die Navigation sowohl bei 2D- wie auch bei 3D-Karten mit der gleichen Grundfunktionalität ausgerüstet und mittels 2D-/3D-Switch möglichst durchlässig gestaltet wird (Huber und Sieber 2001). Weiterführende Navigationstools sollten indessen spezifisch für den 2D- oder 3D-Einsatz ausgelegt sein. Die 3D-Denkweise tritt naturgemäß bei der Geländeanalyse und -visualisierung am deutlichsten hervor. Sie führt zu einer Vielzahl von 3D-Darstellungen von topographischen und statistischen Oberflächen, Profilschnitten usw., und ebenso zu Überlagerungen von zweidimensional erhobenen Themen auf 3D-Oberflächen. Analytische Ableitungen aus 3D-Modellen ermöglichen teils neuartige graphische Resultate und Interpretationen der visualisierten Daten.

Im Folgenden wird der Versuch unternommen, die 3D-Denkweise auf Visualisierungsmethoden anzuwenden und diesen Ansatz zu systematisieren.

3 Visualisierungsmethoden für 3D-Oberflächen

Ausgehend von Digitalen Höhenmodellen wird eine systematische Klassifikation der Visualisierungsmethoden

von 3D-Oberflächenmodellen vorgeschlagen.

Ein Digitales Höhenmodell (DHM) ist ein Oberflächenmodell; Oberflächenmodelle zeichnen sich dadurch aus, dass für einen gegebenen 2D-Punkt (Lagekoordinate) genau ein Wert in der dritten Dimension (Höhe) existiert. Solche Datenmodelle werden oft als 2,5D bezeichnet. Eine orthogonale Projektion in Richtung der dritten Dimension ist somit frei von Überdeckungen. Um die Daten zu visualisieren, müssen die 2,5D-Daten in die 2D-Gerätekoordinaten projiziert werden. Das im „Atlas der Schweiz – interaktiv 2“ verwendete Modell berechnet in einem ersten Schritt für einen Bildpunkt die 3D-Koordinate und die Oberflächennormale. Dieser erste Schritt ist rein geometrisch; Kamera und Projektionstyp (Panorama, Blockbild, Profil usw.) bestimmen das Ergebnis. In einem zweiten Schritt muss dem Bildpunkt ein Farbwert zugeordnet werden. Farbwerte haben einen Alpha-Kanal, der die (Semi-)Transparenz festlegt. Die Zuordnung der Farbwerte erfolgt mittels darstellungsspezifischer Algorithmen. Im Folgenden wird dieser zweite Schritt diskutiert, wobei der Ansatz der modularen Visualisierungsmethoden (Huber und Schmid 2003) verallgemeinert wird.

Die Visualisierungsmethoden für 2,5D-Datenmodelle werden anhand weniger, grundlegender Kriterien klassifiziert. Die wichtigsten Ausprägungen einzelner Kriterien werden – ohne Vollständigkeit beanspruchen zu wollen – diskutiert. Die gewonnenen *Elementartypen* von Visualisierungsmethoden können anschließend für thematische Anwendungen spezifiziert werden (*angewandte Elementartypen*). Angewandte Elementartypen bilden die Basis für die

in sich geschlossenen *Visualisierungsmodulen*. Ein Visualisierungsmodul kann auf einem Elementartyp basieren (*einfache Visualisierungsmethode*) oder auf einer Kombination von mehreren Elementartypen (*komplexe Visualisierungsmethode*). Mehrere Visualisierungsmodulen können wiederum kombiniert werden. Die Unterscheidung von *kombinierten Modulen* und komplexen Visualisierungsmethoden ist insofern sinnvoll, da eine komplexe Visualisierungsmethode eine abgeschlossene thematische Einheit bildet. Module für die DHM-Visualisierung sind beispielsweise Beleuchtung, Hangneigung, Exposition, Overlay (2D-Bild). Konkrete Beispiele aus dem „Atlas der Schweiz – interaktiv 2“ illustrieren die Anwendung der Elementartypen (Abb. 1).

