

Multitemporale und großformatige Echt-3D-Hartkopien der Marsoberfläche

MANFRED BUCHROITHNER, THOMAS GRÜNDEMANN & KLAUS HABERMANN, Dresden;
GERHARD NEUKUM und das HRSC Co-Investigator Team

Keywords: cartography, true-3D-visualization, lenticular, stereo vision, multitemporal, Mars Express, High Resolution Stereo Camera (HRSC)

Zusammenfassung: Die Visualisierung von Geodaten, auch extraterrestrischer Objekte, spielt eine immer größere Rolle. Bisherige Ausgabeformen (Hartkopien) beschränkten sich aber zumeist auf statische, zweidimensionale oder pseudodreidimensionale Darstellungen.

Mittels der verschiedenen Effekte der Lentikular-technik ist es möglich, auch Wechselbildeffekte, kurze Animationen oder Echt-3D-Darstellungen auf Hartkopie-Basis zu visualisieren. Ein Vorteil dieser Technik ist zudem, dass zur Wahrnehmung der verschiedenen Effekte keinerlei zusätzliche Betrachtungshilfen notwendig sind.

Im vorliegenden Artikel werden die darstellbaren Effekte beschrieben und anhand von drei Anwendungsbeispielen anschaulich erläutert.

Summary: *Multitemporal and large-format true 3D hard copies of the Martian surface.* The visualisation of geodata, also of extra-terrestrial objects, gains increasing importance. Until present, hard-copy displays were confined to mostly static, two-dimensional or pseudo-three-dimensional depictions.

The various effects offered by lenticular technology allow to generate flip-image effects, short animations or true-3D displays in the form of hardcopies. One big advantage of this technology is that these effects can be viewed with unaided eyes.

The paper describes the presentable effects which are demonstrated by means of three display examples of the Mars surface.

1 Möglichkeiten des Lentikularverfahrens

Die Lentikular-technik ist ein Bildarstellungsverfahren zur Erzeugung von Mehrbildeffekten, wie zum Beispiel 3D-Darstellungen oder Animationen. Um diese Effekte ohne zusätzliche Hilfsmittel für den Betrachter (Brillen oder andere Geräte zur Bildtrennung) zu erzielen, befindet sich über der verschachtelten Bildinformation (bestehend aus mehreren Einzelbildern) eine so genannte Lentikularfolie aus parallel angeordneten Halbzylinderlinsen. Grundlegende Informationen zum Lentikularverfahren sind bei GRÜNDEMANN (2004/1), BUCHROITHNER et al. (2005) zu finden.

Eine große Stärke der Lentikular-technik ist ihre Vielseitigkeit an darstellbaren Effekten. Diese können in drei Hauptkategorien eingeteilt werden: 2D-, 3D- und Kombina-

Tab. 1: Effekte von Lentikular-Displays [verändert nach Micro Lens 2004].

2D-Effekte	3D-Effekte	Kombinations-Effekte
<ul style="list-style-type: none">• Flip-Effekt• Veränderungseffekt (Morphing)• Zoom-Effekt• Animations-effekt	<ul style="list-style-type: none">• Echt-3D	<ul style="list-style-type: none">• alle Kombinationen von 2D- und 3D-Effekten

tions-Effekte. Jede Hauptkategorie beinhaltet spezielle Effekte (Tab. 1).

Bei Displays mit 2D-Effekt verlaufen die halbzyklindrischen Linsen zumeist in horizontaler Richtung. Dadurch wird erreicht, dass beiden Augen des Betrachters die gleiche Bildinformation zugeführt wird. Durch das Kippen des Lentikulardisplays ändert sich aber der Bildinhalt.

Bei Lentikulardisplays mit 3D-Effekt sind die halbzyklindrischen Linsen dagegen zwingend vertikal angeordnet. Dies bewirkt, dass die Augen des Betrachters unterschiedliche Bilder desselben Objekts wahrnehmen.

Zusätzlich können die Displays als Reflektions- (Aufsicht/Auflicht) oder Transmissionsdisplays (Durchsicht/Durchleuchtung) hergestellt werden. Im Folgenden sollen nun die verschiedenen Effekte von Lentikulardisplays näher beschrieben werden.

Flip-Effekt: Lentikulardisplays mit Flip-Effekt stellen die einfachste Form dieser Art von Displays dar. Sie enthalten lediglich 2 Teilbilder mit beliebig wählbarem Inhalt. Der Betrachter nimmt, je nachdem in welche Richtung er das Display kippt, nur eines dieser beiden Teilbilder wahr.

