

KRIZ, Karel (Wien)***Topographische und Hochgebirgskartographie****Inhaltsverzeichnis***Zusammenfassung**Summary*

1	Einleitung.....	105
2	Definition und Abgrenzung	106
3	Entwicklung und Darstellungsmethoden	106
4	Elemente der kartographischen Geländedarstellung.....	110
5	Grundlagen und Folgeprodukte.....	113
6	Nutzerorientiertes Kartenbeispiel	114
7	Ausblick.....	115
8	Literaturverzeichnis	115
9	Verzeichnis der Abbildungen	116

Zusammenfassung

Das Gelände und insbesondere das Gebirge in Karten und kartographischen Darstellungsformen abzubilden, spielt in der topographischen und Hochgebirgskartographie eine zentrale Rolle. Über Jahrhunderte wird dieses Ziel, die Erdoberfläche mit geeigneten Darstellungsmethoden optimal zu kommunizieren, verfolgt. Die Ergebnisse aus dieser intensiven Beschäftigung umfassen ein breites Spektrum an Produkten, die bis heute die Vielfalt und Schönheit der großmaßstäbigen, topographischen Kartographie des Hochgebirges dokumentieren. In diesem Beitrag wird zuerst auf die Entwicklung und Darstellungsmethoden der Kartographie des Hochgebirges eingegangen. Danach werden die wichtigsten Elemente der kartographischen Geländedarstellung behandelt, um anschließend einige Grundlagen und Folgeprodukte aufzuzeigen. Am Schluss wird ein nutzerorientiertes Kartenbeispiel der Gegenwart erörtert.

Summary

Terrain depiction in mountainous regions has always played an important role in topographic mapping and high mountain cartography. Over centuries cartography has searched for adequate methods to represent the surface of the earth in a desirable way. The result of intensive engagement in this field is displayed in a broad spectrum of cartographic products that document the diversity as well as beauty of large scale topographic mapping in mountainous areas. This contribution deals at first with the development and visualization methods of cartographic products in mountainous regions. Thereafter essential elements of cartographic terrain depiction as well as their fundamentals will be discussed. Finally a current example of a user-centered map design will be presented.

1 Einleitung

Die Erde zu beschreiben und die Ergebnisse in einer verständlichen sowie nützlichen Form kommunizierbar zu machen, hat die Menschheit seit Generationen beschäftigt. Die Vorstellung, in unwegsames Gelände vorzudringen und neue Erkenntnisse zu gewinnen, ohne jemals vor Ort gewesen zu sein, beflügelte in der

Vergangenheit nicht nur Abenteurer, sondern Wissenschaftler und Meinungsbildner gleichermaßen sich mit der Topographie näher auseinander zu setzen. Das Ergebnis war damals wie heute die Nutzbarmachung von kartographischen Methoden und Techniken mit dem Ziel, die Beschreibung der Erde oder Teile davon in Form von Karten und kartenähnlichen Produkten zu vollziehen. Im Zuge dieser Entwicklung wurde

* Ass.-Prof. Mag. Dr. Karel KRIZ, Institut für Geographie und Regionalforschung, Universität Wien, A-1010 Wien, Universitätsstraße 7

sukzessiv die Kartographie – nicht nur aus politisch-militärischer Sicht – zu einer wichtigen Drehscheibe der Kommunikation. Ihre Bedeutung wurde mit analogen sowie heute immer vielfältigeren, digitalen, multimedial-geprägten Produkten untermauert.

Ein besonderes Augenmerk wurde dabei auf das Gelände und ihre vielen Darstellungsfacetten in Karten gelegt. Gerade in Ländern, die auf eine langjährige (karto)graphische Tradition zurückblicken können, entwickelte sich eine hochspezialisierte Auseinandersetzung mit dieser Thematik. Erwähnenswert sind hier vor allem die europäischen Länder, die hervorragende Beispiele aus der Vergangenheit bis hin zur Gegenwart im Rahmen ihrer amtlichen Landesvermessung aufzuweisen haben. Auch alpine Vereine sind zu nennen, die zum Teil aus der Not, mangels an offizieller Verfügbarkeit großmaßstäbiger Grundlagen, für ihre Mitglieder eigene Karten produzierten. Diese Vereine, wie beispielsweise der Österreichische Alpenverein (Gründung 1862) oder der Schweizer Alpenclub (Gründung 1863), um nur zwei Vertreter zu nennen, haben früh die Notwendigkeit und Bedeutung der Hochgebirgskartographie für ein breites Publikum erkannt. Sie haben sich die Pflege der Kartographie sowie die Erstellung von hochqualitativen Orientierungshilfen für ihre Mitglieder zum Ziel gesetzt (vgl. ARNBERGER 1970). Auch die Erprobung spezieller Darstellungsverfahren sowie die eigene geodätische Aufnahme und Vermessung von Berggruppen werden bis in die Gegenwart noch immer betrieben und gleichermaßen von Bergsteigern wie Wissenschaftler geschätzt.

2 Definition und Abgrenzung

Die topographische Kartographie befasst sich im Gegensatz zur thematischen Kartographie primär mit der Bearbeitung und Aufrechterhaltung von großmaßstäbigen Karten, welche maßgeblich die Topographie zum Gegenstand haben und der allgemeinen Orientierung dienen (GEOINFO 2011).

Unter Topographie ist der Überbegriff für alle natürlichen und anthropogenen Objekte auf der Erdoberfläche (Wald, Gewässer, Häuser, Straßen etc.) und deren Relationen zueinander zu verstehen. Die Aufgabe der Topographie ist die Erfassung und Beschreibung der Erdoberfläche und anderer Himmelskörper mit ihren wesentlichen natürlichen und künstlichen Objekten und sonstigen Erscheinungsformen sowie die Präsentation der erfassten Daten in Form von Karten, kartenverwandten Ausdrucksformen und digitalen Modellen (GEOLEX 2011).

Die Hochgebirgskartographie kann als ein spezialisierter Teilbereich der topographischen Kartographie angesehen werden und beschäftigt sich vorrangig mit großmaßstäbigen Abbildungen der (hoch)gebirgigen Landschaft in Form von Karten und kartenverwandten

Ausdrucksformen. Ein maßgeblicher Bestandteil dieser Ergebnisse ist die Darstellung der Lithologie, Morphologie, Hydrologie und Vegetation sowie der anthropogenen Einflüsse des Naturraumes im Gebirge.

Das Gebirge wird als aufragendes Gebiet der Erde bestehend aus Berge, Täler und Hochflächen angesehen und umfasst alle Landschaftsformen, die in ihrer Ausdehnung und Größe eine zusammenhängende Erdoberfläche, die sich von einer ebenen Umgebung abhebt, kennzeichnet. Das Hochgebirge kann in der Regel anhand der Höhe sowie Steilheit und Reliefenergie unterschieden werden. Diese werden in Beziehung zur Gesamtfläche einer Region gesetzt und spiegeln die Bedeutung der Landschaft wieder. Darüber hinaus prägen unterschiedliche regionale, kulturelle wie auch sprachliche Ausprägungen die Grenzziehung. Nicht selten wird dabei auch das Hochgebirge oder Teile davon mit einer spirituellen oder religiösen Bedeutung in Verbindung gebracht, wie beispielsweise in Asien „der heiligste Berg der Welt“, der Kailash, oder in Europa der Olymp, als Sitz der griechischen Götter.

Das Hochgebirge übt seit jeher auf den Menschen eine besondere Anziehungskraft aus, die eine gewisse Sehnsucht, das Gelände zu erfassen, zu verstehen, zu erobern und letztendlich zu kartieren, entstehen ließ. Eine nicht unbedeutende Tatsache, von der die topographische und Hochgebirgskartographie bis heute profitiert.

3 Entwicklung und Darstellungsmethoden

Die Darstellung des Geländes hat sich in Karten und kartenverwandten Ausdrucksformen über Jahrhunderte nachhaltig entwickelt und wurde ständig von der vorherrschenden Technologie der Geodatenerfassung sowie deren Visualisierungsmöglichkeiten stark beeinflusst. Zu Beginn geprägt von den technischen Restriktionen und oft ungeeigneten Trägermedien sowie fehlenden graphischen Prinzipien wurde mit der Zeit die verkleinerte, vereinfachte Abbildung der Realität – die Karte – immer handlicher, portabler und vor allem effizienter. Anfänglich dienten Höhlenwände, Ton- und Holztafeln sowie Metall- und Steinplatten, die allesamt beständig aber etwas schwerfällig waren, als Grundlage für die ersten kartographischen Dokumente. Allmählich wurden diese dann im Rahmen technologischer Neuerungen und rationaler Vervielfältigungstechniken durch mobilere Materialien – wie Tierhäute, Papyrus, Stoffe und schlussendlich Papier – erweitert. Gegenwärtig beeinflusst im digitalen Zeitalter der Computer in allen Variationen maßgeblich die weitere Entwicklung und leitet eine kartographische Revolution ein, die vergleichbar ist mit der Nutzung der Drucktechnologie in der Kartographie vor mehr als 500 Jahren.