4 Klassifikation der Elementartypen

Die Klassifikation der Elementartypen erfolgt über vier Kriterien. Zwei Kriterien betreffen die DHM-Datenseite. Wir unterscheiden hier *Räumliche Abhängigkeit* (lokal vs. global) und *Berechnungsbasis* (Koordinatenwert, Oberflächennormale usw.). Die Farbwertzuordnung kann nach der Dimensionalität der Werte klassiert werden (*Farbdimension*: konstant, eindimensional usw.). Schließlich werden zum Teil *Zusatzparameter* verwendet (z. B. Vektor für parallele Beleuchtung, Punkt für distanzabhängige Einfärbungen).

Räumliche Abhängigkeit

Die Räumliche Abhängigkeit bezieht sich auf die Abhängigkeit zwischen einzelnen DHM-Werten. Sie kann lokal oder global sein. Lokal bedeutet, dass

entfernte DHM-Werte keinen Einfluss auf das Visualisierungsergebnis haben. Im Modul „Hypsographie“ hängt die Zuordnung der Farbwerte nur von der Höhe des Lagepunkts ab. Bei globalen Algorithmen kann das lokale Ergebnis durch entfernte Werte bestimmt oder beeinflusst werden. Im Modul „Sichtbarkeit“ wird die Sichtbarkeit des Geländes von einem Punkt aus bestimmt: Erhebungen begrenzen die Sichtbarkeit. Die Berechnung globaler Abhängigkeit ist wesentlich zeitaufwändiger als die Berechnung lokaler Abhängigkeit.

Berechnungsbasis

Die Berechnungsbasis ist der Typ des vom DHM abgeleiteten Wertes, der für die Berechnung verwendet wird. So kann die Berechnungsbasis auf Komponenten von Koordinaten oder Oberflächennormalen oder auf Distanzen basieren. Im Modul „Hypsographie“ wird nur die Höhenkomponente der Koordinate verwendet. Das Modul „Beleuchtung“, das paralleles Licht berechnet, benötigt den Winkel zwischen Lichtstrahl und Oberflächennormale. Das Modul „Dunst“ verwendet die Distanz zwischen Kamerastandort und DHM-Punkt.

Farbdimension

Auf der Farbseite ist die Dimension der zugeordneten Farbwerte ein Unterscheidungskriterium. Farbdimensionen können konstant (ein Farbwert), binär (zwei Werte), eindimensional oder zweidimensional sein. Ambientes Licht ordnet einen Farbwert allen Bildpunkten zu. Das Modul „Sichtbarkeit“ verwendet die binäre Farbdimension: Nur sichtbare Punkte werden opak einge-

färbt. Das Modul „Hangneigung“ (Abb. 1a) benötigt eine eindimensionale Farbdimension (diskreter oder kontinuierlicher Farbverlauf). Overlays von Luft- und Satellitenbildern (Abb. 1b) oder thematischen 2D-Karten basieren auf zweidimensionalen Texturen.

Zusatzparameter

Zusatzparameter sind Variablen, die vom Visualisierungs-Algorithmus zusätzlich zu den DHM-Daten verwendet werden. Während gewisse Visualisierungsmethoden wie Hypsographie, Hangneigung oder Exposition keine Zusatzparameter benötigen, verlangen andere Visualisierungsmethoden einen Punkt oder einen Vektor. Einen Punkt setzen die Module „Dunst“ und „Sichtbarkeit“ voraus. Beim Dunst bestimmt die Distanz vom Kamerastandort aus die Zuordnung, bei der Sichtbarkeit wird ein frei gewählter Punkt verwendet. Das Modul „Beleuchtung“ legt die Einstrahlrichtung über einen Vektor fest.

Anhand der Module „Hypsographie“ und „Hochnebel“ lässt sich der Nutzen der Elementartypen illustrieren.

Im Vorsprung dank wählbarem Symbolsatz.