Veränderungseffekt (Morphing): Der Veränderungseffekt ist eine komplexere Wiedergabe- bzw. Darstellungsform des einfachen Flip-Effekts. Er stellt eine schrittweise Veränderung von einem Ausgangszustand zu einem Endzustand dar. Neben zwei Teilbildern mit beliebig wählbarem Inhalt, die den Ausgangs- bzw. den Endzustand wiedergeben, werden zusätzlich noch Zwischenbilder verwendet, die den progressiven Übergang beinhalten.

Zoom-Effekt: Mit dem Zoom-Effekt lässt sich ein bestimmter Bereich einer dargestellten Szene vergrößern. Hierfür werden neben dem Ausgangsbild noch weitere Bilder verwendet, welche die schrittweise Vergrößerung beinhalten.

Animationseffekt: Zeitliche und räumliche Veränderungen eines Objekts lassen sich durch den Animationseffekt darstellen. Der-

artige Displays verwenden meist die höchste Anzahl ineinander verschachtelter Teilbilder gegenüber allen anderen Effekten. Die hohe Anzahl ist für die Darstellung eines fließenden Bewegungsablaufs notwendig.

Echt-3D-Effekt: 3D-Lentikulardisplays lassen Objekte räumlich erscheinen. Zu diesem Zweck werden mehrere inhaltsgleiche, aber perspektiv verschiedene Teilbilder verwendet. Der räumliche Eindruck wird dadurch erreicht, dass den Augen des Betrachters durch die Lentikularfolie unterschiedliche Teilbilder zugeführt werden.

Eine Kombination von 2D- und 3D-Effekten ist ebenfalls möglich. Hierbei sind die Halbzyklindrischen Linsen vertikal angeordnet, um den Tiefeneindruck zu erzielen. Gleichzeitig werden durch eine Drehung des Displays nach links oder rechts verschiedene Inhalte sichtbar. So lassen sich z. B. erläuternde Schriftelemente auch über dem Relief „schwebend“ ein- und ausblenden oder zeitliche Veränderungen in der Reliefstruktur räumlich visualisieren. Die Anzahl verschiedener Szenarien ist jedoch aufgrund der begrenzten Größe des Betrachtungswinkels der Halbzyklindrischen Linsen zumeist auf 2 bis 3 Szenarien beschränkt. Sollen mehr als 3 Szenarien erstellt werden, so muss in den meisten Fällen auf den 3D-Eindruck verzichtet werden.

2 Anwendungsbeispiele

Für die geowissenschaftliche Visualisierung dreidimensionaler und/oder multitemporaler Daten bietet das Lentikularverfahren exzellente Voraussetzungen. Die große Anzahl an darstellbaren Effekten kann dabei helfen, das raumbezogene Verständnis für Abläufe auf der Erde und anderen Planeten aufzubringen und deren Analyse zu erleichtern. Anhand von bereits hergestellten und derzeit in Produktion befindlichen Lentikulardisplays sollen die Darstellungsmöglichkeiten und das Anwendungspotential des Verfahrens aufgezeigt werden.

2.1 2D-Animationsdisplay „Mars-Packeis in der Elysium-Ebene“

Die großen, plattenförmigen Strukturen in der Elysium-Ebene auf dem Mars, die als Packeis-Schollen interpretiert werden, bieten eine ideale Voraussetzung zur Rekonstruktion und Darstellung der Bewegungsabläufe auf dem Mars vor rund fünf Millionen Jahren. Ein derartiges Animationsdis-

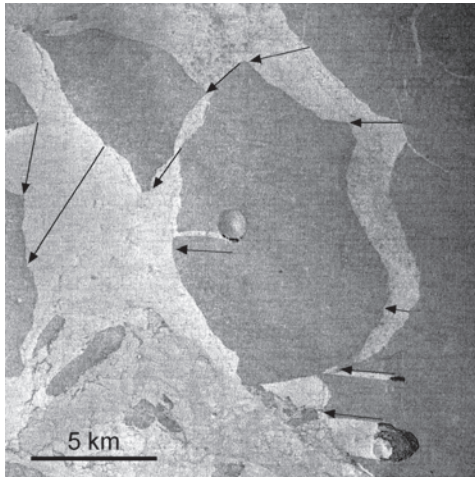


Abb. 1: Elysium-Ebene mit Bewegungsvektoren der Packeis-Schollen.



