

## Das kartographische Softwarepaket *Planetary Image Mapper* (PIMap)

STEPHAN GEHRKE, Berlin; GERHARD NEUKUM und das HRSC Co-Investigator Team

**Keywords:** cartography, software, Mars, Mars Express, HRSC, image maps

**Zusammenfassung:** Der *Planetary Image Mapper* (PIMap) ist ein Softwaresystem zur automatischen Erstellung planetarer Bildkarten. PIMap wird seit 2001 im Rahmen des Vorhabens *High Resolution Stereo Camera (HRSC) on Mars Express Orbiter* an der *Technischen Universität Berlin* entwickelt und innerhalb des *HRSC Co-Investigator Teams* eingesetzt.

Auf der Grundlage von Bilddaten (Orthophotomosaik), Digitalen Geländemodellen sowie zusätzlichen Informationen, z. B. über topographische Namen, lassen sich mit PIMap digitale Kartenprodukte generieren. Dabei bietet die umfangreiche, detaillierte Programmsteuerung flexible Gestaltungsmöglichkeiten. Verschiedene Koordinatensysteme auf frei definierbaren Bezugskörpern sowie eine Reihe gängiger Kartenprojektionen werden unterstützt. Besonderheiten der planetaren Kartographie sind – auch über den Mars hinausgehend – berücksichtigt und integriert. Damit bietet PIMap die Möglichkeit, hochwertige Karten verschiedener Himmelskörper herzustellen.

Die Software ist sowohl unter *Microsoft Windows* als auch unter *Linux* Betriebssystemen lauffähig.

**Summary:** The cartographic software system “*Planetary Image Mapper*” (*PIMap*). *PIMap* is a software system for the automatic generation of planetary image maps. The software was developed since 2001 at the *Technical University of Berlin* as part of the experiment *High Resolution Stereo Camera (HRSC) on Mars Express Orbiter*; it is now in use within the *HRSC Co-Investigator Team*.

Based on image data (orthoimage mosaics), Digital Terrain Models as well as additional information, e. g. on existing nomenclature, with *PIMap* digital map products can be generated. Flexible cartographic design is provided by means of the comprehensive and detailed program control. Different coordinate systems on custom defined reference bodies as well as many commonly used map projections are supported. The characteristics of planetary cartography – even beyond Mars – are considered and integrated. Therefore, *PIMap* provides the possibility to generate high quality maps of different celestial bodies.

The software is executable under both *Microsoft Windows* and *Linux* environments.

---

### 1 Einleitung

Das kartographische Softwarepaket *Planetary Image Mapper* (PIMap) dient zur Herstellung von planetaren topographischen Karten. Diese basieren in der Regel auf Bilddaten, ergänzt durch die Geländedarstellung in Form von Höhenlinien und Beschriftungen von Oberflächenformen. Sämtliche Raster- und Vektordaten eines Kartenblatts werden in PIMap generiert und „in einem

Schritt“ integriert. Insbesondere diese Automatisierung stellt einen wesentlichen Fortschritt in der planetaren Kartographie dar (ALBERTZ et al. 2004).

Die Software wurde konzipiert, um innerhalb der *Mars Express* Mission aus den photogrammetrisch prozessierten HRSC-Bilddaten (SCHOLTEN et al. 2005) die Blätter der *Topographic Image Map Mars 1:200 000* (LEHMANN et al. 2005) weitgehend automatisch generieren zu können. Auf Grund sei-

nes in den Abschnitten 2 und 3 erläuterten Funktionsumfangs ist PIMap allgemein für die Produktion topographischer Karten einsetzbar. So kann es außer für den Mars auch für andere Himmelskörper – z. B. für Satellitenbildkarten der Erde – angewendet werden.

Für die thematische Kartographie dient PIMap zur Erstellung digitaler Basiskarten. Auf dieser Grundlage werden interaktiv thematische Informationen abgeleitet und kartographisch ausgearbeitet.

