

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 93 (1995)

**Heft:** 4: ETHZ : Departement Geodätische Wissenschaften = EPFZ : Département des sciences géodésiques

**Artikel:** Modellhafte Arbeitsabläufe zur digitalen Erstellung von topographischen und geologischen Karten und dreidimensionalen Visualisierungen

**Autor:** Hurni, L.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-235159>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 18.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Modellhafte Arbeitsabläufe zur digitalen Erstellung von topographischen und geologischen Karten und dreidimensionalen Visualisierungen

L. Hurni

In diesem Artikel werden Arbeitsabläufe zur vollständig digitalen Herstellung von topographischen und geologischen Karten beschrieben. Grosses Gewicht wird dabei auf den graphischen und inhaltlichen Qualitätserhalt und wenn möglich sogar auf eine Qualitätssteigerung gegenüber konventionell hergestellten Karten gelegt. Es werden Methoden zur Ableitung von dreidimensionalen Visualisierungen aus denselben Grunddaten präsentiert.

*Dans cet article sont décrites des méthodes de production digitale de cartes topographiques et géologiques. Une grande importance est accordée à la conservation voire à l'augmentation de la qualité graphique et informative par rapport aux cartes conçues grâce aux méthodes conventionnelles. Des procédés visant à l'obtention de visualisations en trois dimensions à partir des mêmes données de base sont également présentés.*

In questo articolo si descrivono le fasi di lavoro che portano alla produzione digitale di carte topografiche e geologiche. Grande importanza è conferita al mantenimento qualitativo della grafica e del contenuto, e si presuppone un miglioramento qualitativo rispetto alle carte prodotte in modo convenzionale. Si presentano anche dei metodi di visualizzazione tridimensionale, partendo dagli stessi dati base.

### 1. Einleitung, Problemstellung

Die modernen photogrammetrischen und graphischen Informationssysteme bieten potentiell die Möglichkeit, in einheitlicher digitaler Form räumliche topographische und geologische Modelle ab Luftbildern und Feldaufnahmen zu erfassen, auszuwerten, in vielfältiger Weise zu verarbeiten und auf elektronischen Medien und im Mehrfarbendruck darzustellen. Die Resultate können entweder in Form einer zweidimensionalen Karte oder aber als dreidimensionale perspektivische Ansichten präsentiert werden. Im Rahmen der Umstellung vieler öffentlicher und privater Kartenwerke auf digitale Datenhaltung gewinnen die dafür benötigten Arbeits- und Darstellungsmethoden mehr und mehr an Bedeutung. Auch Neuaufnahmen von bisher nicht oder nur unzureichend kartierten Gebieten sollten heute mit Vorteil auf voll digitalem Weg durchgeführt werden.

Ziel des hier vorgestellten Dissertationsprojekts am Institut für Kartographie der ETH Zürich ist es, modellhafte Arbeitsabläufe zur digitalen Erstellung von topographischen und geologischen Karten und sie ergänzenden dreidimensionalen perspektivischen Visualisierungen zu entwickeln.

Grosses Gewicht soll dabei auf eine Optimierung der Methoden hinsichtlich eines graphischen und inhaltlichen Qualitätserhalts und einer Qualitätssteigerung gegenüber konventionell hergestellten Karten gelegt werden. Im hier hauptsächlich relevanten Bereich der Geländedarstellung kann dies durch digitale Simulation der herkömmlichen Technik und durch ihre Ergänzung mit neuen Verfahren geschehen. Die dabei gewonnenen neuen Erkenntnisse werden anhand konkreter, grösserer Kartierungsprojekte auf ihre Tauglichkeit überprüft.

Ausgangspunkt der Arbeit ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Kartographie und dem Institut für Mineralogie und Petrographie der ETH Zürich und dem Griechischen Geologischen Dienst. 1991 konnte gemeinsam eine geologische Karte der griechischen Insel Aegina 1:25'000 produziert und herausgegeben werden [1]. Sie wurde teils konventionell, teils digital hergestellt. Aufgrund der dabei gemachten positiven Erfahrungen wurde beschlossen, ein weiteres Kartierungsprojekt durchzuführen, diesmal aber den gesamten kartographischen Arbeitsaufwand mit rein digitalen Hilfsmitteln zu bewältigen. Das Kartierungsgebiet ist die Halbinsel Methana in Griechenland, die

etwa 70 km südwestlich von Athen in den Saronischen Golf hineinragt. Sie repräsentiert ein ideales abgeschlossenes geometrisches Objekt mit einer Fläche von rund 55 km<sup>2</sup> und Höhenbereichen von 0 bis 740 m.ü.M. und ist bis heute nur unzureichend topographisch und geologisch kartiert worden. Deshalb wurde als Grundlage für die geologische Kartierung eine vollständig neue topographische Kartierung im Massstab 1:25'000 auf der Basis von Luftbildauswertungen und Feldbegehungen durchgeführt. In Methana befinden sich auf einem mesozoischen Kalksteinsockel entlang von grösseren Verwerfungen mehrere Tertiär- und Quartär-Vulkane. Grosse morphologische Kontraste machen deshalb das Gelände zu einem idealen Testfeld für die Erprobung der erwähnten Kartier- und Darstellungsmethoden. Als zweites Testobjekt mit einer komplizierteren Tektonik wird das Matterhorn gewählt. Hier kann vor allem die dreidimensionale geologische Modellierung und Darstellung erprobt werden. Als Arbeitsmittel steht das digitale «Kartographische Informationssystem KIS» (ein INTERGRAPH CAD-System für kartographische Anwendungen) des Instituts für Kartographie der ETH zur Verfügung [2].