Unabhängig von der Technologie wird in allen Epochen intensiv an einer optimierten Wiedergabe des Gebirges (der dritten Dimension) geforscht und experimentiert. Die Vorgabe war und ist immer dieselbe: eine möglichst einprägsame und für die Orientierung praktikable Darstellung des Geländes zu erzielen.

Schon in prähistorischer Zeit wurden Darstellungen der Erdoberfläche zu diesem Zweck angelegt. Die Wandmalerei von Çatal Hüyük in Anatolien (Türkei), die auf ca. 6.200 v. Chr. datiert ist, gilt als einer der ältesten noch erhaltenen kartographischen Zeugnisse. Sie zeigt den Grundriss einer Stadt mit dem im Aufriss dargestellten, unweit entfernten, eruptierenden Vulkan Hasan Dağ (MEECE 2006, MILESTONES 2011).

Vom Geländedarstellungsprinzip ähnlich umgesetzt, jedoch etwas jüngeren Datums, überliefert ein Fund aus Ägypten besondere Einblicke in die damalige Nutzung von Plänen zur Gewinnung von Bodenschätzen. Die sogenannte Nubische Goldminenkarte ist eine ca. 1.300 v. Chr. auf Papyrus datierte kartographische Urkunde, die Berge durch umgeklappte Profile wiedergibt (MUSEOEGIZIO 2011).

Die Tabula Peutingeriana ist eine Straßenkarte aus der zweiten Hälfte des 4. Jhs. n. Chr. und zeigt neben den damals bekannten Straßenverbindungen, die in Form eines Topogramms visualisiert werden, eindrucksvoll wie das Gebirge vereinfacht in einer Kombination aus Bänder-, Wülst- und Ornamentmanier kartographisch dargestellt wurde (TABULA 2011) (vgl. Abb. 1).



Abb. 1: Ausschnitt Indien Section xii der Tabula Peutingeriana (TABULA 2011)

Eine andere ähnliche Form der Aufrissdarstellung des Geländes kann in der Weltkarte der BEATUS-Apokalypsen betrachtet werden. Diese aus dem 11. Jh. stammende Handzeichnung auf Pergament, die das damalige Weltbild zeigt, ist nach Osten gerichtet und visualisiert Gebirgszüge in der sogenannten Sägezahnmanier (BEATUS 2011) (vgl. Abb. 2).

Im Mittelalter bis zu den Anfängen der Neuzeit wurde die Geländedarstellung vorrangig im Aufrissmanier



Abb. 2: Weltkarte der BEATUS-Apokalypsen (BEATUS 2011)

abgebildet. Diese Darstellungsweise, wie beispielsweise die Sägezahn-, Backenzahn-, Maulwürfhügel- (vgl. Abb. 3), Wülst-, Fischschuppen- oder Bergfigurenmanier – um nur einige Arten zu nennen – prägte über Jahrhunderte die kartographische Landschaft. Erst mit der nachhaltigen geodätischen Vermessung der Erde und der Verfeinerung der Geometrie und Perspektive in der Grafik wurde auch die kartographische Darstellung präziser.



Abb. 3: Ausschnitt Tirol – WALDSEEMÜLLER 1513, Tabula moderna Germanie, Maulwurfshügelmanier-Darstellung (TIROL 2011b); © Bayerische Staatsbibliothek München

In sehr beeindruckender Weise zeigt eine Kopie der Weltkarte von Matteo Ricci 1604 (RICCI 2011) wie Globalisierung und politische Zielsetzungen der damaligen Zeit mithilfe der Kartographie kommuniziert wurden. Ricci entwarf basierend auf den Erkenntnissen europäischer Kartographen eine Weltkarte für China mit chinesischer Beschriftung. Um die Akzeptanz im Reich der Mitte zu erhöhen, wurde China ins Zentrum der Karte platziert. In dieser Zeit wurde auch sukzessive mit der Darstellung des Geländes experimentiert, die sich nun von sehr einfachen Aufrissformen langsam hin zu einer komplexeren Bergfigurenmanier entwickelte (vgl. Abb. 4).

Den Wandel von der einfachen Aufrissmanier hin zu einer künstlerischen, perspektivischen Umsetzung des Geländes dokumentiert Warmund YGL 1604 in seiner Regionalkarte von Tirol (BEIMROHR 2008, BRUNNER 2002). Obwohl YGL kein ausgewiesener Kartograph



Abb. 4: Ausschnitt Zentralasien – Kopie der Weltkarte von Matteo Ricci 1604 (Ricci 2011)

war, kommen zur Hervorhebung der dritten Dimension ansatzweise bemerkenswerte, kartographische Elemente der Schraffentechnik im Rahmen der Bergdarstellung sowie der Vergletscherung inklusive Spaltenzone zum Einsatz (vgl. Abb. 5).



Abb. 5: Ausschnitt Ötztaler und Stubai Alpen – Warmund YGL und seine Karte von Tirol (Tirol 2011a); © Tiroler Landesarchiv

In weiterer Folge entwickelte sich mit der immer genauer werdenden Vermessung und das primär militärische Bedürfnis Besitztümer zu erfassen und im Notfall verteidigen zu müssen, eine große Nachfrage für genauere Karten. Obwohl das Prinzip der Höhenliniendarstellung schon im 18. Jh. bekannt war und erste Beispielkarten produziert wurden (BUACHE 1770, CARLA-BONIFACE 1782), dauerte es noch ein halbes Jahrhundert bis sich Isolinien in topographischen Karten richtig etablieren konnten.

3.1 Schraffendarstellung

In der Zwischenzeit wurde eine bedeutende Errungenschaft, die konstruktive Anwendung der Böschungsschraffen, in Karten eingesetzt. Hervorgegangen ist dieses Verfahren aus den Schatten- und Formschräf-

fen der Aufrissdarstellungen. Diese dicht aneinander gescharrten kleinen Stücke von Falllinien ermöglichten erstmalig eine kartometrische Auswertung der Geländeneigung. J.G. LEHMANN hat in seiner Lehre der Situationszeichnung (LEHMANN 1799) das Prinzip der Böschungsschraffen vorgestellt. Vorteile lagen in der mathematisch fundierten Regelung sowie in einer guten Eignung zur Wiedergabe der Böschungswinkel, allen voran von Plateau- und Kuppenlandschaften. Als nachteilig erwies sich jedoch die starke Verdunkelung in den Karten und somit eine schwere Lesbarkeit sowie eine schlechte Eignung für Kammlagen, Gratdarstellungen und Gletscherflächen. Neben dieser Entwicklung wurde zusätzlich auch die Schattenschraffe weiter perfektioniert, die als Vorläufer der Schummerung zu betrachten ist. Durch eine schräge Beleuchtung – meistens aus Nordwest – entstand ein plastischer Reliefeindruck, der eine bessere räumliche Anschaulichkeit vermittelte. Trotzdem waren beide Ansätze durch ihre hohe graphische Dichte ungeeignet, um Höhenunterschiede, Böschungswinkel, Höhen oder morphologische Besonderheiten präzise sowie maßstabsadäquat auszudrücken.

3.2 Österreichische Landesaufnahmen

Am Beispiel der österreichischen Landesaufnahmen ab dem 18. Jh. lässt sich die frühe Entwicklung und der Wandel der Geländewiedergabe in großmaßstäbigen topographischen Karten eindrucksvoll dokumentieren (vgl. KRETSCHMER 2004, DÖRFLINGER 2004).