Das Softwarepaket PIMap wird seit Ende 2001 an der Technischen Universität Berlin in der Programmiersprache ANSI C++ entwickelt; es ist unter den Betriebssystemen *Microsoft Windows* und *Linux* lauffähig. Dies ermöglicht – neben der Kartenproduktion an der TU Berlin – den breiten Einsatz innerhalb des *HRSC Co-Investigator Teams*. Nähere Informationen zu topographischen und thematischen Karten der Mars-Oberfläche, wie sie unter Verwendung von PIMap angefertigt werden, geben der Abschnitt 4 im Überblick sowie LEHMANN et al. (2005) detailliert.

## 2 Funktionsumfang und Steuerung von PIMap

Im Mittelpunkt der Software PIMap steht die Steuerdatei, in der sämtliche für den Programmablauf benötigte Parameter anzugeben sowie Eigenschaften, Form und Inhalte des zu erstellenden Kartenblatts festzulegen sind. Analog zu *Microsoft Windows* Konfigurationseinstellungen (\*.ini) ist diese Datei aus einzelnen Sektionen aufgebaut, in denen an Hand von Schlüsselwörtern die einzelnen Elemente eines Kartenblattes definiert sowie allgemeine Einstellungen vorgenommen werden.

Abhängig vom gewünschten Karteninhalt (Abschnitt 3) müssen weitere Eingangsdateien zur Verfügung stehen. Zusammenfassend können zur Kartenerstellung die folgenden Daten verarbeitet werden:

- Steuerdatei (obligatorisch)
- Orthobildmosaik
- Digitales Geländemodell (DGM)

- Topographisches Namensgut
- Landeplätze von Missionen
- Kartenwerks-Definitionen

Ausgehend von diesen Eingabedaten werden in PIMap die entsprechenden Inhalte generiert und in das Kartenblatt eingepasst. Ergebnis ist eine PDF-Datei, welche sämtliche Vektor- und Rasterdaten dieses Blattes enthält (Abb. 1). Von besonderer Bedeutung ist die nachträgliche Editierbarkeit der einzelnen Objekte, so dass die automatisch generierte Karte mit kommerzieller Software (z. B. *Adobe Illustrator*) kontrolliert und falls nötig weiter bearbeitet werden kann.

PIMap ermöglicht die kartographische Abbildung von ein- und zweiachsigen Bezugskörpern (Rotationsellipsoiden). Eingangskordinaten können dabei planetozentrische oder planetographische ellipsoidische Breiten und östlich oder westlich positive Längen in beliebiger Kombination sein. Neben den üblichen Zylinder-, Kegel- und Azimutalprojektionen ist die Sinusoidalprojektion als Grundlage der *Topographic Image Map Mars 1:200 000* (LEHMANN et al. 2005) integriert. Unabdingbar ist weiterhin die Anwendbarkeit vereinfachter Projektionsvorschriften (sphärische Formeln unter Benutzung ellipsoidischer Brei-

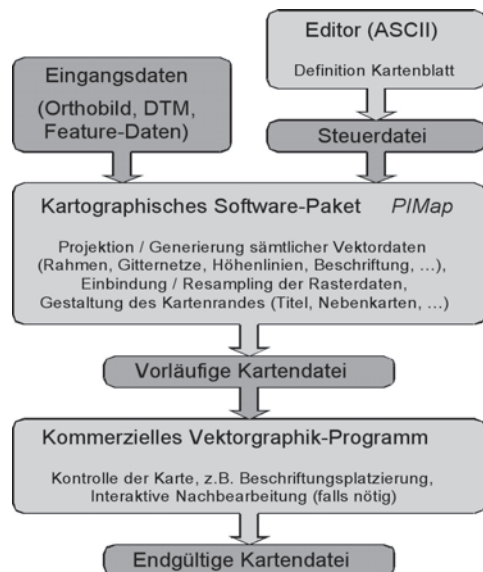


Abb. 1: PIMap Datenfluss-Schema.

ten, z. B. *Simple Cylindrical*), die in der planetaren Kartographie vor allem zur Vorhaltung digitaler Bilddaten (*Database Projections*) verwendet werden – vgl. ALBERTZ et al. (2004).