### 2. Digitale topographische Karten

#### 2.1 Die bisherige Entwicklung der digitalen Herstellung topographischer Karten

Seit etwa 30 Jahren werden auch in der Kartographie Computer in ständig zunehmender Masse für den Kartenentwurf und die Kartenherstellung eingesetzt. Ziel ist es dabei vorerst, weniger anspruchsvolle, dafür umso aufwendigere und monotone Arbeiten zu automatisieren und somit Kosten einzusparen. Fast 20 Jahre lang werden deshalb praktisch nur Vektorsysteme verwendet. Mit ihnen können punktförmige Elemente und Linien (und nur beschränkt Fläche und Farbe) mit ihren Koordinaten und Attributen verarbeitet und ausgegeben werden. Diese Systeme erweisen sich in der grossmassstäblichen Kartographie (Kataster) und in geographischen Informationssystemen als nützlich. Will man aber konventionelle kartographische Verfahren bis hin zur Druckvorlagenherstellung vollständig ersetzen, so müssen auch die graphischen Elemente Fläche und Farbe und die reprotochnische Verarbeitung in den computergestützten Herstellungsprozess einbezogen werden. Dies ist, teilweise auch bedingt durch den kleinen Anwenderkreis in der Kartographie, erst seit der Entwicklung von Rastersystemen und hybriden Vektor/Rastersystemen in den späten 70er und in den 80er Jahren möglich (nach [4]). Die im vorge-

stellten Projekt verwendete Anlage ist ebenfalls ein solches hybrides Vektor/Rastersystem, mit dem (z. B. gescannte) Rasterdaten und Vektordaten gemeinsam verarbeitet werden können. In jüngster Zeit ist ein Trend zurück zur reinen Vektorverarbeitung zu erkennen. Vermehrt kommen Ausgangsdaten direkt in Vektorform aus einem GIS oder anderen Quellen und können kartographisch weiterverarbeitet werden. Dazu müssen die vektoriellen Kartenelemente am Bildschirm mit den gleichen Darstellungsparametern wie für die spätere Ausgabe (z. B. in gedruckter Form) symbolisiert werden können. Dieses «duale» Darstellungsprinzip wird auch «WYSIWYG» («What You See Is What You Get») genannt.

## 2.2 Digitale kartographische Modellbildung: DLM und DKM

Nach [3] ist es die Aufgabe der digitalen Kartographie, «analoge kartographische Ausdrucksformen als Mittel visueller Kommunikation raumbezogener Informationen durch Einsatz digitaler Technologien schneller, kostengünstiger und flexibler bereitzustellen, als es mit der klassischen Kartentechnik möglich ist. Ein wesentliches technisches Merkmal ist der vollständige digitale Datenfluss von der Erfassung raumbezogener Daten bis zur kartographischen Wiedergabe.» Ohne hier eine weitere Definition der Kartographie zu liefern, kann gesagt werden, dass ihre Aufgabe die Darstellung georäumlicher Objekte und Zusammenhänge mittels verschiedener Medien ist. Ausgangspunkt einer Kartierung ist also immer die «reale Welt».

In der Kartographie werden zur Beschreibung vorwiegend topographischer Sachverhalte und deren kartographischer Umsetzung zweistufige Modelle verwendet, die vor allem im Zusammenhang mit dem Projekt «ATKIS» (Amtliches Topographisches-Kartographisches Informationssystem) in Deutschland bekannt geworden sind. Ziel dieses Projektes ist es, grossmassstäbliche Planwerke wie die Deutsche Grundkarte 1:5000 zu digitalisieren und so digitale Basiskarten zu erhalten. Zusätzliche Informationen, wie z. B. topologische Zusammenhänge, werden über eine Attributierung der geometrischen Objekte integriert. Dieses (mehr oder weniger) geometrisch exakte Abbild der «realen Welt», das auch auf photogrammetrischem Wege erfasst werden könnte, wird digitales Landschaftsmodell (DLM) genannt und ist nach einem Kartenkatalog gegliedert. Er ist Bestandteil der logischen Datenstruktur des Modells, die auch die Art der geometrischen Beschreibung und der topologischen Zusammenhänge der Objekte umfasst. Diese DLM-Daten sind naturgemäß nur zur direkten kartographischen Wiederga-

be in grossen Massstäben geeignet. Sollen daraus Karten in kleineren Massstäben abgeleitet werden, kommen die Aspekte der kartographischen Generalisierung und der Kartengestaltung zum Tragen.

Im Kartenprojekt Methana ist der Objektkartenkatalog in folgende Kategorien unterteilt:

- Strassen, Wege
- Gebäude, Einzelobjekte
- Hydrologische Objekte
- Topographie (Höhenkurven, Höhenkonturen)
- Bathymetrie (Küstenlinie, Tiefenkurven, Tiefenknoten)
- Bodenbedeckung (Siedlungsgebiet, Kulturland, Macchia, Wald, Ödland)
- Namengut
- zusätzliche Informationen (Km-Netz, Kartenrahmen, Legende, Titel).