Zwischen 1764 und 1787 fand die erste landesweite Aufnahme in Österreich, genannt Josephinische Landesaufnahme, statt. Diese von Kaiserin MARIA THERESIA angeordnete und von JOSEPH II abgeschlossene erste einheitliche Aufnahme bestand aus ca. 4.000 handgezeichneten, kolorierten Blättern. Diese Karten wurden ursprünglich für militärische Zwecke geschaffen und unterlagen daher der strengen Geheimhaltung, was sich in der anfänglichen, geringen Auflage – eine Ausgabe für den Kaiser und eine zweite für den obersten Feldherren – niederschlug. Da keine einheitliche Triangulierung bei der Aufnahme vorlag – es wurde zum Teil nach Augenmaß im Feld erhoben – war auch die kartometrische Nutzung, allen voran bei der Entnahme von Höhenangaben und -verhältnissen aus der Karte, sehr gering. Das optische Gesamtbild hingegen war durch die Integration von Farbe, perspektivischer Aufrissbilder und formbildender Schraffen sehr gefällig (vgl. Abb. 6).

Die Zweite, auch Franziszeische Landesaufnahme genannte Vermessung fand zwischen 1806 und 1869 statt. Obwohl eine geodätische Grundlagenmessung mit Messtischaufnahme durchgeführt wurde, blieb diese Aufnahme uneinheitlich und unvollständig. Gegenüber der Ersten Landesaufnahme erhielt die Höhenerfassung eindeutig mehr Aufmerksamkeit, wobei in späteren Jahren sogar die Erstellung von



Abb. 6: Ausschnitt aus der historischen Landkarte BIXa242_sectio 070c Josephinische Landesaufnahme (1. LANDESAUFNAHME 2011)

Höhenlinien, die jedoch nur als Konstruktionshilfe für Schraffen im Einsatz waren, nachgegangen wurde. Das Kartenbild wirkte im Gebirge daher noch sehr schwerfällig und überladen (vgl. Abb. 7).

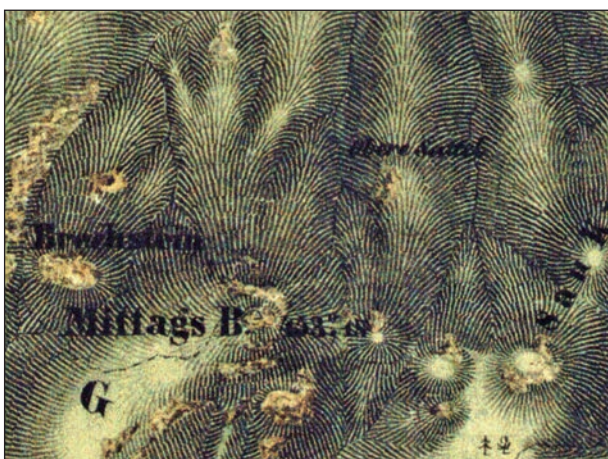


Abb. 7: Ausschnitt aus der II. Militär. Aufnahmen – Böhmen, Landkartenblatt O_2_V (OLDMAPS 2011)

Ein Meilenstein in der topographischen und Hochgebirgskartographie im Hinblick auf eine nachhaltige, nutzbare Geländedarstellung fand im Rahmen der Franzisco-Josephinischen Landesaufnahme statt. Diese sogenannte Dritte Landesaufnahme, die zwischen 1869 und 1887 unternommen wurde, besaß einen Aufnahmemaßstab von 1:25.000, im Raum Wien sogar 1:12.500 und enthielt eine verdichtete Höhenpunktaufnahme, die für die Konstruktion von Höhenlinien und für die Zeichnung von Schraffen herangezogen wurde. Die eigentliche Sensation war jedoch die Tatsache, dass die gesamte Monarchie mit einer Fläche von fast 700.000 km² in einem Zeitraum von nur 18 Jahren aufgenommen wurde. Durch die behutsame graphische Kombination aus Höhenlinien, Schraffen, Namengut sowie Farbkolorierung wirkte die Karte im flachen bis mittelsteilem Gelände sehr ansprechend. In sehr steilem Gelände war diese Darstellungsform jedoch noch immer unzufriedenstellend (vgl. Abb. 8).



Abb. 8: Ausschnitt aus der Karte Aufnahmeblatt 4856-1b Weißenbach an der Triesting, Neuhaus (3. LANDESAUFNAHME 2011)

Die Vierte Landesaufnahme, die auch als Präzisionsaufnahme bezeichnet wird, wurde mit einigen Unterbrechungen in drei Phasen von 1896 bis 1989 durchgeführt. Unter der Ausnützung der damaligen, modernen Technologien, wie beispielsweise der terrestrischen Photogrammetrie und später der Luftbildmessung, wurde in dieser Periode auch die vorwiegende Bearbeitung von Hochgebirgsblättern angestrebt. Dabei hat sich die Geländedarstellung sukzessive von Schraffen im großen Stil verabschiedet und hin zu einer zeitgemäßen Visualisierung mit Höhenlinien, Schummerung, Fels- und Kleinformendarstellung sowie moderner Farbgebung und angepasstem Zeichenschlüssel entwickelt. In dieser Zeit wurde nach Auflösung des Militärgeographischen Institutes (MGI) das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) 1923 in Wien gegründet, welches bis heute die amtliche Kartographie in Österreich verfolgt. Ab 1994 ist mit dem Aufbau des Digitalen Landschaftsmodells (DLM) begonnen worden. Ab diesem Zeitpunkt spricht man quasi von der Fünften Landesaufnahme.

3.3 Alpenvereinskartographie

Parallel zur Entwicklung der amtlichen Kartographie entfaltet sich im Alpenraum ab Ende des 19. Jh. die Alpenvereinskartographie. Besondere Aufgaben und Ziele waren unter anderem leicht lesbare Orientierungshilfen für Bergsteiger zur Verfügung zu stellen sowie ergänzende geodätische Aufnahmen von Berggruppen und die Erprobung spezieller Darstellungsverfahren voranzutreiben. ARNBERGER unterscheidet 1970 hierbei neben der Frühphase der Böschungsschraffenmethode vier weitere Entwicklungsphasen der Geländedarstellung, die gegenwärtig zum Teil noch immer in diversen Kartenausgaben ihren Niederschlag finden.

Die Reliefkartenperiode, die bis Ende des 19. Jh. andauert, setzt das Gelände in Kombination mit einer Schummerung nach Schweizer Vorbild um. Die

Schönheit und Anschaulichkeit solcher Reliefkarten, wie ARNBERGER 1970 schrieb, überzeugte nicht nur den Alpenverein, sondern allen voran den Kartenleser, dem nur noch ein sehr geringes Maß an Abstraktion zugemutet werden muss, um sich im Gelände zu orientieren.

Die Periode der klassischen Alpenvereinskartographie kann als Epoche der genetischen Felszeichnung betrachtet werden. In dieser Zeit, Anfang des 20. Jh., wurde der Geometrie in Felsgebieten wenig Priorität beigemessen. Die Diskussion über die stärkere Verankerung der Geometrie in Form von Höhenlinien in Karten stand erst am Beginn. Als Vertreter dieser Periode sind Leo AEGERTER und Hans ROHN zu nennen. Obwohl innerhalb der Darstellungsmethoden Unterschiede ersichtlich sind, zeichnen sich die Karten generell durch große Anschaulichkeit, jedoch phasenweise auch durch mangelhafte Geometrie aus (vgl. GARTNER 1998).

Die sogenannte EBSTER-Methode, die ab der ersten Hälfte des 20. Jh. betrieben wurde, ist durch eine Schummerungsdarstellung sowie Höhenlinien im Fels mit stark zurücktretender Haarstrich-Felszeichnung gekennzeichnet. Die klassische BRANDSTÄTTER-Methode hingegen versucht gänzlich ohne Schummerung in Karten auszukommen. Die visuelle Erfassung aus der Karte ergibt sich durch die Scharungsplastik der Höhenlinien und den Einsatz des Scharungersatzes, der Kantenzzeichnung und der Gefügezeichnung. Das Ergebnis ist eine sehr anspruchsvolle Gesamtkomposition, die jedoch oft ungeübten Kartenlesern Probleme bereiten kann (ARNBERGER 1970).

4 Elemente der kartographischen Geländedarstellung

Betrachtet man gegenwärtig jene Komponenten einer großmaßstäbigen kartographischen Geländedarstellung, die für eine gelungene Gesamtkomposition einer Hochgebirgskarte verantwortlich sind, dann treten vorrangig die folgenden formgebenden Elemente in Erscheinung: Höhenlinie, Gerippelinie, Höhenpunkt, Schummerung, Fels sowie Kleinformdarstellung (vgl. IMHOF 1965, BRANDSTÄTTER 1983).