Das Zeichnungsprogramm, das Kartographen auf der ganzen Linie überzeugt:



Mehr unter www.ocad.com

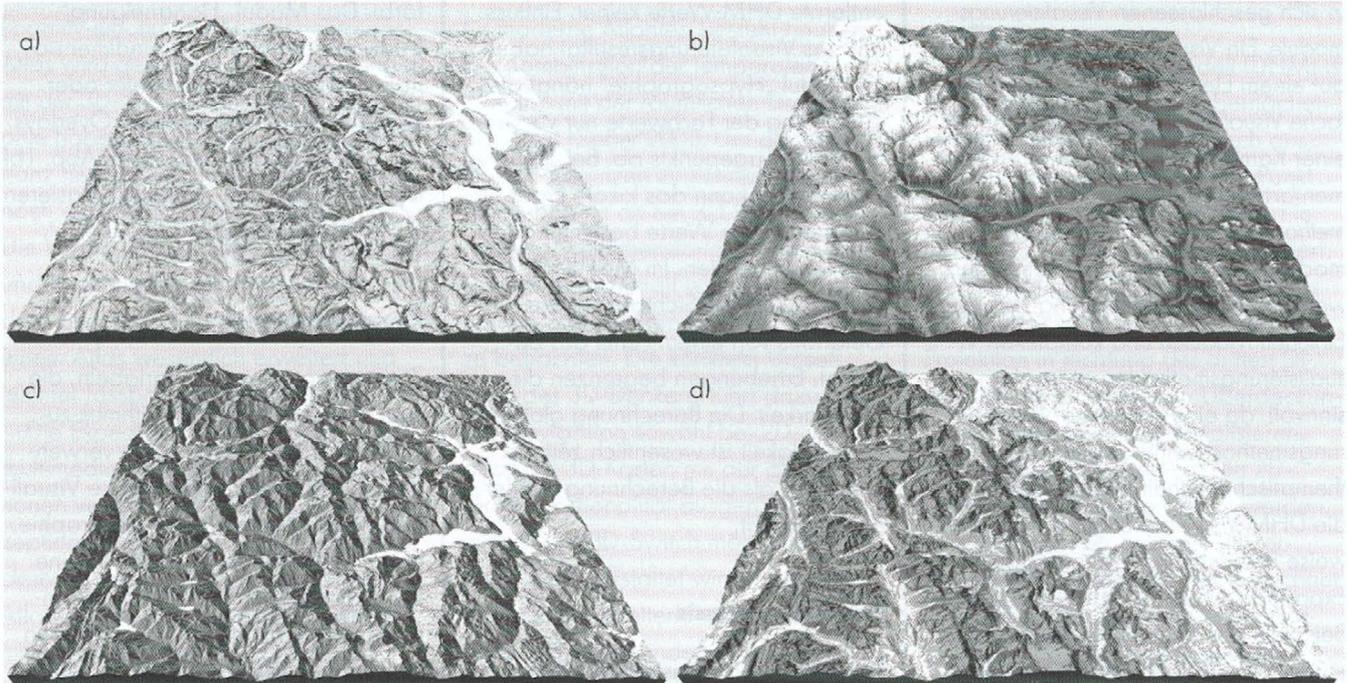


Abb. 1: Verschiedene Visualisierungsmethoden des „Atlas der Schweiz – interaktiv“ (von oben links nach unten rechts): a) Hangneigung, b) Satellitenbild, c) Exposition, d) Lawinengefahr

Beide Module basieren – obwohl thematisch völlig anders gelagert – auf dem gleichen Elementartyp: Die Räumliche Abhängigkeit ist lokal, die Berechnungsbasis ist die Höhenkomponente der Koordinate, die Farbdimension ist eindimensional, Zusatzparameter werden nicht verwendet. Beim Hochnebel wird im Gegensatz zur Hypsographie nur der Alphakanal der Farbwerte variiert.

Ein konkretes Beispiel für eine komplexe Visualisierungsmethode (Kombination mehrerer Elementartypen) ist die Implementation des Moduls „Exposition“ (Abb. 1c). Zuerst wird die Hangneigung bestimmt (erster angewandter Elementartyp); für flache und annähernd flache Gebiete wird der

Ebenenton (konstanter Farbwert) verwendet, andernfalls der Farbwert (eindimensionale Farbdimension) der Exposition (zweiter angewandter Elementartyp).