## 2.3 Die Kartenelemente

Da in der digitalen Kartographie zur Generalisierung und Kartengestaltung keine allgemein anwendbaren automatischen Ansätze bestehen, muss der gesamte Basisdatensatz aufgrund kartographischer Gestaltungsregeln zum grössten Teil von Hand neu überarbeitet werden. Das Resultat ist ein neues, zweckbestimmtes und auf die optimale kartographische Wiedergabe ausgerichtetes Modell, das Digitale Kartenmodell (DKM). Grundlage ist hier neben den an die kartographischen Bedürfnisse angepassten topographischen Objekte der Signaturkatalog, in dem die Auswahl, die graphische Ausgestaltung und das Zusammenspiel dieser Objekte (der Kartenelemente) festgelegt ist. Ein derartig definiertes Kartenmodell kann unter Verwendung geeigneter Geräte und Programme direkt als analoge oder digitale Karte auf das gewünschte Medium ausgegeben werden. Im folgenden wird näher auf diese Kartenelemente und die speziell bei der digitalen Bearbeitung zu berücksichtigenden Faktoren eingegangen.

### 2.3.1 Situation: Strassen, Wege, Gebäude, Einzelsignaturen, Schrift

Die Situationselemente sind ein wichtiger Teil jeder vollständigen topographischen Karte. Sie repräsentieren den grössten Teil der baulichen Eingriffe in eine Landschaft. Die Herstellung einer guten Situationszeichnung ist mit besonderen Schwierigkeiten verbunden. Der Aspekt der kartographischen Generalisierung (oder besser Gestaltung) beeinflusst hier bereits in den grösseren Massstäben die Kartenherstellung.

Die Strassen und Wege werden im Beispiel Methana auf der Basis der photogrammetrischen Neuauswertung am Bild-

schild neu digitalisiert. Die Generalisierung der Elemente kann direkt am Bildschirm mit den photogrammetrisch erhobenen Daten im Hintergrund vorgenommen werden. Ein weiterer Grund für dieses Vorgehen liegt darin, dass die photogrammetrische Auswertung relativ häufig zittrige Linien aufweist, die in einem aufwendigen Arbeitsgang manuell oder halbautomatisch geglättet werden müssten. Die eigentliche Symbolisierung und gleichzeitige Rasterisierung der Elemente geschieht aufgrund einer Parametertabelle in einem Batch-Prozess und kann danach am Bildschirm überprüft werden. Bei der Ausarbeitung von unterbrochenen Wegsignaturen ergeben sich gestalterische Probleme. Der Hauptnachteil bei der computergestützten Unterbrechung solcher Signaturen ist die stur eingehaltene Strichlänge. Gerade sie sollte aber auf die Weggeometrie angepasst und bei Verzweigungen, bei Wegknicken und im Zusammenspiel mit anderen Kartenelementen variiert werden können. Die Unterstützung solcher Gestaltungsregeln ist nach dem momentanen Erkenntnisstand erst bei einem einzigen kommerziellen Programm teilweise realisiert worden. Im vorliegenden Beispiel wird eine etwas weniger aufwendige Kompromisslösung gewählt. Die Rasterisierung wird mit fix vorgegebenen Strich- und Unterbruchslängen durchgeführt und am Bildschirm hinter die Ausgangsvektoren gelegt. So können unschöne Stellen sofort erkannt werden. Die schlimmsten Fälle (Lücken in Knickpunkten und Verzweigungen) werden durch Darüberdigitalisieren von kleinen «Weg-Flicken» entfernt. Im Kartenbeispiel auf der Farbtafel sind solche Stellen insbesondere bei Verzweigungen und Knicken von Fusswegen gut zu erkennen. Die Gebäude sind im Beispiel Methana aufgrund von Ausgangsdaten unterschiedlicher Art und Qualität ebenfalls neu am Bildschirm digitalisiert worden. Gebäude kommen auf der ganzen Welt in den unterschiedlichsten Formen und Größen vor. Allgemeingültige Darstellungsregeln lassen sich daher nur schwer aufstellen. Zentraler Angelpunkt ist auch hier der Kartenmassstab. In [3] wird dementsprechend zwischen grundrisstreuen, grundrisähnlichen und lagetreuen Darstellungen unterschieden. Im Massstab 1:5000 lassen sich noch fast alle wesentlichen Situationselemente grundrisstreu wiedergeben. Die graphische Minimaldimension von 0.3 mm ergibt im Massstab 1:10'000 Mindestgrössen von 3 m. Dies ist der Grenzmassstab für grundrisstreue Darstellungen. In den mittleren Massstäben der Landeskartenwerke muss das Situationsbild vermehrt generalisiert werden. Imhof [5] unterscheidet in Anlehnung an die mitteleuropäischen Siedlungsbilder zwischen Darstellungen von einzelnen Gebäuden, Einzelhöfen und Streusiedlun-

gen, lockeren Haufendörfern und engen Dorf- oder Stadtkernen. Diese Liste liesse sich natürlich beliebig erweitern, denkt man etwa an Industrieanlagen oder — ganz am anderen Ende des Spektrums — an Hütteniedlungen in der dritten Welt [6]. Ein wichtiges Mass für die kartographische Gestaltung von Siedlungsbildern sind wie bereits angedeutet die Minimaldimensionen der Kartenelemente. Bei Einzelhäusern sollte eine Seitenlänge von 0.3 mm nicht unterschritten werden. Bei Flächenzwischenräumen kann der Wert aufgrund der grösseren Kontrastwirkung auf 0.15 bis 0.2 mm heruntergesetzt werden.