4.1 Höhenlinie

Die Höhenlinie, die unter anderem auch als Isolinie, Isohypse, Höhenlinie, Höhenkurve oder Höhenschichtlinie bezeichnet wird, ist eine gedachte Schnittlinie der Erdoberfläche, die Punkte gleicher Höhe miteinander verbindet, respektive eine Fläche mit konstanter Höhe bildet. Sie ist das wichtigste Element der kartographischen Geländedarstellung und beschreibt die geometrische Gestalt des Geländes. Darüber hinaus können absolute und relative Höhen, Höhenunterschiede, Böschungswinkel und Streichrichtungen des Geländes

aus ihr abgeleitet werden. Für die Hochgebirgskartographie ist weiters die Äquidistanz, der konstante Vertikalabstand zwei benachbarter Höhenlinien, von großer Bedeutung. BRANDSTÄTTER beschreibt in seinem Scharungsdiagramm die Abhängigkeit der Scharungsplastik von Maßstab, Äquidistanz und Strichstärke der Höhenlinie. Ihr Zusammenwirken bestimmt den maximal erträglichen Linienstau an der Steilgrenze, jener Bereich, wo sich die Höhenlinien gerade nicht berühren. Unter der Annahme einer normalen, druckbaren und halbwegs gut lesbaren Höhenlinienstrichstärke liegt daher eine günstige Äquidistanz für den Maßstab 1:50.000 zwischen 25 und 30 m, für 1:25.000 bei ca. 15 m (100 ft), was im Gegensatz zum angelsächsischen Imperial-System im metrischen System etwas unpraktisch ist, daher werden 20 m verwendet.

4.2 Gerippelinie

Die Gerippelinie kann als ergänzendes Element der Geländedarstellung betrachtet werden und hat eine wichtige Funktion als Gliederungslinie in Karten für markante, linienhafte Geländeformen. BRANDSTÄTTER bezeichnet diese als Schlüsselbegriff für die Vervollkommnung der Höhenlinienkarte vor allem in korrelativer Verbindung mit der Scharung. IMHOF hingegen setzt diese Darstellungsform primär in Form von Bach- und Flusslinien in seinen Karten ein. Diese negativen Gerippelinien, die als vertiefte Geländeteile, Erosionsrinnen und Gewässerlinien auftreten, stehen den positiven Gerippelinien, den hervortretenden Geländeteilen, Kämmen und Wasserscheiden gegenüber. Darüber hinaus kommen Gerippelinien auch als Konstruktionshilfe für die Erstellung von Höhenlinien, Schraffen, Schummerungen sowie Digitalen Höhenmodellen als Strukturlinien und Bruchkanten zum Einsatz. Sie können auch eigenständig in stark vereinfachter Form, ohne nennenswerter Geländedarstellung als Kammverlaufsskizzen und Kartenskizzen in Erscheinung treten.

4.3 Höhenpunkte und Höhenkoten

Höhenpunkte und Höhenkoten sind ein essenzieller Bestandteil großmaßstäbiger topographischer Darstellungsformen und haben den Zweck, die möglichst rasche, leichte und genaue Extraktion von Höhen aus Karten zu ermöglichen. Der Höhenpunkt, der Bezugspunkt in der Karte, steht in direkter Beziehung zur Höhenkote, die Zahl bezogen auf den Höhenpunkt. Kotierte Punkte sind daher geometrische Stützen jeder Geländedarstellung. Sie sind abhängig vom Maßstab, Gelände sowie Vorhandensein eindeutiger Lagepunkte und variieren in der Dichte – Anzahl der Höhenkoten pro Kartenfläche – in Bezug zur Reliefenergie. Grundsätzlich werden im Flachland weniger Höhenpunkte als im Gebirge in Karten verwendet. Die Setzung unterliegt dem Prinzip; minimale Anzahl steht

einem maximalen Nutzungseffekt gegenüber. Koten werden in der Regel an Bergspitzen, Kuppen, Übergängen, wichtige Orientierungsmerkmalen (Hütten, Kirchen, Aufstiegshilfen, etc.) sowie Flussgabelungen und markanten morphologischen Erscheinungsformen gesetzt.

4.4 Schummerung

Die Schummerung ist ein bedeutendes Darstellungselement in topographischen Karten, um eine kontinuierliche, unebene Geländeoberfläche mittels der Geländeplastik, meistens in einer monochromen, hell-dunkel Flächentönung, zu repräsentieren. Obwohl sie keine geometrisch exakte und kartometrisch messbare Aussagekraft besitzt, ermöglicht sie eine effiziente Wahrnehmung der dritten Dimension – des Reliefs – im zweidimensionalen (Karten)Raum. BRANDSTÄTTER lehnt jedoch die Schummerung in dieser Form generell ab und behauptet, dass die Schummerung dem Kartennutzer von den wesentlichen Merkmalen einer Karte ablenkt sowie ihm ein verfälschtes Bild der Realität vermittelt. Lediglich die Hilfsschummerung wird in seinen Karten eingesetzt. IMHOF betrachtet dagegen die Schummerung als integrativen Bestandteil jeder großmaßstäbigen Karte, die dem Kartennutzer eine wertvolle Unterstützung bei der Interpretation des Geländes bieten kann. Gemeinsam mit den anderen Elementen der kartographischen Geländedarstellung bildet die Schummerung die Grundlage der Schweizer Schule, die sich besonders die anschauliche Art der Reliefdarstellung zum Ziel gesetzt hat.

Die Schummerung, die manchmal auch als Geländeschattierung bezeichnet wird, kann in vier Kategorien unterteilt werden: Böschungsschummerung, Schräglightschummerung, kombinierte Schummerung und Hilfsschummerung. Die Böschungsschummerung verwendet eine Tonabstufung nach dem Prinzip „je steiler desto dunkler“, wobei die Tonänderung dem Schatteneffekt, wie es bei senkrecht einfallendem Licht auf die Geländeoberfläche entsteht, entspricht. Waagrechte Geländeflächen erhalten keinen, sanfte Böschungen einen leichten und steile Flächen einen kräftigen Schummerton. Die Schräglightschummerung entspricht hingegen dem Schattenspiel einer Tonänderung mit schräg einfallendem Licht, wobei generell, nicht nur in stark gegliedertem Gelände, die Schlagschatten weggelassen werden. In der Ebene entsteht dabei ein leichter Schattenton. Das Ergebnis dieser Methode ist die plastische, dreidimensionale Wiedergabe des Reliefs ohne visuelle Nebeneffekte. Die Beleuchtungsrichtung wird in der Regel von links oben (Nordwest) angenommen. Beleuchtungsversuche aus südlichen Himmelsrichtungen sind aufgrund der auftretenden Reliefumkehr problematisch. Zur Hervorhebung besonderer Geländeformen, die möglicherweise ungünstig zur Beleuchtungsquelle liegen, können auch lokale Anpassungen an der Lichtrichtung von bis zu maximal 30° von der Hauptlichtrichtung

vorgenommen werden. Weiters können Effekte, wie eine luftperspektivische Abstufung nach dem Prinzip einer Trübung der Atmosphäre oder ein selektiver Einsatz eines Sonnentons, um besondere Geländeteile zu akzentuieren, zusätzlich zur Anwendung kommen.

Die kombinierte Schummerung folgt den Gestaltungsregeln der Schräglightschummerung und verbindet Vorzüge der Schräglightschummerung mit der Böschungsschummerung. Die Lichthänge erhalten einen leichten Ton, damit sie sich von den nicht getönten ebenen Flächen abheben. Die Hilfsschummerung ist ein spezieller Fall, der vor allem in großmaßstäbigen Karten zur Anwendung kommt. Nach BRANDSTÄTTER ist diese Darstellungsart primär für das Modellieren von örtlichen Formen gedacht. Es wird keine bestimmte Beleuchtungsrichtung angenommen, wobei an Abflachungsrändern die Böschungsplastik und an Rücken die Schattenplastik vorzugsweise zum Tragen kommt.

4.5 Felsdarstellung

Die Felsdarstellung ist eine Formzeichnung, die nicht alleine auf einer geometrischen Konstruktion beruht und ihren Ausgang Mitte des 19. Jhs. in der Schweiz und Österreich genommen hat. Sie setzt sich aus einer freien Strichzeichnung zusammen und soll die individuelle Eigenheit des Felskörpers wiedergeben. Die Veranschaulichung der Verknitterung des Felsgeländes und besonders hervortretende Formeigenheiten des Felskörpers sind Fokus einer sehr spezialisierten, oftmals subjektiven Konstruktion. Das klassische Darstellungselement ist dabei die Felsschraffe, die in diversen Varianten in Erscheinung treten kann. ARNBERGER (1970) unterscheidet mehrere Felsdarstellungsmethoden, die bis heute weltweit im Rahmen der großmaßstäbigen amtlichen Kartographie sowie der Alpenvereinskartographie zur Anwendung kommen.