Die verschiedenen Module, die auf einfachen oder komplexen Visualisierungsmethoden basieren, sind nun die Grundlage für flexible, interaktive thematische Anwendungen. Verschiedene Parameter der einzelnen Module können interaktiv gesetzt und verändert werden, die Module wiederum können kombiniert werden. Die sich ergebenden Möglichkeiten können am Beispiel „Lawinengefahr“ (Abb. 1d) gezeigt werden. Die Module „Hypsographie“, „Hangneigung“ und „Exposition“ werden aktiviert. Eingefärbt werden mit je einem Farbton im Modul „Hypsographie“ höher liegende Gebiete, im Modul „Hangneigung“ steilere Hänge und im Modul „Exposition“ gefährdete Expositionen. Die sich ergebende Mischfarbe aller Module signalisiert die potenziell gefährdeten Gebiete.

5 3D-Anwendungen im Atlas der Schweiz

Um das 3D-Konzept optimal umsetzen zu können, musste ein spezielles 3D-Interface entwickelt werden, das sich bezüglich Anordnung auf dem Bildschirm und Funktionalität vom 2D-Teil unterscheidet. Da im „Atlas der Schweiz – interaktiv 2“ zwei Auswahlmöglichkeiten für 3D-Darstellungen bestehen (Panorama- und Blockbild-darstellung), wurde ein modularer Aufbau für die verschiedenen Bedienungselemente und Funktionalitäten gewählt. Teile der Segmente „Abfrage der Basiskartenelemente und Kartenthemen“ und „Navigation“ konnten vom 2D-Teil in modifizierter Form übernommen werden, andere wie z. B. die „Analyse und Visualisierung“ mussten für die Bedürfnisse und Möglichkeiten von 3D-Darstellungen neu entworfen werden (Abb. 2).

Das Segment „Visualisierungsmodul“ beinhaltet die Wahl der Basiskartenele-



Abb. 2: 3D-User Interface mit aufgeklapptem Modul „Beleuchtung“ und Kartenthema „Geologie“

mente (Satellitenbild, Seen, Wald, Siedlungen und Gletscher), eines Kartenthemas und verschiedener analytischer Methoden. Die einzelnen Module können ein- oder ausgeschaltet und beliebig kombiniert werden. Es besteht

zudem die Möglichkeit, über Transparenzregler die visuelle Gewichtung der einzelnen Layer zu beeinflussen.

Basiskartenelemente und Kartenthemen

Bei den Basiskartenelementen (Satellitenbild, Seen, Wald, Siedlungen und Gletscher) und den Kartenthemen handelt es sich um einfache Overlays auf

das digitale Höhenmodell. Der Umfang der zuschaltbaren Kartenthemen beschränkt sich auf eine Auswahl aus den Bereichen Atmo-, Litho-, Hydro-, Bio- und Anthroposphäre des 2D-Teils. Es wurde darauf geachtet, dass die thematische Vielfalt gleichwohl gewahrt werden konnte. Bei den geeigneten Themen wurden Daten berücksichtigt, die einerseits vom Relief beeinflusst sind (z. B. Temperatur und Niederschlag) oder das Relief prägen (Geologie) und andererseits flächenmäßig den Perimeter der Schweiz abdecken und eine Auflösung besitzen, die für eine 3D-Darstellung ausreichend und aussagekräftig ist (z. B. Geomorphologie, Boden, Verbreitungskarten von Pflanzen und Tieren).

Analysen aus dem Höhenmodell

Bei den Ableitungen aus dem Höhenmodell werden für die Visualisierung der einzelnen Module Einstellungen vorgegeben (Defaults, z. B. für die Klassierung und die Einfärbung). Die Benutzer können durch Aufrufen eines Panels modulspezifische Änderungen vornehmen (siehe Tab. 1 und Abb. 2), was insbesondere bei der Kombination von Modulen unumgänglich ist, um eine möglichst realitätsnahe Darstellung zu entwerfen bzw. eine den kartographischen Ansprüchen genügende Visualisierung zu erreichen.