Bei der konventionellen Kartenherstellung wird in der Regel 1:1 im Endmassstab gearbeitet, d.h. der ausführende Kartograph hat jederzeit den Überblick über die gesamte Arbeit und den zu bearbeitenden Ausschnitt. Er kann bei der Plazierung von Gebäudeflächen die notwendige Dimensionierung problemlos abschätzen und erkennt sofort Konflikte mit umliegenden Objekten. Bei der computergestützten interaktiven Kartengestaltung ergeben sich hingegen für die Einhaltung der Minimaldimensionen und -abstände von Gebäuden Schwierigkeiten. Bedingt durch die reduzierte Auflösung der Bildschirme — sie liegt bei knapp drei Punkten pro mm (72 dpi) — muss immer auf vergrösserten Kartausschnitten gearbeitet werden. Für kartographische Feinarbeiten ist dies sicherlich ein Vorteil, bei der Abschätzung der wahren Größenverhältnisse im Endmassstab aber ein Nachteil. Als Ausweg kann mit den Konstruktionsfunktionen des Systems ein kleines Rechteck mit den Minimaldimensionen (z. B. Gebäudekanternlänge und -abstand) erzeugt werden, das im jeweiligen Arbeitsausschnitt plaziert wird. Es ist vorstellbar, solche «kleine Hilfen» in den Funktionen von zukünftigen kartographischen Systemen direkt einzubauen, beispielsweise als Kantenlängen-Sperre bei der Digitalisierung von Gebäudeflächen.

DLM-Daten sind naturgemäß nur zur direkten kartographischen Wiedergabe in grossen Massstäben geeignet. Sollen daraus Karten in kleineren Massstäben abgeleitet werden, kommen die Aspekte der kartographischen Generalisierung und der Kartengestaltung zum Tragen. Die auf die Kartenelemente anzuwendenden, elementaren geometrischen Generalisierungsvorgänge sind nach [3] und [7] aufgeführt:

- Vergrössern
- Auswählen/Weglassen
- Vereinfachen
- Zusammenfassen
- Verdrängen
- Bewerten/Betonen
- Klassifizieren.

Bei der kartographischen Generalisierung werden aber auch nicht in der Kartengeometrie enthaltene Zusatzinformationen beigezogen, die in den meisten Fällen sogar vom Bearbeiter selbst gedanklich spontan erarbeitet werden müssen. Ebenso ist klar, dass die Beziehungen von Kartenelementen und anderen Informationen untereinander auch berücksichtigt werden müssen. Dies erschwert die Situation erheblich, denn damit beeinflussen sich auch die einzelnen Generalisierungs- und Gestaltungsfunktionen gegenseitig. Im Beispiel Methana werden in einem ersten Schritt alle Gebäude möglichst detaillgetreu und nur mit marginalen Vereinfachungen ab der photogrammetrischen Auswertung im Hintergrund und zusätzlichen Feldskizzen abdigitalisiert. Dies ermöglicht eine visuelle Plausibilitätskontrolle direkt während der Digitalisierung am Bildschirm. Die anschliessende Generalisierung erfolgt schrittweise in mehreren Stufen. In solchen interaktiv/iterativen Prozessen liegt der grosse Vorteil der digitalen gegenüber der konventionellen kartographischen Arbeitsweise. Korrekturen können problemlos vorgenommen werden, ebenso lassen sich leicht verschiedene Darstellungsvarianten zur Entscheidfindung erzeugen. Der Kartograph arbeitet auch nicht vorlagengerichtet, sondern hat jederzeit direkten Zugriff auf alle Kartenelemente. Hauptnachteil ist die fehlende Übersicht und die erschwerende Abschätzung der wahren Größenverhältnisse im Endmassstab.

EinzelSignaturen werden nach den gleichen Regeln in das Kartenbild integriert wie die anderen Situationselemente. Sie besitzen aber eine fix vorgegebene Form-Geometrie, die nicht verändert werden sollte. Ausnahmen sind Vereinfachungen und Skalierungen beim Wechsel in einen kleineren Massstab. Zur Erhöhung ihrer Aussagekraft sollten gewisse Signaturen in eine bestimmte Lage gedreht werden können.

Ausgangspunkt der Schriftbearbeitung einer Karte sind die Schriftvorlage, das Schriftmanuskript [3] und der Zeichenschlüssel mit Angaben über Schriftarten, Schrifttausprägungen und Schriftgrößen [5]. Im Beispiel Methana werden alle Namen interaktiv am Bildschirm plaziert. Dabei wird unter Einhaltung der gängigen Regeln versucht, das Situationsbild (schwarz) möglichst von Schriftelementen freizuhalten, da neben den Siedlungen relativ grosse «freie» Gebiete für die Schriftplatzierung zur Verfügung stehen.