Die freie oder auch genetische Felszeichnung erfasst durch Überzeichnung die großen orographischen Formen und verkörpert eine dichte, plastische und vor allem künstlerische Darstellung. Dabei treten keine Höhenlinien im Fels auf. Als klassischer Vertreter dieser Art ist die Alpenvereinskarte Nr. 51, Brentagruppe – Gruppo di Brenta im Maßstab 1:25.000 aus dem Jahr 1906 von Leo AEGERTER zu nennen (vgl. Abb. 9).

Die geometrisch gebundene Felszeichnung nutzt den Aufbau von Felsschraffen aus exakten geometrischen Grundlagen, die aus Höhenlinien und Abgrenzungen von Felsregionen stammen. Unterschiedliche Methoden können bei der Konstruktion zur Anwendung kommen, die in der Kombination von Höhenlinien mit anderen graphischen Elementen als Felsdarstellungsmittel eingesetzt werden. Eine Möglichkeit die Höhenlinien mit anderen graphischen Elementen als gleichwertiges Felsdarstellungsmittel einzusetzen, wird von EBSTER im Rahmen der Alpenvereinskartographie verfolgt. Ein anderer Ansatz, der beim BEV für

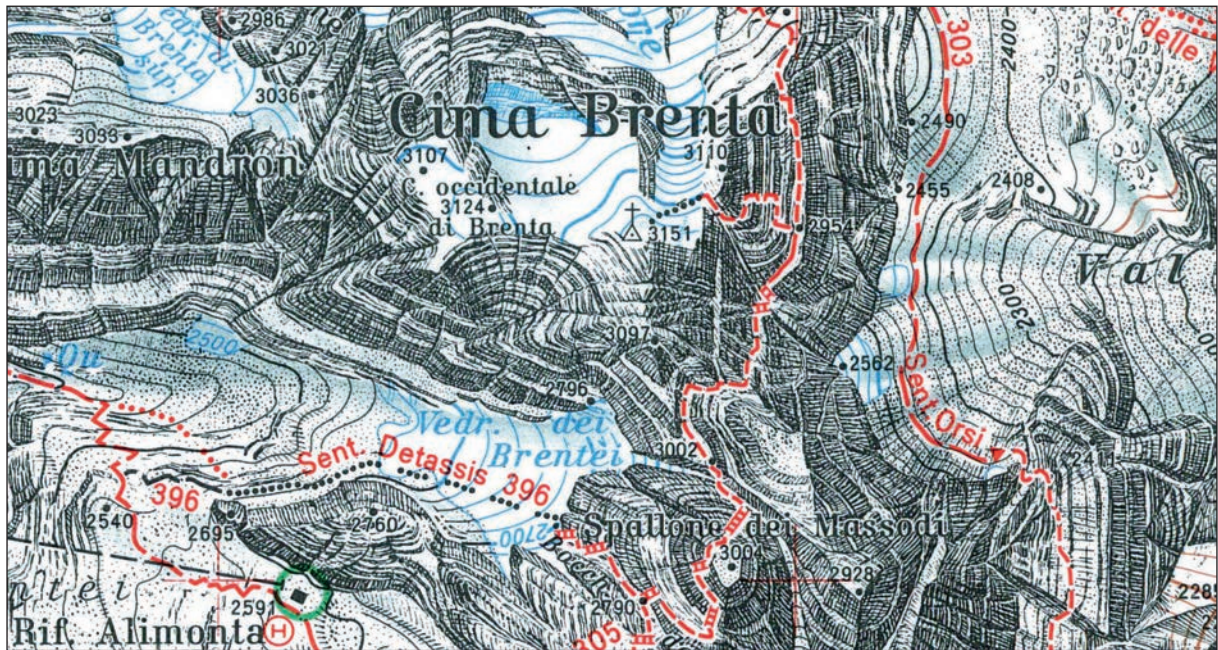


Abb. 9: Ausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr. 51, Brentagruppe (Ausgabe 1998) – genetische Felszeichnung (nicht maßstabsgetreu)

die amtliche österreichische topographische Karte 1:50.000 (ÖK50) nachgegangen wird, ist die Darstellung aller Höhenlinien im Fels, wobei die Felskörperdarstellung nachrangig in einer schematischen Form umgesetzt wird. Im Hochgebirge stößt jedoch diese Methode, durch die graphische Verdichtung in steileren Passagen, oft an ihre Grenzen. Die Schweizer Schule löst dieses Problem durch eine selektive Trennung der Höhenlinien, die innerhalb und außerhalb von Felspassagen liegen, wobei in den Felsgebieten nur die Zähllinien ansonsten alle Höhenlinien dargestellt werden. Zusätzlich unterliegen Höhenlinien und Felszeichnung einer Schräglightschattierung, Kantenlinien werden zum Teil als fiktive Linie integriert. Die Darstellung von Gerippelinien wird vorwiegend durch eine schattenplastische Modellierung hervorgehoben.



Abb. 10: Ausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr. 15/3 Totes Gebirge, Mitte (Ausgabe 1994) – EBSTER-Periode (nicht maßstabsgetreu)

Die geometrisch integrierte Felsdarstellung, als Hauptvertreter sind Walter BLUMER und Leonhard BRANDSTÄTTER zu nennen, versucht die widerspruchsfreie Verschmelzung mit den Höhenlinien umzusetzen. Die Grundlage dafür ist die Höhenermittlung für Punkte im Fels durch hohe photogrammetrische Genauigkeit. Das Prinzip der Geländedarstellungsmethode nach BRANDSTÄTTER liegt in einer geschickten Umsetzung von Kantenzeichnung, Scharungsersatz und Scharungsplastik, hilfssplatischer Schummerung, Gefügezeichnung sowie einer modulierten Bodenbedeckungsdarstellung. Probleme können jedoch in der Lesbarkeit in Steilwänden durch Verschmelzung der Höhenlinien auftreten, die durch eine Scharungslücke vor allem für Bereiche ab 70–75° gelöst werden. Bei schwierig darzustellenden, flachen Felsbereichen – beispielsweise in einer Karstlandschaft – kann hingegen die Gefügezeichnung verwendet werden (vgl. Abb. 11).

4.6 Kleinformen

Kleinformen sind typische, für die Orientierung bedeutsame, Gebilde der Erdoberfläche, die durch Höhenlinien nicht ausreichend erfasst werden. Beispiele hierfür sind Geröll- und Schutthalden, Karstformen, Gletscheroberflächen, Moränenwälle, Felsstürze, Abrisse, Steinbrüche u.a.m. Diese Gebilde werden meistens im Grundriss als sprechende punkt- oder linienhafte Signatur dargestellt, wobei Schraffen, Linien, Punktanhäufungen und Hilfsschummerung als graphische Elemente zum Einsatz kommen. Darüber hinaus werden auch Keilschraffen, Falllinien, Schraffuren sowie schattenplastische Verfahren eingesetzt. Dabei ist die Kombination der Einzelelemente besonders wichtig, um ein harmonisches Zusammenspiel der Grafik zu gewährleisten.