### 3 Automatische Generierung der einzelnen Kartenbestandteile

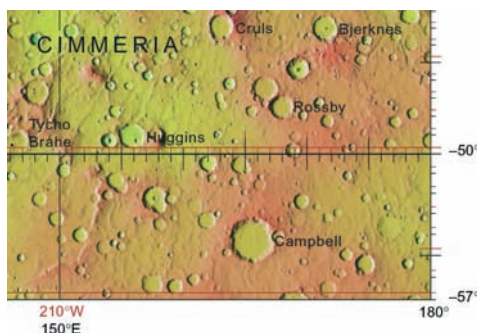
Im Folgenden ist für die wesentlichen Inhalte einer topographischen Bildkarte beschrieben, wie und auf welcher Datengrundlage diese in PIMap generiert werden. Die Abb. 2 und 4 zeigen Kartenbeispiele, die entweder mit PIMap produziert wurden bzw. prinzipiell herstellbar sind.

#### 3.1 Kartenfeld und Gitternetze

Mit PIMap lassen sich Gradabteilungskarten, wie sie in der Planetenkartographie gebräuchlich sind (vgl. GREYLEY & BATSON 1990), in beliebiger Lage und Größe erstellen. Durch die Festlegungen der Länge und Breite des Blattzentrums, der Blattausdehnungen und des Kartenmaßstabs wird das Kartenfeld eindeutig bestimmt. Sowohl die Kartenfeldrandlinie (Blattschnitt) als auch die dargestellten Gitternetze können auf beliebigen Kombinationen der ellipsoidischen Breiten- und Längensysteme basieren.

PIMap bietet die Möglichkeit, theoretisch beliebig viele Gitternetze mit ihren Darstellungseigenschaften zu definieren. Dies erlaubt die Integration verschiedener Koordinatensysteme in ein Kartenblatt, wie in Abb. 2 gezeigt. Hier handelt es sich um eine vom *United States Geological Survey* (USGS) herausgegebene Mars-Karte, in der neben dem Standardsystem planetozentrischer Breiten und östlich positiver Längen auch planetographische Breiten und westlich positive Längen dargestellt sind. Diese Karte kann gleichermaßen mit PIMap generiert werden (vgl. auch Abb. 4).

Über mehrere geeignete Gitternetz-Definitionen lässt sich weiterhin ein- und dasselbe Koordinatensystem differenziert repräsentieren – z. B. durch ein grobmaschiges Raster von Gitterlinien, ergänzt durch enger gestaffelte Gitterkreuze und/oder Randstri-



**Abb. 2:** Verkleinerter Ausschnitt der „Topographic Map of Mars, M 25M RKN“ (USGS, 2005).

che; analog ist auch die Beschriftung selektiv steuerbar (vgl. Abb. 2). Auf diese Weise wird vermieden, dass Netzlinsen das Kartenfeld dominieren. Zugleich erleichtern aber Gitterkreuze die Orientierung und das Abgreifen von Koordinaten.

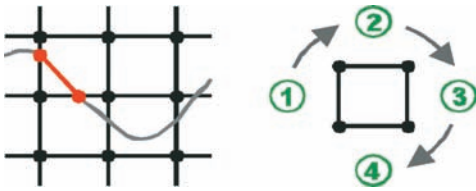
#### 3.2 Einpassen der Bilddaten

Die Bildgrundlage einer Karte wird in PIMap aus einem Orthophotomosaik als Ergebnis einer photogrammetrischen Prozessierung (z. B. SCHOLTEN et al. 2005) erstellt. Diese Daten können entweder in den gebräuchlichen Formaten *TIFF*, *JPEG*, etc. oder auch in *VICAR* (MIPL 2005), in der Regel mit 8 Bit Farbtiefe für jeden RGB-Kanal, gegeben sein. Während letzteres die Georeferenzierung beinhaltet, muss ergänzend zu den anderen Bildformaten eine separate ASCII-Datei vorliegen, welche das entsprechende *VICAR*-Label enthält.

Bei der Einpassung der Bilddaten werden Projektion und Maßstab dem Kartenfeld angepasst. So lassen sich beliebige Datensätze, die in ihrer Lage und Auflösung den Ansprüchen genügen, ohne vorherige Transformationen direkt in das zu erstellende Kartenblatt integrieren. Das notwendige Resampling kann entweder nach nächster Nachbarschaft oder bilinear erfolgen.