### 2.3.2 Felsdarstellung

Die Neuerstellung der Felszeichnung für ein Gebietskartenblatt im Stil der Landeskarte der Schweiz ist unter den heutigen wirtschaftlichen Randbedingungen kaum mehr durchführbar. Die Arbeit kann nur von speziell ausgebildeten Kartographen

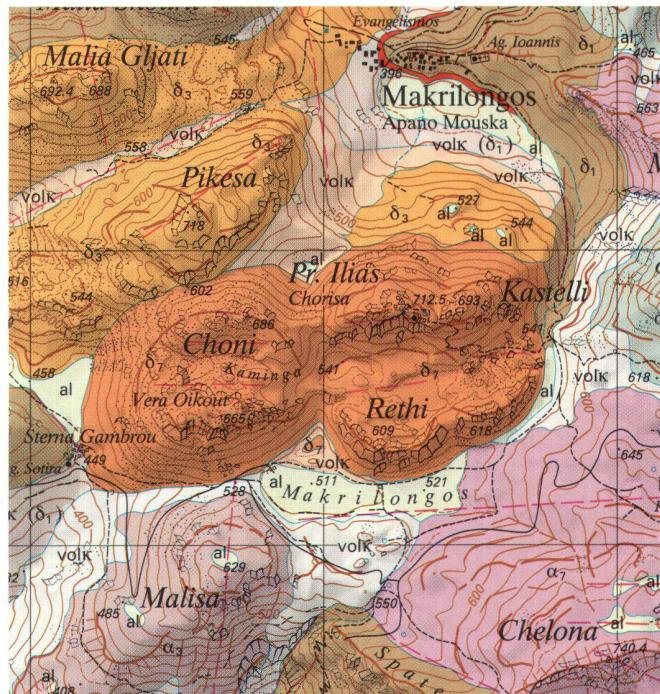
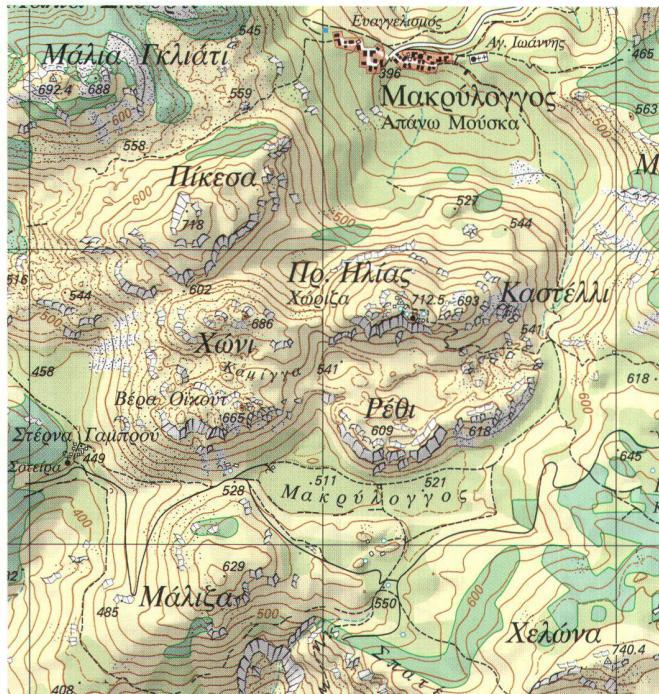
mit langjähriger Erfahrung und Talent ausgeführt werden. Trotzdem stellt sich bei Neukartierungen die Frage, wie Felsgebiete anschaulich und geometrisch präzis wiedergegeben werden können, ohne dass dabei die Produktionskosten ins Astronomische steigen. Im Rahmen der Forschungsarbeit ist deshalb versucht worden, eine der konventionellen Felsdarstellungsarten in modifizierter und vereinfachter Form mit Methoden der Computergraphik nachzuempfinden und als praktisch einsetzbares Programm zu verwirklichen. Dazu wird die Gerippliniedarstellung gewählt, bei der im Gegensatz zur Darstellung in der Landeskarte nur die Bruchkanten und Strukturlinien (ohne Füllschraffur) eines Felsgebietes wiedergegeben werden.

Bei der Dateneingabe und automatischen Verarbeitung spielen folgende Faktoren eine Rolle:

- Digitalisierung der Ober- und Unterkante des Felsbandes gemäss Feldaufnahmen mit der gleichen Anzahl Stützpunkte oben und unten.
- Beleuchtungsmodell
  - Licht-/Schattenseite: Attributierung bei Digitalisierung: helleres oder dunkleres Felsbild
  - je drei Strichstärkengruppen entsprechend der Exposition
  - Strichstärkenveränderung gemäss Beleuchtungsmodell
- Kantenstriche (Ober-/Unterkante) und Formstriche (senkrecht)
  - automatische Generierung aus digitalisierten Gerippelpunkten
- Strichrauhigkeit
  - künstliches «Zittern» durch Zufallsfunktion
  - lokale Strichstärkenvariation durch Zufallsfunktion (fünf Strichstärken)
- Kavität (gerundete Felsformen infolge Erosion)
  - Attributierung bei Digitalisierung: 8 verschiedene Radien möglich (positiv oder negativ).

Das Resultat ist auf dem Kartausschnitt der Farbtafel zu sehen. Natürlich ist das Verfahren nur für die Repräsentation kleinerer Felsbänder und nicht für die Darstellung grösserer Wände geeignet, da nur ein beschränkter Satz an Strukturlinien zur Verfügung steht. Die Felsen mögen teilweise etwas stereotyp erscheinen. Immerhin lassen sich aber Ausdehnung und ungefähre Form der Felsgebiete gut abschätzen und die Wiedergabe lässt nicht von vornherein auf eine digitale Generierung schliessen! Die Digitalisierung der etwa 1100 Felsobjekte auf Methana erfolgte in rund 40 Stunden. Konventionell müsste ungefähr der fünf- bis zehnfache Zeitaufwand veranschlagt werden.