Mit der Überlagerung des Kartenthemas mit Höhenmodellableitungen können auf einfache Weise Zusammenhänge und Abhängigkeiten erkannt werden (z. B. Vegetationsstufen – Höhenstufung, Einstrahlung – Exposition, Sonnenscheindauer – Nebel). Aus den Ableitungen des Höhenmodells alleine lassen sich ebenfalls neue Informationen generieren: Eine erste

Tabelle 1: Module zur analytischen Visualisierung (vereinfacht).

Dunst/Sichtweite	Distanzeingabe, wie weit das Gelände maximal sichtbar sein soll (mit Dunsteffekt)
Nebel	Höheneingabe der Unter- und Obergrenze der Nebeldecke mit zwei Übergangszonen
Hypsographie	Bestimmen und Einfärben von Höhenstufen
Hangneigung	Bestimmen und Einfärben von Hangneigungsklassen
Exposition	Bestimmen und Einfärben von Expositionsclassen
Beleuchtung	Bestimmen von Azimut und Einfallswinkel der Lichtquelle
Distanz	Standortbestimmung und Festlegen der Radien der Distanzkreise mit Einfärbung
Sichtbarkeit	Wahl des Standortes und Einfärbung aller von dort aus sichtbaren Bereiche



Abb. 3: Panorama mit Modul „Nebel“ und Satellitenbild: a) „Nebel locker“, b) „Nebel dicht“, c) „(Boden-)Nebel mit scharfer Obergrenze“ („Überschwemmung“)

vereinfachte Grobabschätzung von Permafrostvorkommen lässt sich aus den Modulen „Exposition“ (Strahlung), „Hypsographie“ (Temperatur) und „Hangneigung“ errechnen. Im Modul „Nebel“ (Abb. 3a-c) können durch die Eingabe einer scharfen Obergrenze und der Variation ihrer Höhenlage fiktive Überschwemmungsszenarien dargestellt werden. Die morphologischen Eigenheiten des Reliefs lassen sich je nach Einstellungen im Modul „Beleuchtung“ besser herausmodellieren. Mit dem Modul „Sichtbarkeit“ kann man sich die sichtbaren Bereiche einer Gipfelrunde darstellen lassen (Abb. 4).

Eine Spezialität stellt das Bestimmen einer Profillinie dar (Abb. 5). Mit Klicken kann in der Karte eine beliebige, Richtungswechsel aufweisende

Profillinie gezogen werden. Im Anschluss wird daraus ein zweidimensionales Profil aus dem Geländemodell gerechnet und unterhalb der Karte angezeigt. Ist ein Thema ausgewählt, wird im gleichen Fenster mit eigener Skala die thematische Information überlagert.

6 Ausblick

Interaktive 3D-Karten verfügen über ein großes Potenzial; ihr Anteil in digitalen Atlanten wird auch zukünftig stetig ansteigen. Der vorgestellte Ansatz zur Behandlung der 3D-Karten bietet dabei ein breites Entwicklungsfeld: Neuartige Module lassen sich aus den Kombinationsmöglichkeiten der vier Kriterien (Räumliche Abhängigkeit, Berechnungsbasis, Farbdimension, Zusatzparameter) ableiten. Die Elementartypen sind indessen nicht spezifisch auf digitale Höhenmodelle zugeschnitten, sondern grundsätzlich auf beliebige 2,5D-Oberflächen (so z. B. statistische Oberflächen) anwendbar. Die