#### 3.3 Ableitung von Höhenlinien

Höhenlinien als Repräsentation der Geländeoberfläche werden in PIMap aus einem



**Abb. 3:** Ableitung von Höhenlinien. Links: Linienerlauf als Punktepaare in DGM-Maschen. Rechts: Punktbestimmung innerhalb einer Masche.

gegebenen Digitalen Geländemodell (DGM) abgeleitet. Das DGM kann – ähnlich wie die Bilddaten (Abschnitt 3.2) – im VICAR-Format oder als RAW-Datei mit separatem ASCII-Label, üblicherweise mit 16 Bit pro Rasterpunkt, vorliegen (vgl. GWINNER et al. 2005). Während die Lage der berechneten Höhenlinien automatisch den Projektionsparametern des Kartenblatts angepasst wird, ist das Höhenbezugs-system durch das DGM vorgegeben.

Für die Ableitung der Höhenlinien werden im gegebenen quadratischen DGM-Raster Punkte identischer Höhen (in benutzerdefinierten Höhenleveln) berechnet. Dies erfolgt maschenweise im Uhrzeigersinn, so dass innerhalb der betreffenden Maschen Linienabschnitte als Punktepaare (Ein- und Austritt der Linie) vorliegen. An Hand der Topologie der Maschen werden aus diesen Punktepaaren schließlich zusammenhängende Höhenlinien gebildet (Abb. 3).

Für die automatische Beschriftung wird die betreffende Höhenlinie in Abhängigkeit von der Schriftbreite unterbrochen und die Höhenlinienzahl in Linierrichtung platziert. Die Schrift lässt sich dabei wahlweise nach Lesbarkeit von unten/rechts oder in Anlehnung an deutsche Zeichenvorschriften mit dem Fuß talwärts ausrichten. Die dazu erforderliche Richtung des Gefälles (orthogonal zur Höhenlinie) wird bei der Punktepaarberechnung mitbestimmt. Damit können dann auch kurze, unbeschriftete Höhenlinien in Kesselformen identifiziert und zur eindeutigen Kennung mit einem Kesselpfeil versehen werden (Abb. 4).

Bei der Gestaltung des Höhenlinienbildes bietet PIMap die Möglichkeit, verschiedene

Äquidistanzen mit ihren Geltungsbereichen, Linien- und Schrifteigenschaften festzulegen, so dass Zähllinien, Haupt- und Hilfhöhenlinien unterschieden werden können. Durch die Beschränkung auf bestimmte Höhengstufen lassen sich z. B. steile Kraterwände und tiefer gelegene, vergleichsweise ebene Kraterböden mit entsprechend angepassten, unterschiedlichen Äquidistanzen darstellen, um so ein kartographisch ansprechendes Höhenlinienbild zu generieren.

Die Qualität der in PIMap abgeleiteten Höhenlinien ist direkt vom gegebenen DGM abhängig. Eventuell auftretende Ungenauigkeiten müssen nachträglich korrigiert oder betroffene Linienabschnitte interaktiv ausgespart werden.

### 3.4 Topographische Namen

Benannte planetare Oberflächenformen (Features) können mit PIMap automatisch beschriftet werden. Einen umfassenden Datensatz der topographischen Namen auf allen Himmelskörpern stellt das USGS (2005) innerhalb des *Gazetteer of Planetary Nomenclature* bereit; hier sind für jedes Feature (Krater, Tal usw.) neben seinem Namen das Zentrum sowie die Ausdehnung in Länge und Breite, die Größe (Durchmesser) und der jeweilige Featuretyp gegeben. An Hand dieser Daten wird ermittelt, ob ein Feature in dem zu erstellenden Kartenblatt liegt bzw. teilweise in dasselbe hineinreicht und gegebenenfalls die Beschriftung platziert. Dabei erlaubt PIMap individuelle Schriftdefinitionen in Abhängigkeit von Featuretyp und -größe. Oberflächenformen unterhalb bestimmter Mindestgrößen (z. B. in globalen Karten) oder einzelne Typen (üblicherweise Albedo-Features) können so auch unbeschriftet bleiben.