Die Gerölldarstellung ist im Beispiel Met-



## Farbtafel

**Links oben:** Ausschnitt aus der digital hergestellten topographischen Karte der Halbinsel Methana/Griechenland 1:25'000 mit Bodenbedeckungsinformationen (Gelb: Macchia Olivgrün: Kulturland Dunkelgrün: Wald Orange: Siedlungsgebiet).

**Rechts oben:** Ausschnitt aus der digital hergestellten geologischen Karte von Methana 1:25'000. Zentraler Teil der Halbinsel mit vulkanischen Staukuppen.

**Mitte:** Dreidimensionale Visualisierung der Halbinsel Methana in Griechenland. Ansicht von Westen. Die geologische Oberflächeninformation aus der Karte wurde über ein digitales Gelände-modell gestülpt und als Perspektive schattiert.

**Links:** Dreidimensionale Visualisierung des Matterhorns mit geologischer Oberflächeninformation. Ansicht von Nordwesten.

hana durch unregelmässige Varierung eines Punktrasters in Lage und Grösse entstanden.

### 2.3.3 Flächenhafte topographische Erscheinungen

Flächenhafte Erscheinungen werden in klassischen topographischen Karten mit Ausnahme des Waldes und vielleicht einiger Strukturrasterflächen wie z. B. Sumpf sparsam wiedergegeben. Dies hat vor allem historisch-technologiebedingte Gründe. Mit der Einführung moderner und vor allem computergestützter Kartenherstellungs- und Reproduktionsverfahren lassen sich solche Elemente einfacher in eine Karte integrieren.

In Deutschland sollen in einigen Jahren die im Rahmen des Projekts ATKIS aus der deutschen Grundkarte 1:5000 digitalisierten topographischen Datenbestände als Ausgangsmaterial für eine computergestützte Bearbeitung der topographischen Karten verwendet werden. Im Hinblick darauf sind in jüngster Zeit umfangreiche Vorschläge zu einer völligen graphischen Neugestaltung der amtlichen Kartenwerke 1:25'000 (TK 25) publiziert worden [8]. Dabei wird der Darstellung der Bodenbedeckung durch verschiedene Flächenfarben grosse Bedeutung beigemessen. Ebenfalls werden die Minimaldimensionen der linearen Kartenelemente und der Symbole erhöht und mehr Kartenobjekte beschriftet. Dies erlaubt es auch, die gesamte Karte nur mit vier Farben (verkürzte Skala) zu drucken, dies allerdings unter Preisgabe des Reliefs. Die publizierten Kartenproben sind sehr farbenfroh, eher kontrastarm und stark generalisiert. Quasi ein Mittelweg zwischen der herkömmlichen topographischen Kartendarstellung und den Varianten aus Deutschland und in neueren Schulatlanten ist die im Beispiel Methana gewählte Graphik. Die Minimaldimensionen und der Zeichenschlüssel der linearen Elemente, der Symbole und der Gebäude sind eng an die Wiedergabe in den Schweizer Landeskarten angelehnt. Zusätzlich ist aber eine dezente flächenhafte Darstellung der Bodenbedeckung/Landnutzung integriert: Siedlungsflächen sind rötlich angelegt und braun konturiert. Aufgrund von Luftbildinterpretationen und Feldkontrollen sind bewirtschaftete Landflächen, Macchia, Wald und Vegetationszonen ausgeschieden und mit klar zuzuordnenden Farben belegt worden (siehe Kartenbeispiel oben links auf der Farbtafel). Außerdem wird zur Visualisierung der Geländeform ein schattenplastisches Relief im Graudruck hinterlegt.

### 2.3.4 Digitales Höhenmodell und analytische Schattierung

In einer topographischen Karte muss die dreidimensionale Form der Geländeober-

fläche als zweidimensionaler Grundriss abgebildet werden. Ein wichtiger Bestandteil ist dabei die Darstellung der Geländehöhen. Die heute gebräuchlichste Darstellungsform ist die Höhenkurve. Einzelne besondere Geländepunkte werden zusätzlich durch Höhenkoten angegeben. Die Erfassung solcher Kurven und Punkte geschieht im Beispiel Methana photogrammetrisch an einem analytischen Plotter. Im Kartographiesystem kann mit diesen Daten direkt das Höhenkurvenbild zusammengestellt werden. Ebenfalls ist es möglich, daraus ein digitales Höhenmodell in Dreiecks- oder Gitterstruktur zu generieren, das zur Berechnung einer analytischen Schattierung dient. Sie wird im vorliegenden Fall mit den im System vorhandenen Rendering-Funktionen durchgeführt. Allerdings muss das Resultat mit Bildverarbeitungsprogrammen editiert werden. Insbesondere ist eine Kontrastanpassung notwendig, um Licht- und Schattenseiten deutlich voneinander trennen zu können und so einen grauen Grundscheide im Kartenhintergrund zu verhindern. In den Kartenbeispielen zuoberst auf der Farbtafel ist dieses akzentuierte Relief deutlich zu erkennen. Ein weiterer Nachteil dieser kommerziellen Pakete ist die starre Lichtrichtung. Objekte, die genau in dieser Richtung liegen, werden auf beiden Seiten gleich stark schattiert.