Abb. 2: Angenommener Ausgangszustand der Packeis-Schollen unmittelbar nach dem Zerbrechen.

play könnte den Verlauf vom Auseinanderbrechen und Wegdriften der Schollen bis zur Rotation in die heutige Position visualisieren. Die gesamte Eisfläche erstreckt sich auf $800 \text{ km} \times 900 \text{ km}$. Abb. 1 zeigt einen rund $18 \text{ km} \times 18 \text{ km}$ großen Ausschnitt, der am 19. Januar 2004 (Orbit 32) von der HRSC-Kamera (an Bord von Mars Express der ESA) aufgenommenen Elysium-Ebene mit den eingezeichneten Bewegungsvektoren der Packeis-Schollen. Abb. 2 stellt einen angenommenen Ausgangszustand unmittelbar nach dem Zerbrechen der „Urplatte“ dar. Mit mindestens 5 Zwischenbildern lässt sich ein hinreichend guter Ablauf vom Anfangs- bis zum Endzustand beschreiben.

2.2 Bitemporales Echt-3D-Display „Wind Related Features in Gusev Crater on Mars“

Die durch Wind (Dust Devils) beeinflusste Ebene des Gusev-Kraters weist eine Reihe sich verändernder Strukturen auf. Um deren direkte Vergleichbarkeit zu ermöglichen, wurden zwei verschiedene Szenen des Gebietes verwendet. Abb. 3 zeigt die Szene 1, aufgenommen am 26. September 2003 vom *Thermal Emission Imaging Spectrometer* (THEMIS) an Bord von Mars Odyssey der NASA. Das gleiche Gebiet wurde von der HRSC-Kamera am 16. Januar 2004 überflogen (Abb. 4). In dieser zweiten Szene lassen sich Veränderungen zwischen diesen beiden Aufnahmezeitpunkten finden, die durch Pfeile markiert sind. Durch die Überlagerung der beiden Szenen im Lentikulardisplay und die frei wählbare Geschwindigkeit der Bildvariation, lassen sich die unterschiedlichen Strukturen sehr leicht erkennen. Der zusätzliche 3D-Eindruck des Geländes erlaubt außerdem die Wahrnehmung der Topographie des Gebietes und kann einen eventuellen Einfluss des Reliefs auf die Veränderungen aufzeigen.

Bereits im Heft 1/2005 der Zeitschrift PFG erschien ein multitemporales Echt-3D-Lentikulardisplay. Es zeigt den großen Buddha von Bamiyan (Afghanistan) jeweils vor und nach der Zerstörung im März 2001. Eine ausführliche Beschreibung zu theoretischen

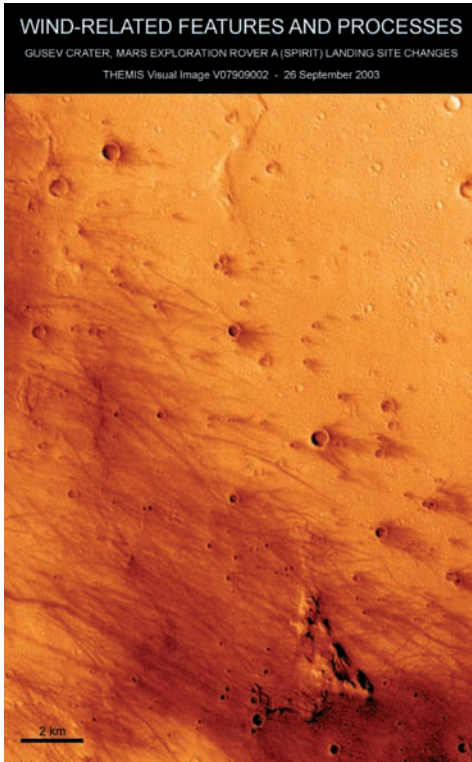


Abb. 3: Szene 1 des bitemporalen Echt-3D-Displays.