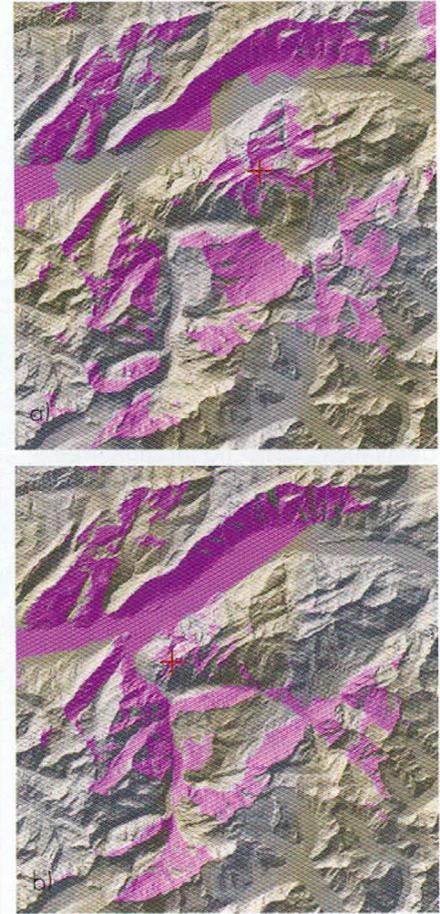


Abb. 4: Blockbild mit Modul „Sichtbarkeit“: a) Standort Faulhorn, b) Standort Schynige Platte

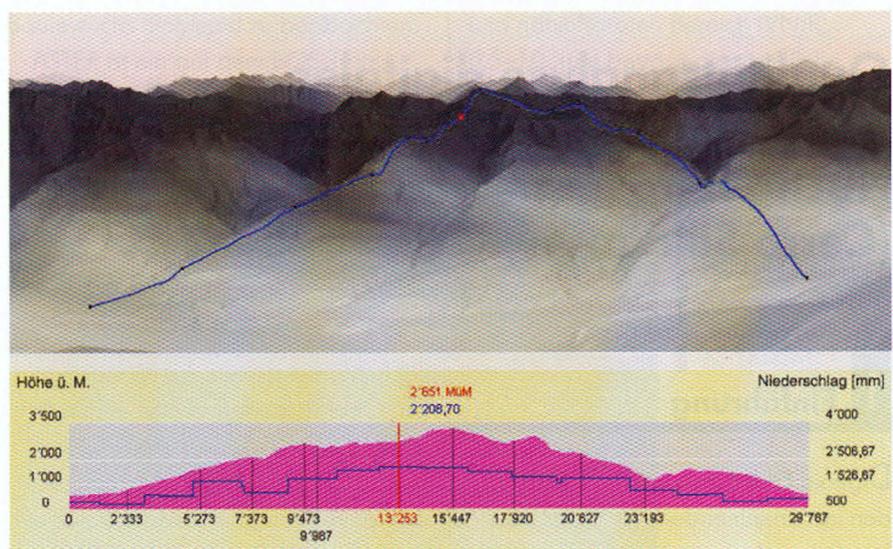


Abb. 5: Profil mit Kartenthema „Niederschlag“.

technische Umsetzung wird durch diesen Ansatz vereinfacht, da eine gemeinsame Basis definiert wird und für die einzelne Anwendung nur noch spezifische Anpassungen vorgenommen werden müssen.

Mit den vorhandenen Modulen ist die Palette an Einsatzmöglichkeiten in der Geographie bereits sehr groß. Sie reicht vom einfachen Betrachten der Topographie bis hin zu explorativen Analysen und Simulationen und bietet damit thematisch und funktionell eine breite, ausbaufähige Plattform. Die Integration weiterer interner Module wie Schattenwurf oder potenzielle Sonneneinstrahlung und insbesondere thematischer Module zur Behandlung linearer Elemente wie Abflusssrinnen bzw. Falllinien (Steinschlag, Lawenzüge) oder Verkehrsthemen (Steigung von Bahnlinien, Lärmausbreitung usw.) ist ebenfalls realisierbar. Auf dieser Basis lassen sich künftig auch externe Module anbinden. In Diskussion ist etwa ein 3D-Routing mit GPS, das zur Visualisierung von Wanderstrecken, Bike- und Skitouren oder Flugrouten für

Segelflug und Gleitschirm eingesetzt werden könnte.

Literatur

Atlas der Schweiz interaktiv – 3D Topographie und Statistikkarten (2000) [CD-ROM]. swisstopo, Bundesamt für Landestopographie, Wabern CH, <http://www.swisstopo.ch>

Bär, H.-R. und R. Sieber (1997): Atlas of Switzerland – Multimedia Version: Concepts, Functionality and Interactive Techniques. In: Proc. of the 18th Int. Conference of the ICA, Stockholm.