## 3. Digitale geologische Karten

Geologische Karten sind nach «klassischer» kartographischer Auffassung thematische Karten mit dem Zweck der Darstellung der Oberflächengesteinsarten und tektonischer Phänomene wie z. B. Verwerfungen. Vorherrschend sind deshalb flächenhafte Elemente sowie einzelne Liniensymbole und spezielle Punktsgenerationen. Rein herstellungstechnisch unterscheidet sich dieser Kartentyp nur wenig von der oben beschriebenen topographischen Karte mit flächenhafter Information zur Bodenbedeckung. Es kommen höchstens einige «Spezialitäten» dazu wie z. B. eine unsichere Formationsgrenze (strichliert). Ein Beispiel dafür ist im Kartenausschnitt auf der Farbtafel rechts oben unterhalb des Schriftzuges «Apano Mouska» zu sehen. Die Flächen der geologischen Formationen werden ab Entwürfen des Feldgeologen digitalisiert, attribuiert, eingefärbt und konturiert. Der Farbgebung sind dabei enge Grenzen gesetzt, da die geologischen Flächenfarben für Karten international normiert sind. Vulkanische Formationen werden meist in Rot- bis Brauntönen wiedergegeben. Als Basiskarte werden Teile der topographischen Karte verwendet.

Ein grosser Vorteil der digitalen Herstellungsweise liegt in der Möglichkeit der

interaktiven Bearbeitung. Korrekturen können relativ einfach vorgenommen werden, ohne dass dafür wie bei der konventionellen Arbeitsweise langwierige Reproduktionsprozesse wiederholt werden müssen. Die Karten können flexibel an die jeweiligen Bedürfnisse und Ausgabemöglichkeiten angepasst werden. So sind die ursprünglich sechsfarbig (Schwarz, Cyan, Gelb, Magenta, Braun, Grau) aufgebauten Methana-Karten für die Farbtafel in diesem Artikel auf Vierfarbendruck umdefiniert worden. Das Relief erscheint anstatt in Grau in abgeschwächter Form in Schwarz und die braunen Höhenkurven sind aus den drei Mischfarben zusammengesetzt. Voraussetzung für eine einwandfreie Wiedergabe ist natürlich ein guter Passer beim Druck! Auch können bei einer digitalen Kartenherstellung Zwischenprodukte schnell und preisgünstig auf Farbdrucker ausgegeben werden. Im Projekt Methana sind vor der endgültigen Ausgabe der geologischen Karte mindestens fünf Zwischenvarianten erstellt worden, die als Grundlage für weitere Feldbegehungen und Korrekturen dienten.

## 4. Dreidimensionale Geländevisualisierungen

Seit jeher gehören kartenverwandte Darstellungen mit zum Fachgebiet der Kartographie. Damit sind z. B. Landschaftspanoramen, Vogelschaukarten oder perspektivische Städteansichten gemeint. Mit der rasanten Entwicklung der Computergraphik in den letzten Jahren ist es nun möglich, dreidimensionale Visualisierungen von (nicht nur geographischen) Datensätzen mit vertretbarem Aufwand auf digitalem Wege zu erzeugen. Für gewisse Anwendungen ergeben sich aus solchen Darstellungen zusätzliche Informationen, Analysegrundlagen und «Einsichten». Ein Ziel der hier vorgestellten Forschungsarbeit ist es, zu untersuchen, ob die kartographisch aufbereiteten topographischen und geologischen Karteninformationen auch als Ausgangsmaterial für dreidimensionale Visualisierungen geeignet sind. Ausgangsdaten dafür sind das digitale Höhenmodell und das geologische Flächenmosaik. Das digitale Höhenmodell wird zunächst in ein regelmässiges Gittermodell mit einer konstanten Maschenweite umgerechnet. Die verwendete Software erlaubt es, aus diesen Gitterpunkten Facetten zu generieren, die in das CAD-Paket importiert werden können. Mit einer Software-Eigenentwicklung des Instituts für Kartographie können nun die Facetten gemäss dem geologischen Flächenmosaik umgefärbt werden. Die Renderingsoftware im CAD-Programm wird unter Annahme einer Lichtquelle, eines Standpunkts, einer Blickrichtung und einer Kamerabrennweite dazu verwendet, eine dreidimensionale Perspektivansicht mit

schattierten Farbflächen zu berechnen. Auf der Farbtafel ist in der Mitte eine solche Schrägansicht der gesamten Halbinsel Methana aus Westen abgebildet. Die Maschenweite beträgt 25 m. Die Halbinsel misst in ihrer Nord-Süd-Ausdehnung etwa 10 km. Die einzelnen Lavaströme und Staukuppen sind deutlich ersichtlich. Es ist hier ein Glücksfall, dass Morphologie und geologische Formationen relativ gut übereinstimmen. Die Abbildung links unten zeigt eine Ansicht des Matterhorns aus Nordwesten, wo dies nicht der Fall ist. Die Ausmasse der Formationen und ihr räumlicher Bezug sind dennoch klar ersichtlich. Diese Ansichten können zudem zu Interpretations- und Korrekturzwecken für Kartierungen verwendet werden. Die Maschenweite des digitalen Höhenmodells beträgt hier 10 m.