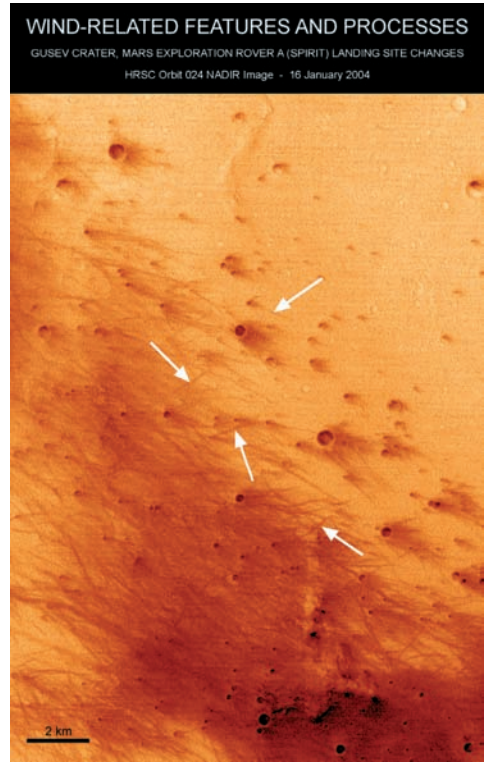


Abb. 4: Szene 2 des bitemporalen Echt-3D-Displays (Veränderungen sind durch Pfeile markiert).

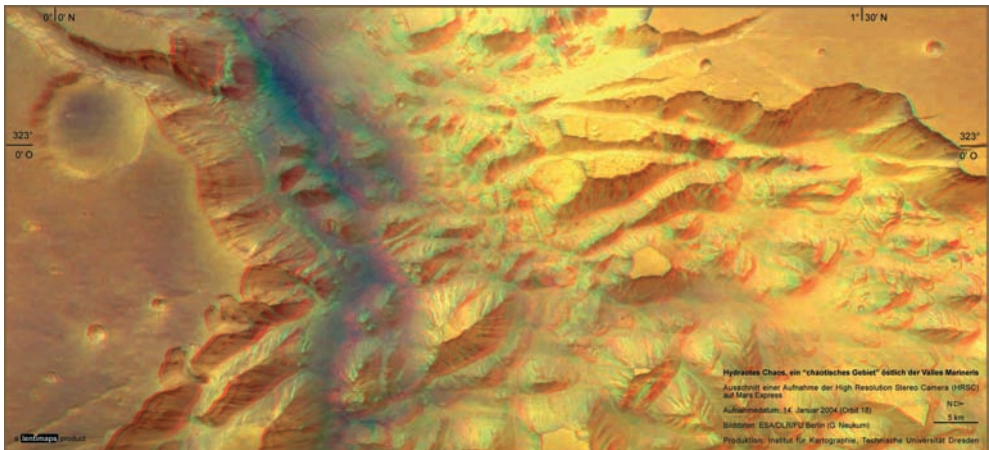


Abb. 5: Layout des Echt-3D-Lentikular displays „Hydrates Chaos“ (Anaglyphendarstellung).

schen Modellierungsaspekten bitemporaler Echt-3D-LentikularDisplays und zur Herstellung des „Buddha-Displays“ ist in BUCHROITHNER et al. (2004/1) und BUCHROITHNER et al. (2005) zu finden.

2.3 Großformatiges Echt-3D-Display „Hydraotes Chaos östlich der Valles Marineris, Mars“

Für Bildungs- und Repräsentationszwecke wurde eine Echt-3D-Wandkarte des mit Schluchten und Tafelbergen stark zerklüfteten Gebietes Hydraotes Chaos hergestellt. Das „chaotische Gelände“ mit relativen Höhen von ungefähr 3700 m befindet sich östlich der Valles Marineris und wurde von der HRSC-Kamera am 14. Januar 2004 (Orbit 18) aufgenommen. Die Kartengröße von 220 cm in Nord-Süd-Richtung (Breite) und 100 cm in Ost-West-Richtung (Höhe) bietet die Möglichkeit der gleichzeitigen, räumlichen Wahrnehmung durch mehrere Betrachter in einer Betrachtungsentfernung von ungefähr 2 bis 9 m.

Für diese Karte im Querformat und einem Maßstab von 1: 50 000 wurde eine Lentikularfolie mit einer Linsendichte von 20 Linsen/Inch und insgesamt 12 perspektiv verschiedene Teilbilder verwendet. Die gesamte Karte besteht aus zwei zusammengeführten Teilen, da kommerziell verfügbare Lentikularfolien nur bis zu einer Breite von 120 cm verfügbar sind. Zusätzliche Informationen in der unteren rechten (= nordöstlichen) Ecke der Karte wie z. B. die Beschreibung der Lage des Gebietes, Datenquellen und Hersteller, Maßstab und Nordpfeil „schweben“ über dem Relief. Angaben zu Breiten- und Längengraden sind am Rand mit ange-rissen.