Huber, S. und Ch. Schmid (2003): 2nd Atlas of Switzerland – interactive: Concepts, Functionality, Techniques. In: Proc. of the 21st Int. Conference of the ICA, Durban SA. http://www.atlasofswitzerland.ch/pdf/ICC03_HuberSchmid.pdf

Huber, S. und R. Sieber (2001): From Flatland to Spaceland – Concepts for Interactive 3D Navigation in High Standard Atlases. In: Proc. of the 20th Int. Conference of the ICA, Beijing. http://www.atlasofswitzerland.ch/pdf/ICC01_HuberSieber.pdf

Sieber, R. (2001): Interdisziplinarität und Multidimensionalität in thematischen Atlanten. In: Buzin, R. und Th. Wintges (Hrsg.): Kartographie 2001 – multidisziplinär und multidimensional. Beiträge zum 50. Deutschen Kartographentag Berchtesgaden. Wichmann: Heidelberg. http://www.atlasofswitzerland.ch/pdf/DKT01_Sieber.pdf

Anschrift der Verfasser: Stefan Huber, René Sieber und Andreas Wipf, ETH Zürich, Institut für Kartographie, ETH Hönggerberg, CH-8093 Zürich, {huber, sieber, wipf}@karto.baug.ethz.ch

1999). Bishop et al. (2001) verwendeten ein DGM des Nanga Parbat aus SPOT-Daten, um Gletscher im extremen Hochgebirgsrelief des Westhimalayas abzugrenzen. Bolch & Schröder (2001) analysierten die periglaziale Oberflächenformung des Cerro Sillajhuay in den Anden von Chile/Bolivien unter Zuhilfenahme eines DGM. Auch dienen DGM bei der Modellierung des oberflächlichen Abflusses, welcher ein bestimmender Faktor der Oberflächenformung ist (Dietrich et al. 1993, Desmet & Govers 1995, Kirkby 1990). Generell muss ein DGM die reale Oberfläche so präzise wie möglich abbilden, da diese Genauigkeit die Aussagefähigkeit der geomorphometrischen Analyse bestimmt.

DGM können aus Stereosatelliten-daten generiert werden, wie sie z. B. das Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) liefert. ASTER erzeugt simultane Stereopaare in Flugrichtung, welche Abweichungen verhindern, die durch zeitlich versetzte Aufnahmen bedingt sind. Bisher sind erst wenige Ergebnisse über die Verwendung von ASTER-Daten veröffentlicht worden; meist handelt es sich um Ergebnisse aus simulierten ASTER-Daten (Abrams & Hook 1995, Shi 2001, Welch et al. 1998) oder um deren zukünftiges Nutzungspotential (Raup et al. 2000). Wessels et al. (2002) analysierten ASTER-Daten von supraglazialen Seen am Mt. Everest. Cheng & Bean (2002) veröffentlichten erste Ergebnisse über die Generierung von ASTER-DGM von Gebieten in Afghanistan. Eckert & Kellenberger (2002) verglichen ASTER-DGM aus zwei Gebieten in der Schweiz mit DGM aus InSAR-Daten und dem DHM25 des schweizerischen Bundesamts für Landestopographie

Qualitätsanalyse digitaler ASTER-Geländemodelle von Hochgebirgsregionen (Cerro Sillajhuay, Chile/Bolivien)

Tobias Bolch, Erlangen, und Ulrich Kamp, Chicago

1 Einführung

Digitale Geländemodelle (DGM) werden im zunehmenden Maße zur visuellen und mathematischen Analyse von Topographie, Landschaften und Ober-

flächenformen sowie zur Modellierung von Oberflächenprozessen eingesetzt (Dikau et al. 1995, Giles 1998, Tucker et al. 2001), so z. B. bei der Analyse von Gletschern und glazial geprägten Landschaften (Duncan et al. 1998, Eitzmüller & Sollid 1997, Sidjak & Wheate