## 5. Schlussfolgerungen

Moderne interaktive Graphiksysteme mit kartographischer Anwendersoftware erlauben es heute, Kartenprodukte verschiedenster thematischer Ausrichtung zu produzieren. Die Aussagekraft der Karten und die graphische Qualität kann dabei gegenüber konventionellen Produkten erhalten oder sogar noch gesteigert werden. Trotz Automatisierung bleibt aber die letzte Entscheidungsgewalt für die Gestaltung der Karte beim Menschen. Ohne eine

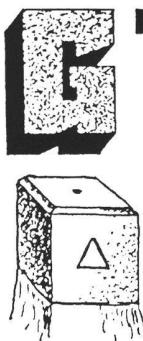
fundierte kartographische Ausbildung des Anwenders entstehen keine graphisch und inhaltlich einwandfreien Kartenprodukte. Hingegen können aus ein- und demselben Grunddatensatz auf relativ einfachem Weg verschiedene Kartenvarianten und sogar neue Darstellungsformen wie dreidimensionale Visualisierungen abgeleitet werden. Die beim vorgestellten Forschungsprojekt gewonnenen Erfahrungen fließen in ein zurzeit laufendes Verfahren zur Evaluation eines interaktiven Kartographiesystems am Bundesamt für Landestopographie ein.

### Literatur:

- [1] Dietrich, Volker, et. al.: Geological Map of Greece: Aegina Island 1:25'000. Stiftung Vulkaninstitut Immanuel Friedländer, ETH Zürich, 1991. Vertrieb durch Birkhäuser Verlag, Basel.
- [2] Hurni, Lorenz (1992): Hard- und Softwarelösungen für die integrierte digitale Kartenproduktion mit Raster- und Vektor-ordaten. Nachrichten aus dem Kartenum- und Vermessungswesen, Reihe I, Nr. 108, Frankfurt a. M., 1992, S. 37-54, mit 1 Kartenbeilage.
- [3] Hake, Günter; Grünreich, Dietmar (1994): Kartographie. 7. Auflage, Berlin, New York, 1994, 599 S. mit 24 Kartenbeilagen.
- [4] Hurni, Lorenz (1990): Neue Entwicklungen in der computergestützten Kartographie – Auswirkungen auf Forschung und Ausbildung am Institut für Kartographie der ETH Zürich. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Nr. 2/1990, Baden-Dättwil, 1990, S. 82-86.
- [5] Imhof, Eduard (1968): Gelände und Karte. Erlenbach, 1968, 259 S. mit 20 Farbtafeln.
- [6] Kuster, Roland (1990): Versuch einer flächenhaften Siedlungsdarstellung für die Landeskarte 1:100'000. Mit 2 Kartenbeilagen; in: Kartographisches Generalisieren. Kartographische Publikationsreihe Nr. 10, Hrsg.: Schweiz. Gesellschaft für Kartographie, Bern, 1990. (1990), S. 71-78.
- [7] Weibel, Robert (1989): Konzepte und Experimente zur Automatisierung der Reliefgeneralisierung. Geoprocessing Series, Geographisches Institut Universität Zürich, Vol. 15, 1989, 270 S.
- [8] Herdeg, Eberhard (1993): Die amtliche Kartographie zwischen analoger und digitaler Karte. Kartographische Nachrichten, Nr. 1/1993, Bonn, 1992, S. 1-7.

### Adresse des Verfassers:

Lorenz Hurni  
Bundesamt für Landestopographie  
Seftigenstrasse 264  
CH-3084 Wabern



## GRANITECH AG MÜNSINGEN

Innerer Giessenweg 54  
3110 Münsingen  
Telefon 031/721 45 45  
FAX 031/721 55 13

### Unser Lieferprogramm:

#### Granit-Marchsteine

Standardmasse und Spezialanfertigungen gem. Ihren Anforderungen

#### Gross-, Klein- und Mosaikpflaster

Diverse Grössen und Klassen grau-blau, grau-beige, gemischt

#### Gartentische und -bänke

Abmessungen und Bearbeitung gem. Ihren Anforderungen

#### Spaltplatten

(Quarzsandsteine, Quarzite, Kalksteine) für Böden und Wände, aussen und innen

### Grosse Auswahl – günstige Preise

**Verlangen Sie eine Offerte, wir beraten Sie gerne!**



- Mini Tower Gehäuse
- Motherboard M54Pi Micronics PCI
- Prozessor Pentium 90 MHz
- 256 kB Cache
- Arbeitsspeicher 16 MB (aufr. bis 192 MB)
- 850 MB Festplatte (IDE Mode 3)
- Quattro Speed CD-ROM
- PCI-IDE Kontroller
- Floppy Disk Drive 3,5"
- 17" Sony Monitor Trinitron Typ 17sf, strahlungssarm (TC092)
- PCI Graphik-Kontroller Typ Miro 20SD-PCI (2 MB RAM)
- 2 serielle Schnittstellen (16550), 1 parallele Schnittstelle
- Honeywell Maus
- Honeywell Tastatur Swiss
- MS-DOS 6.2 und Windows 3.11 (deutsch)
- komplett installiert
- 24 Monate Garantie

**TEL 10 JAHRE COM**

COMPUTER-COMMUNICATION  
Hängertenstrasse 3, 8104 Weiningen  
Telefon 01-750 66 00  
Telefax 01-750 66 16