3 Fazit

Der vorliegende Artikel gibt einen Überblick über die Anwendungsmöglichkeiten der multitemporalen und dreidimensionalen Visualisierung raumbezogener Daten mittels des Lentikularverfahrens. Der große Vorteil der Lentikulartechnik ist die Wahrnehmung verschiedener Informationen und

Inhalte aus einem Bild heraus. Zudem werden dafür keinerlei zusätzliche Hilfsmittel, wie z. B. Brillen zur Bildtrennung (Anaglyphenverfahren, stereoskopische Verfahren) oder eine spezielle Beleuchtung (Holographie) benötigt. Besonders bei Echt-3D-LentikularDisplays können so Höhenrelationen direkt aus dem Raumbild herausgelesen und interpretiert werden. Aber auch bei den 2D-Effekten bietet die Lentikulartechnik durch die Verschachtelung mehrerer Bilder eine einfache Möglichkeit zur Vergleichbarkeit sich zeitlich oder räumlich variierender Objekte und Vorgänge. Der Einsatz von LentikularDisplays ist daher hauptsächlich im Bildungs- und Wissenschaftsbereich zu sehen und dient ebenso zu Repräsentationszwecken. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass in Lentikulartechnik ein enormes Potenzial für zukünftige kartographische Anwendungen liegt.

Danksagung

Die meisten Arbeiten zu der in diesem Bericht dargestellten Technologie entstanden im Rahmen des wissenschaftlichen HRSC-Experimentes der Mission Mars Express. Die Finanzierung der Arbeiten erfolgte durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) über das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR); Projektnummer 50QM0101.

Besonderer Dank für die Bereitstellung ihrer Interpretationsergebnisse geht an Dr. JOHN MURRAY, der die Bewegungsvektoren zu den Packeis-Schollen lieferte, und an Prof. RONALD GREELEY, der die durch Wind veränderte Ebene im Gusev Crater untersucht hat. Dank sei auch allen weiteren fördernden Stellen und Personen ausgesprochen.

Literatur

- BAHR, A., 1991: Stereoskopie – Räume – Bilder – Bildräume. – Thales Themenheft Nr. 49; 47 S., Thales Verlag, Essen.
- BUCHROITHNER, M.F., GRÜNDEMANN, T. & HABERMANN, K., 2004/1: Theoretical Modelling Aspects of Bitemporal True-3D Hardcopy Pro-

- duction. – Gedenkband zum 60. Geburtstag von Prof. Dr. Armin Grün, ETH Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie: 33–38.
- BUCHROITHNER, M.F., HABERMANN, K. & GRÜNDEMANN, T., 2004/2: Theoretische Aspekte der Modellierung von Echt-3D-Darstellungen. – Kartographische Bausteine **26**: 62–74, TU Dresden.
- BUCHROITHNER, M.F., HABERMANN, K. & GRÜNDEMANN, T., 2005: Modeling of Three-Dimensional Geodata Sets for True-3D Lenticular Foil Displays. – Photogrammetrie – Fernerkundung – Geoinformation **2005** (1): 47–56.
- GRÜNDEMANN, T., 2004/1: Grundlagenuntersuchungen zur kartographischen Echt-3D-Visualisierung mittels des 3D-Lentikularverfahrens. – 45 S., Studienarbeit, TU Dresden.
- GRÜNDEMANN, T., 2004/2: Herstellung einer Echt-3D-Hochgebirgskarte auf der Basis des Lentikularverfahrens. – 88 S., Diplomarbeit, TU Dresden.
- Micro Lens Technology, Inc., 2004: Choosing the Right Lenticular Lens. – <http://www.micro-lens.com>.
- OKOSHI, T., 1976: Three-Dimensional Imaging Techniques. – 403 S., New York Academic Press.
- Anschriften der Verfasser:
- Prof. Dr. MANFRED F. BUCHROITHNER
Manfred.Buchroithner@mailbox.tu-dresden.de
Dipl.-Ing. THOMAS GRÜNDEMANN
Thomas.Gruendemann@mailbox.tu-dresden.de
Dipl.-Ing. KLAUS HABERMANN:
Klaus.Habermann@mailbox.tu-dresden.de
Technische Universität Dresden (TUD)
Institut für Kartographie
Helmholtzstr. 10, D-01069 Dresden
- Prof. Dr. GERHARD NEUKUM
Freie Universität Berlin, Institut für Geologische
Wissenschaften/Planetologie
Maltesserstraße 74–100, D-12249 Berlin
e-mail: gneukum@zedat.fu-berlin.de
- Manuskript eingereicht: Juni 2005
Angenommen: Juli 2005