Bei der Betrachtung der relativ grob spezifizierten Lagedaten (siehe oben) wird deutlich, dass insbesondere sehr große und gestreckte Oberflächenformen wie Täler evtl. an der falschen Position beschriftet werden – zum Teil auch, obwohl sie gar nicht im bearbeiteten Kartenblatt liegen. Weiterhin sollten Beschriftungen keine relevanten

Bildinhalte verdecken und beispielsweise Talverläufen folgen (vgl. Abb. 4). Beides kann nur aus den gegebenen Daten nicht realisiert werden und bedarf einer interaktiven Nachbearbeitung, insbesondere auch unter Berücksichtigung der zu Grunde liegenden Bilddaten. Dabei können Beschriftungen dem jeweiligen Objektverlauf angepasst werden (vgl. Abb. 4).

Analog zu den Oberflächenformen können Landeplätze von Mond- bzw. Mars-Missionen automatisch beschriftet und mit einer Signatur versehen.

### 3.5 Kartentitel und Blattbezeichnung

Kartengattung (Titel des Kartenwerks), Blattname und -bezeichnung werden in PIMap nach den Benutzervorgaben platziert.

Die Bezeichnung planetarer Kartenblätter besteht aus den *Sheet Designator Terms* nach GREYLEY & BATSON (1990), d. h. Kodierungen des Himmelskörpers, des Kartenmaßstabs, der Breite und Länge des Blattzentrums sowie des Kartentyps; diese werden automatisch generiert und zusammengestellt. Topographische (T) Karten auf der Basis eines farbigen (K) Orthophotomosaiks (OM), wie sie mit PIMap generiert werden können, haben beispielsweise die Typenkodierung *OMKT* (Abb. 4).

Der Blattname von Rahmenkarten kann automatisch der Definition des Kartenwerks (ASCII-Datei) entnommen werden.

### 3.6 Gestaltung des Kartenrandes

Innerhalb des Kartenrandes können mit PIMap verschiedene Legenden-Blöcke generiert werden, die Informationen über die Projektionsparameter und dargestellten Koordinatensysteme, den Kartenmaßstab sowie über die Eigenschaften der zu Grunde liegenden Bild- und DGM-Daten geben.

An Hand der das Kartenwerk definierenden ASCII-Datei kann automatisch eine Blattübersicht erstellt werden, welche die Hauptkarte im Kontext ihrer Nachbarblätter zeigt. Zusätzlich – z. B. für die globale Einordnung großmaßstäbiger Karten – ist die Lageangabe bezüglich eines übergeord-

neten Kartenwerks zweckmäßig; sie wird aus einer entsprechenden Kartenwerksdefinition abgeleitet.

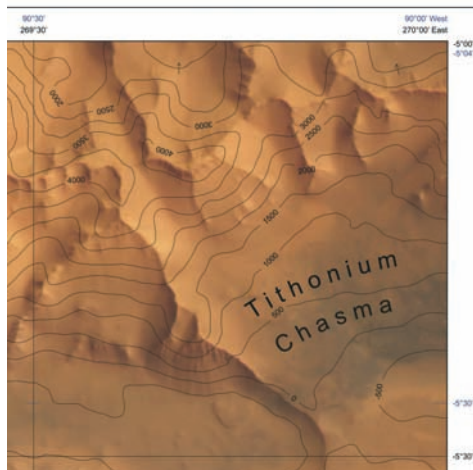
## 4 PIMap in der Mars-Kartographie

In Vorbereitung auf den operationellen Einsatz innerhalb der *Mars Express* Datenauswertung wurde das Softwarepaket PIMap bereits für die Anfertigung verschiedener exemplarischer Kartenblätter auf der Basis von Bilddaten älterer Missionen getestet (vgl. GEHRKE et al. 2003).

Seit 2004, mit der Aufnahme und systematischen Prozessierung der ersten HRSC-Bilddaten (SCHOLTEN et al. 2005), werden an der TU Berlin und im *HRSC Co-Investigator Team* topographische Bildkarten ausgewählter Regionen produziert (LEHMANN et al. 2005). Abb. 4 zeigt einen Ausschnitt aus einem mit PIMap erstellten Blatt der *Topographic Image Map Mars 1:200 000*.

Die in PIMap generierten topographischen Bildkarten sind Grundlage für thematische Interpretationen und damit auch für thematische Karten (LEHMANN et al. 2005).