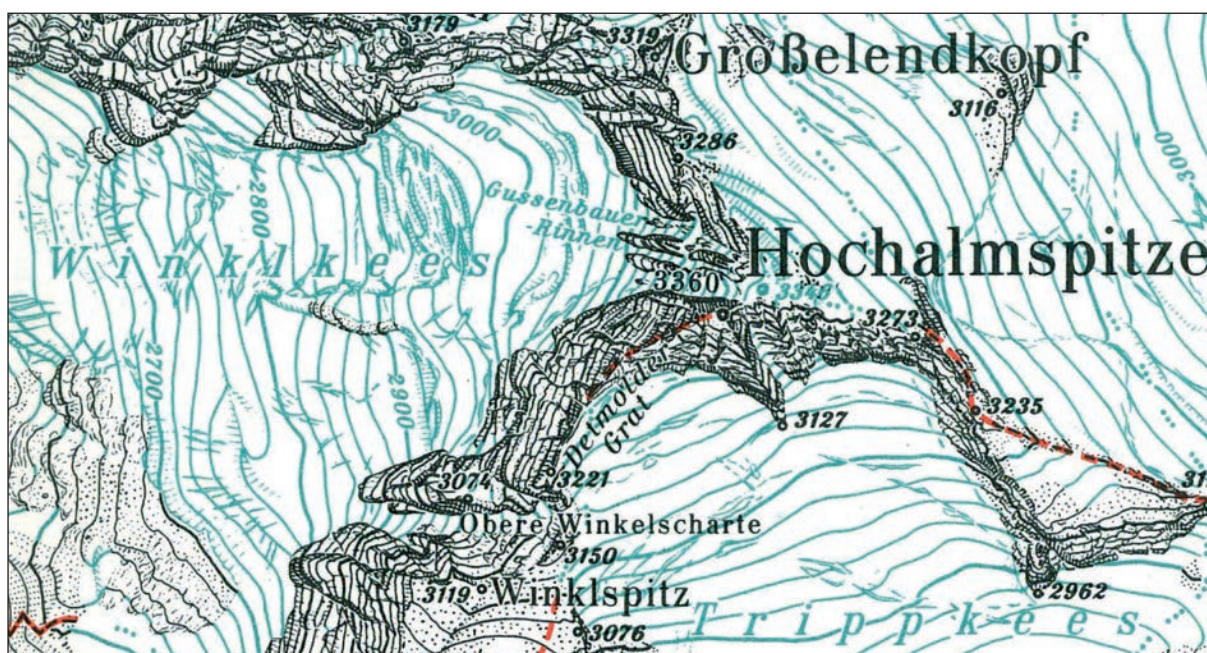


Abb. 11: Ausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr. 44 Hochalmspitze – Ankogel (Ausgabe 1979) – BRANDSTÄTTER-Periode (nicht maßstabsgetreu)

5 Grundlagen und Folgeprodukte

Als einer der wichtigsten Grundlagen für die Erstellung von topographischen Karten dienen heute wie auch schon in der Vergangenheit dreidimensionale, thematische Beschreibungen der Erdoberfläche. Diese heutzutage vorwiegend Digitalen Geländemodelle (DGM) besitzen in der Regel neben genauen Höhenangaben, thematischen Oberflächenbeschreibungen und weitere geländespezifische, topographische Informationen, wie beispielsweise Strukturlinien, Höhenpunkte, positive und negative Gerippelinien. Solche Modelle werden vorrangig durch eine Primärdatenerfassung, in Ausnahmefällen auch aus Sekundärquellen, wie beispielsweise aus Höhenlinien, gewonnen und bilden das Fundament der modernen, großmaßstäbigen topographischen Kartenerstellung. Waren es früher die Topographen, die aktiv mit Messtisch und Messlatte im Gelände unterwegs waren, um ein maßstäblich verkleinertes Modell der Erdoberfläche zu bekommen, prägen gegenwärtig satellitengestützte Verfahren und Lasertechnologien die Arbeitsweise der Geodatenerfassung. Das oberste Ziel war und ist eine hoch präzise Erfassung des Geländes mit all seinen geomorphologischen Besonderheiten. Durch die digitale Technologie ist es nun möglich, effizient und zeitsparend Folgeprodukte für die Nutzung in der topographischen und Hochgebirgskartographie zu gewinnen.

Ein wichtiger Bestandteil jedes DGM ist ein Digitales Höhenmodell (DHM), aus dem eine Vielzahl an weiteren, für die topographische und Hochgebirgskartographie bedeutsame Grundlagen ableitbar sind. Als Digitales Höhenmodell bezeichnet man die Summe der gespeicherten Höheninformationen von regelmäßig oder unregelmäßig verteilten Geländepunkten,

welche die tatsächliche, gewachsene Erdoberfläche umfassen. Im Gegensatz dazu beschreibt das Digitale Oberflächenmodell (DOM) die Höhe der Oberfläche, der auf der Erde befindlichen natürlichen und anthropogen beeinflussten, künstlichen Objekte. Diese Beschreibung entspricht der äußeren Hülle der Vegetations- und Bebauungsoberfläche. Beide Modelle sind integrativer Bestandteil jedes DGM und werden in vielfältiger Weise in der Kartographie genutzt.

Folgeprodukte, die derzeit für die topographische Kartographie von Bedeutung sind, umfassen die Ableitung von Gerippe- und Strukturlinien sowie die Erstellung von Höhenlinien und Schummerungen. Darüber hinaus können weitere wichtige geländebezogene Erkenntnisse, wie beispielsweise Hangneigung, Exposition, Einzugsgebiet, Streichrichtung und Sichtbarkeit problemlos erstellt werden.

Gerippe- und Strukturlinien sind wichtige Elemente, die für die Erstellung eines DHM herangezogen werden sowie als Konstruktionsgrundlage für Felszeichnung und Schummerung dienen können. Sie geben dem Höhenmodell die nötige Struktur sowie Qualität und unterstützen den analogen sowie digitalen Erstellungsprozess der Folgeprodukte. Die Ableitung von Höhenlinien ist primär von der Güte und Auflösung des Modells abhängig. Obwohl rein rechnerisch jeder beliebige Maßstab erstellbar ist, muss die reelle Auflösung des Modells immer berücksichtigt werden.

Der Herstellungsablauf von schattenplastischen Geländedarstellungen ist bis heute von der künstlerischen, nicht immer streng konstruktiv nachvollziehbaren graphischen Gestaltung geprägt (vgl. JENNY & RÄBER 2011). Obwohl mittlerweile in vielen Fällen ein DHM dem Erstellungsprozess zugrunde liegt, wird bei

qualitativen Umsetzungen vorrangig auf die individuellen Aspekte sowie Erfahrungswerte des Erstellers geachtet. Digitale Verfahren verdrängen dabei immer mehr aus ökonomischen Gründen die manuelle Umsetzung, obwohl in diesem Bereich noch immer hervorragende Ergebnisse vorliegen. Ähnlich verhält sich die Situation bei der Erstellung der Fels- und Gerölldarstellung für topographische Karten. Diese sehr aufwendige Aufarbeitung der Formzeichnung wird noch immer primär manuell mit semi-automatisierten, digitalen Abläufen betrieben (GILGEN 1998). Trotz intensiver und richtungsweisender Forschung nach einer Formalisierung und Automatisierung (DAHIDEN 2008) wurde derzeit für die automatische Felsdarstellung noch keine perfekte, adäquate sowie ästhetisch ansprechende Lösung gefunden. Hingegen bei der automatischen Gerölldarstellung für topographische Karten sind erste erfolgsversprechende Ergebnisse Realität (JENNY et al. 2010).

6 Nutzerorientiertes Kartenbeispiel

Die Zusammenführung kartographischer Darstellungsformen in der Publikation „Skitourenführer Wiener Hausberge“ (BERGUNDKARTE 2011) ist ein Beispiel für eine nutzerorientierte Anwendung, wo großmaßstäbige Kartengrundlagen im Mittelpunkt stehen, die in einer neuartigen Form im Rahmen eines Führerwerks integriert wurden. Das Ziel dieses Produktes ist es, die vielfältigen Erfordernisse des Skitourengeher im Gebirge optimal im Rahmen der Planung sowie des Geländeeinsatzes zu erfassen und mithilfe von Karten und kartenverwandten Darstellungsformen den Entscheidungsprozess zu unterstützen.

Die Umsetzung vereint klassische Inhalte eines Führerwerkes als Buch mit den modernen Mitteln eines Internet-Portals. Dem Nutzer wird ein breites Spektrum an unterschiedlichsten Kartenansichten und Perspektiven angeboten, um die Entscheidungsfindung im Rahmen einer verantwortungsvollen Tourenplanung sowie -umsetzung zu unterstützen. Als Grundlage dienen Unterlagen der amtlichen topographischen Grundkarte von Österreich im Maßstab 1:50.000. Diese wurden aus dem Kartographischen Model (KM50) extrahiert und entsprechend angepasst. Dabei wurde vor allem auf die kartographische Zielsetzung, eine Skitourenkarte unter besonderer Berücksichtigung der Hangneigungsverhältnisse zu produzieren, Wert gelegt. Diese Umsetzung hebt potenzielle Gefährdungsbereiche im Gelände leichter hervor und fördert so den zielgerichteten Entscheidungsprozess im Umgang mit Karten im Gelände.