### M 200k 6.00S/269.00E OMKT



**Abb. 4:** Topographic Image Map Mars 1:200 000 – M 200k 6.00N/269.00E OMKT – Tithonium Chasma Region, verkleinerter Ausschnitt.

## 5 Fazit und Ausblick

Mit PIMap liegt ein kartographisches Softwarepaket vor, das sämtliche Inhalte einer planetaren topographischen Bildkarte erstmals gemeinsam automatisch generiert und/oder in das Blatt einpasst. Ergebnis ist eine digitale Karte, die – mit wenigen interaktiven Abschlussarbeiten – ein qualitativ hochwertiges Produkt darstellt. Der operationelle Einsatz bei der Kartenherstellung innerhalb der Mars Express Mission unterstreicht die Leistungsfähigkeit von PIMap. Dass das System prinzipiell für alle Planeten und Monde eingesetzt werden kann, hat sich bereits bei der Herstellung einzelner Karten von Saturn-Monden in Vorbereitung auf die Mission *Cassini* gezeigt.

Erweiterungen der Software sind insbesondere für die Anwendung in der thematischen Kartographie geplant. Während die notwendigen topographischen Basiskarten bereits mit PIMap generiert werden, ist die Einbringung der sehr individuellen thematischen Informationen nur bedingt automatisierbar. Beispielsweise ließen sich aber beliebige lagebezogene Punkt- oder Vektordaten ähnlich der Platzierung topographischer Namen automatisch in ein Kartenblatt integrieren.

## Danksagung

Das Softwarepaket PIMap wurde im Rahmen des Vorhabens *High Resolution Stereo Camera (HRSC) on Mars Express Orbiter* entwickelt. Das Projekt wird durch das *Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt* aus Mitteln des *Bundesministeriums für Bildung und Forschung* gefördert.

## Literatur

ALBERTZ, J., GEHRKE, S., LEHMANN, H. et al., 2004: Digital Cartography with HRSC on Mars Express. – *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing XXXV (B4)*: 869–874.

GEHRKE, S., LEHMANN, H., SCHUMACHER, T., ALBERTZ, J. & WÄHLISCH, M., 2003: Cartography with HRSC on Mars Express: A Specimen Sheet for the New Series "Topographic Image Map Mars 1:200,000". – *ISPRS WG IV/9 Extraterrestrial Mapping Workshop – Advances in Planetary Mapping*, Houston.

GREYLEY, R. & BATSON, R. M., 1990: *Planetary Mapping*. – Cambridge University Press, Cambridge.

GWINNER, K. et al., 2005: Hochauflösende Digitale Geländemodelle auf der Grundlage von Mars Express HRSC-Daten. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* **2005** (5): 387–394.

LEHMANN, H. et al., 2005: Großmaßstäbige topographische und thematische Mars-Karten. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* **2005** (5): 423–428.

MIPL, 2005: *Multimission Image Processing Laboratory: The VICAR Image Processing System*. – [www.mipl.jpl.nasa.gov](http://www.mipl.jpl.nasa.gov) (27.05. 2005).

SCHOLTEN, F. et al., 2005: Von Rohdaten aus dem Mars Express Orbit zu digitalen Geländemodellen und Orthobildern – Operationelle Verarbeitung von HRSC-Daten. – *Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation* **2005** (5): 365–372.

USGS, 2005: *Astrogeology Research Program: Data & Information*. – [astrogeology.usgs.gov](http://astrogeology.usgs.gov) (27.05. 2005).

Anschriften der Autoren:

Dipl.-Ing. STEPHAN GEHRKE  
Technische Universität Berlin, Institut für Geodäsie und Geoinformationstechnik, Sekr. H 12,  
Straße des 17. Juni 135, D-10623 Berlin  
e-mail: [stephan@fpk.tu-berlin.de](mailto:stephan@fpk.tu-berlin.de)

Prof. Dr. GERHARD NEUKUM  
Freie Universität Berlin, Institut für Geologische Wissenschaften/Planetologie  
Malteserstr. 74–100, D-12249 Berlin  
e-mail: [gneukum@zedat.fu-berlin.de](mailto:gneukum@zedat.fu-berlin.de)

Manuskript eingereicht: Juni 2005  
Angenommen: Juli 2005