Entscheidend für das Arbeiten im Gelände sind demnach primär die generalisierten, möglichst lagerichtigen, kartographischen Grundelemente sowie die Fähigkeit des Benutzers, diese in der Karte richtig zu lesen, respektive zu interpretieren. Die Kartometrie – das

Messen in der Karte – und die gesicherte Informationsgewinnung aus Karten spielt dabei eine wichtige Rolle.

Um die Lesbarkeit zu erhöhen, wurden bestimmte Elemente aus der Originaldarstellung des KM50 angepasst. Beispielsweise wurde der Wald in einem blauen Ton eingefärbt, um einen winterlichen Eindruck zu erzeugen. Wegmarkierungen und administrative Grenzen, die häufig mit Wegen verwechselt werden, sind eliminiert worden. Die Gerölldarstellung wurde ebenfalls entfernt, da sie im Winter ohnehin meistens unter der Schneedecke liegt.

Die Hangneigungsdarstellungen basieren auf generalisierten Daten des Digitalen Höhenmodells (DHM) vom BEV mit einer Bodenauflösung von 25 m. Dieses Modell stellt, im Gegensatz zu anderen im Internet verfügbaren Grundlagen, gegenwärtig flächendeckend für ganz Österreich den qualitativsten Datensatz in diesem Maßstab dar. Die Erfassung der Modelldaten erfolgte durch eine photogrammetrische Auswertung mit einer Verdichtung durch markante Geländestrukturen. Die Höhengenaugigkeit richtet sich stark nach der Geländeform, der Bodenbedeckung und der Erfassungsmethode. Für unterschiedliche Geländeformen kann daher der mittlere Fehler der Datenerfassung bis zu +/- 20 m betragen.

Führende Lawinenexperten sind sich einig, dass die Topographie und hier insbesondere die Hangneigung für die Entstehung von Lawinen eine zentrale Rolle spielt. Dabei ist immer wieder von der kritischen Marke 30° zu hören, jene Hangneigung, ab der die Auslösung von Lawinen signifikant ansteigt. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen und wissend um die Genauigkeiten der kartographischen Grundlagen, wurden im Rahmen dieser Publikation bewusst nur zwei Klassen zur Unterscheidung von steilem und sehr steilem Gelände verwendet. Die Klasse „steiles Gelände > 25°“ umfasst jene Flächen, die um 30° liegen mit der Bandbreite von +/- 5°. Die zweite Klasse „sehr steiles Gelände > 35°“ beschreibt all jene über 35°. Durch diese Zusammenlegung sowie der kontrastierenden, violetten Einfärbung in der Karte ist die visuelle Auffassbarkeit sehr hoch und der Betrachter erkennt auf einem Blick, wo ausgewiesene Gebiete liegen.

Durch die Integration und Klassifizierung der Hangneigung wurde eine graphische und vor allem zusammenhängende Betrachtung der Neigungsverhältnisse des Geländes verwirklicht. Diese Darstellungsform ermöglicht eine präzisere Planung im Vorfeld der Tour sowie eine bessere und zuverlässigere Abschätzung der Situation im Gelände. Darüber hinaus helfen karten- und fotoperspektivische Ansichten, die Vielfältigkeit des Geländes besser zu zeigen. Gerade mithilfe der perspektivischen Darstellungen, die zusätzlich mit einer Anbindung an Google Earth™ realisiert wurden, bekommt der Nutzer einen gesamtheitlichen, interaktiven Eindruck der Touren und kann dadurch die Situation besser abschätzen.

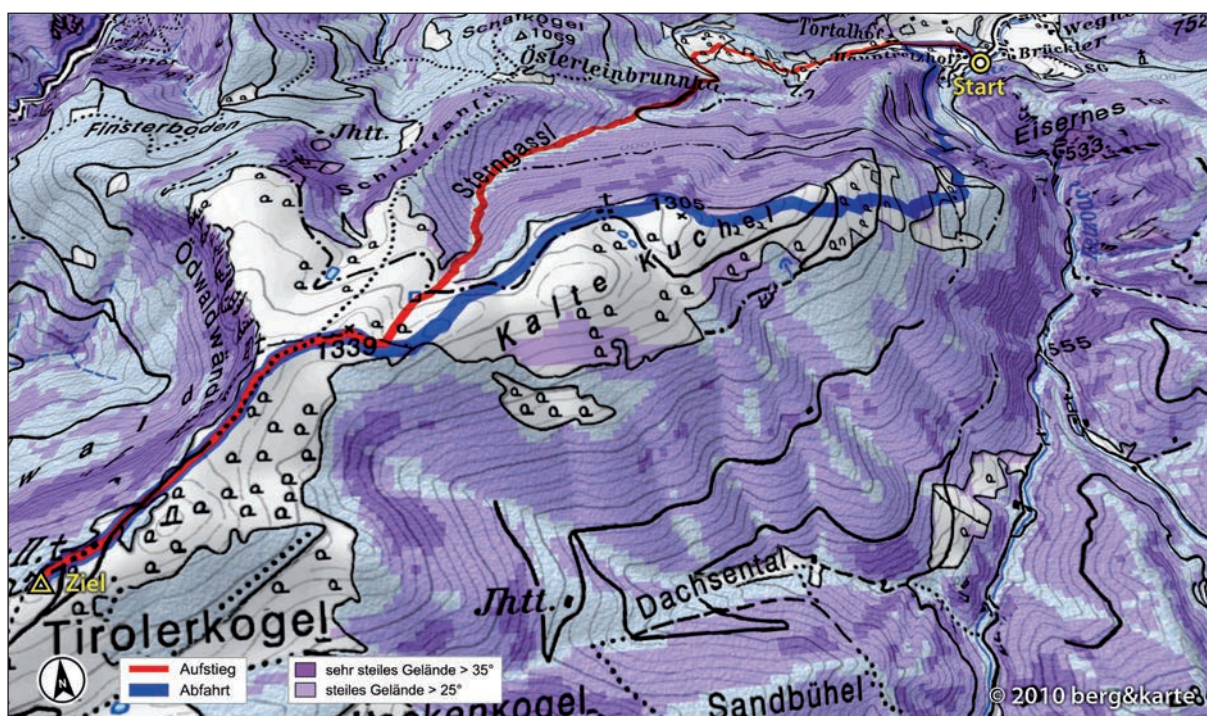


Abb. 12: Ausschnitt aus der Hangneigungs-Perspektiv-Karte (BERGUNDKARTE 2011)

Mithilfe derartiger Karten (vgl. Abb. 12) ist es nun möglich, einen erweiterten Eindruck des Geländes zu gewinnen. Wie bei allen qualitativen, topographischen Karten wird auch bei den in dieser Publikation verwendeten Karten das Gelände generalisiert dargestellt. Es gilt daher, die Karte richtig zu interpretieren und sie für die Beurteilung der potenziellen Lawinengefahr als weitere Grundlage zu nutzen.

7 Ausblick

Die topographische und Hochgebirgskartographie blickt nicht nur auf eine lange und erfolgreiche Vergangenheit zurück, sondern steuert mithilfe der neuen Technologie in eine spannende und interessante Zukunft. Stand früher primär die politisch-territoriale Ausrichtung im Mittelpunkt, so wird gegenwärtig der individualisierte Zugang zu Geodaten sowie die rasche zielgerichtete Kommunikation raumbezogener Ergebnisse immer wichtiger. Darüber hinaus hat auch in den vergangenen Jahren die soziale und ökonomische Stellung von Gebirgsregionen weltweit an Bedeutung gewonnen. Dabei spielt der Mensch sowohl in der Nutzung als auch in der Protektion dieser Gebiete eine zentrale Rolle. Naturschutz, Massentourismus, Erholungsraum, Verkehr, Naturgefahren, Landwirtschaft, Regionalentwicklung und Raumplanung sind nur einige Themen, die im internationalen Umfeld, wie beispielsweise bei CIPRA (Commission Internationale pour la Protection des Alpes), auf der Tagesordnung stehen. Immer vehementer wird der Bedarf nach maßgeschneiderten kartographischen Informationen gemeldet. Gerade solche Entwicklungen prägen die zukünftige Ausrichtung der topographischen und

Hochgebirgskartographie, die auf die Erfahrungen und gestalterischen Konzepte der Vergangenheit sowie auf den innovativen, technologischen Zugang der Gegenwart basieren wird.

8 Literaturverzeichnis

- ARNBERGER E. (1970), Die Kartographie im Alpenverein (= Wiss. Alpenvereinshefte, 22). DAV u. ÖAV, München – Innsbruck.
- BOLLMANN J., KOCH W. (2002), Lexikon der Kartographie und Geomatik, Bd. 1 u. 2. Spektrum, Heidelberg – Berlin.
- BRANDSTÄTTER L. (1983), Gebirgskartographie – der topographisch-kartographische Weg zur geometrisch integrierten Gebirgsformendarstellung, erläutert an alpinen Beispielen. In: ARNBERGER E. (Red.), Die Kartographie und ihre Randgebiete (= Die Enzyklopädie d. Kartogr., Bd. II). Deuticke Verlag, Wien.
- BRUNNER K. (2002), Regionalkarten von Tirol des Matthias BURGKLECHNER und ihre Vorläufer. In: Mitt. d. Österr. Geogr. Ges., 144, S. 237–254.
- BRUNNER K. (1998), Kartographische Felsdarstellung unter besonderer Berücksichtigung der Alpenvereinskartographie. In: KRIZ K. (Hrsg.) (1998), Hochgebirgskartographie. Silvretta '98 (= Wiener Schriften z. Geogr. u. Kartogr., 11), S. 207–217.
- BUACHE P. (1770), Carte physique ou Geographie naturelle de la France.
- CARLA-BONIFACE M. (1782), Expression des nivellements; ou, Méthode nouvelle pour marquer sur les cartes terrestres et marines les hauteurs et les configurations du terrain. In: DAINVILLE F. de, „From the Depths to the Heights“, übersetzt bei Arthur H. ROBINSON, In: Surveying and Mapping, 1970, 30, S. 389–403.
- DAHIDEN T. (2008), Methoden und Beurteilungskriterien für die Analytische Felsdarstellung in Topografischen Karten. Diss., ETH-Zürich Nr. 17674.

- DÖRFLINGER J. (2004), Vom Aufstieg der Militärkartographie bis zum Wiener Kongress (1684 bis 1815). In: KRETSCHMER I., DÖRFLINGER J., WAWRIK F., Österreichische Kartographie. Von den Anfängen im 15. Jahrhundert bis zum 21. Jahrhundert (= Wiener Schriften z. Geogr. u. Kartogr., 15). S. 78–79.
- GARTNER G. (1998), Die Alpenvereinskartographie – oder Gedanken über den Begriff „Qualität“ in der Kartographie. In: KRIZ K. (Hrsg.) (1998), Hochgebirgskartographie. Silvretta '98 (= Wiener Schriften z. Geogr. u. Kartogr., 11), S. 163–168.
- GILGEN J. (1998), Felsdarstellung in den Landeskarten der Schweiz. In: KRIZ K. (Hrsg.) (1998), Hochgebirgskartographie. Silvretta '98 (= Wiener Schriften z. Geogr. u. Kartogr., 11), S. 11–21.
- IMHOF E. (1965), Kartographische Geländedarstellung. Walter de Gruyter & Co., Berlin.
- JENNY B. et al (2010), Automatische Gerölldarstellung für topographische Karten. In: KN, 4, S. 188–193.
- KRETSCHMER I. (2004), Von der Zweiten Landesaufnahme (1806) bis zur Gegenwart (2004). In: KRETSCHMER I., DÖRFLINGER J., WAWRIK F., Österreichische Kartographie. Von den Anfängen im 15. Jahrhundert bis zum 21. Jahrhundert (= Wiener Schriften z. Geogr. u. Kartogr., 15), S. 169–180.
- LEHMANN J.G. (1799), Darstellung einer neuen Theorie der Bezeichnung der schiefen Flächen im Grundriß, oder Situationszeichnung der Berge. Leipzig.
- MEECE S. (2006), A Bird's Eye View – of a Leopard's Spots: The Çatalhöyük ‚Map‘ and the Development of Cartographic Representation in Prehistory. In: Anatolian Studies, 56, S. 1–16. British Institute at Ankara. – <http://www.jstor.org/stable/20065543>
- Internetreferenzen** (alle abgerufen am 1. November 2011):
1. LANDESAUFNAHME (2011) – http://de.wikipedia.org/wiki/Josephinische_Landesaufnahme
http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Josephinische_Landesaufnahme_Gablitz_Laab.JPG&filetimestamp=20090528191330
 3. LANDESAUFNAHME (2011) – http://de.wikipedia.org/wiki/Franzisko-Josephinische_Landesaufnahme; http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Aufnahmeblatt-4856-1_b_Wei%C3%9Fenbach_an_der_Triesting,_Neuhaus.jpg
- BEATUS (2011) – <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/92/ApocalypseStSeverFolios45v46r-WorldMap.jpg>; http://de.wikipedia.org/wiki/Beatus_%28Buchmalerei%29
- BEIMROHR W. (2008), Warmund Ygl und seine Karte von Tirol, Tiroler Landesarchiv – <http://www.tirol.gv.at/fileadmin/www.tirol.gv.at/themen/kultur/landesarchiv/downloads/Ygl.PDF>
- BERGUNDKARTE (2011) – <http://www.bergundkarte.at/>
- GEOLEX (2011) – <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/lexikon.asp>
- GEOINFO (2011) – <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/>
- JENNY B., RÄBER S. (2011) – <http://www.reliefshading.com/>
- MILESTONES (2011) – <http://www.datavis.ca/milestones/index.php?group=pre-1600> u. <http://www.atamanhotel.com/catalhoyuk/oldest-map.html>
- MUSEOEGIZIO (2011) – http://www.museoegizio.org/pages/hp_en.jsp
- OLDMAPS (2011) – http://oldmaps.geolab.cz/?z_height=330&z_width=700&z_newwin=1&&lang=de
© Laboratorium der Geoinformatik der J.E. Purkyne Univ. – <http://www.geolab.cz>

© Ministerium für Umwelt der Tschechischen Republik – <http://www.env.cz>

© Austrian State Archive / Military Archive, Vienna
RICCI (2011) – http://en.wikipedia.org/wiki/Kunyu_Wanguo_Quantu

TABULA (2011) – <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/50/TabulaPeutingeriana.jpg>
http://de.wikipedia.org/wiki/Tabula_Peutingeriana

TIROL (2011a) – <http://www.tirol.gv.at/buerger/kultur/landesarchiv/historische-karten/> u. <http://gis.tirol.gv.at/MoApp/html/hinweise/yglhinw.htm>

TIROL (2011b) – <http://www.tirol.gv.at/buerger/kultur/landesarchiv/historische-karten/> u. http://gis.tirol.gv.at/MoApp/html/hinweise/Waldsee_muellerHinw.htm

9 Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Ausschnitt Indien Section xii der Tabula Peutingeriana (TABULA 2011)

Abb. 2: Weltkarte der BEATUS-Apokalypsen (BEATUS 2011)

Abb. 3: Ausschnitt Tirol – WALDSEEMÜLLER 1513, Tabula moderna Germanie, Maulwurfshügelmanier-Darstellung (TIROL 2011b); © Bayerische Staatsbibliothek München

Abb. 4: Ausschnitt Zentralasien – Kopie der Weltkarte von Matteo RICCI 1604 (RICCI 2011)

Abb. 5: Ausschnitt Ötztaler und Stubai Alpen – Warmund YGL und seine Karte von Tirol (TIROL 2011a); © Tiroler Landesarchiv

Abb. 6: Ausschnitt aus der historischen Landkarte BIXa242_sectio 070c Josephinische Landesaufnahme (Landesaufnahme 1. 2011)

Abb. 7: Ausschnitt aus der II. Militärische Aufnahmen – Böhmen, Landkartenblatt O_2_V (Oldmaps 2011)

Abb. 8: Ausschnitt aus der Karte Aufnahmeblatt 4856-1b Weißenbach an der Triesting, Neuhaus (Landesaufnahme 3. 2011)

Abb. 9: Ausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr. 51, Brentagruppe (Ausgabe 1998) – genetische Felszeichnung (nicht maßstabsgetreu)

Abb. 10: Ausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr. 15/3 Totes Gebirge, Mitte (Ausgabe 1994) – EBSTER-Periode (nicht maßstabsgetreu)

Abb. 11: Ausschnitt aus der Alpenvereinskarte Nr. 44 Hochalm Spitze – Ankogel (Ausgabe 1979) – BRANDSTÄTTER-Periode (nicht maßstabsgetreu)

Abb. 12: Ausschnitt aus der Hangneigungs-Perspektiv-Karte (BERGUNDKARTE 2011)

Alle Ausschnitte des Alpenvereins mit freundlicher Genehmigung des ÖAV und DAV.