

Jenseits des "Mondgesichts". Erkundungen mit Satellitenbildern

In Bezug zum Beitrag „Ein Vulkankrater auf Merkur“ in der Zeitschrift „Sterne und Weltraum“ 6/2013, (Blick in die Forschung)

Inga Gryl

[Satellitenbilder](#) geben aufschlussreiche Einblicke in die gegenwärtigen und vergangenen physischen Bedingungen auf den [Oberflächen](#) von Planeten und Monden unseres Sonnensystems. Dieser Beitrag soll die zu einer bewussten, hinterfragenden und fachlich informierten Deutung der Bilder notwendigen [Kompetenzen](#) fördern, unter anderem mit der Methode ‚[Bilder befragen](#)‘.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Planeten Kleinkörper	Steinplaneten, Planetengeologie Monde
Fächer- verknüpfung	Astro-Geographie Astro-Kunst	Oberflächenformen, Geologie, Geomorphologie, Tektonik, Impakte, Hydrologie, Glaziologie Bildanalyse, Bildbetrachtung
Lehre allgemein	Kompetenzen Unterrichtsmittel Lehr- und Sozialformen Lernpsychologie Kategorien des didaktischen Materials	Fachwissen, Medienkompetenz (Bildkompetenz) Bilder Kleingruppenarbeit (auch möglich: Einzelarbeit, Partnerarbeit) Multiple Verarbeitungskanäle (dual coding), Hypothesenbilden, Schlussfolgern Astrobilder lesen lernen (Bilder befragen, Bilder zuordnen, Bilder einbetten und weiterdenken, Bilder veranschaulichen)

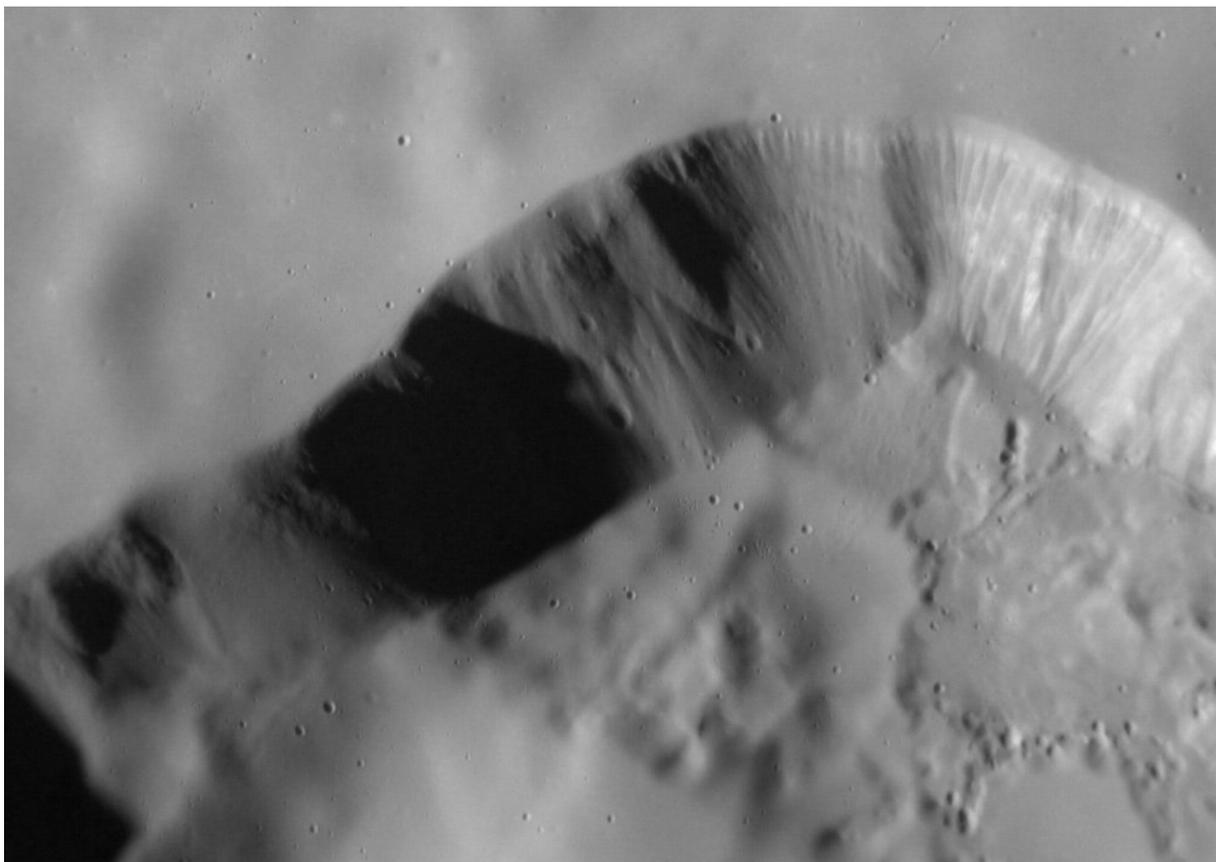


Abbildung 1: Rand eines Vulkankraters auf Merkur, erkennbar am Auswurfmaterial, das einen partiell unscharfen Eindruck hinterlässt. Credit: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington, [public domain](https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16901). <https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16901>.

[zurück zum Anfang](#)

Einsichten und Erkenntnisse durch Satellitenbilder

Strukturen auf den Oberflächen anderer Himmelskörper bleiben dem irdischen Amateurbeobachter, insbesondere bei Einsatz der Mittel der Schule, eher verschlossen – lässt man einmal den Mond in seiner Detailfülle und die verschwommenen Polkappen des Mars außen vor. Dennoch ist der Anblick von nichtirdischen Kratern, Eislandschaften und trockengefallenen Flusstälern alltäglich - dank der enormen medialen Präsenz entsprechender Fotografien, aufgenommen durch Großteleskope und Planetensatelliten. Insbesondere Vorbeiflugsonden wie Mariner (Mars, 1965), Lander wie Huygens (Titan, 2005) und Orbiter wie MESSENGER (Merkur, 2011-2013) wurden und werden mit großer Aufmerksamkeit verfolgt (NASA 2012).¹ Abgesehen von außer Frage stehenden ästhetischen Kategorien (die in der Öffentlichkeitsarbeit auch zur Akzeptanz der kostspieligen Missionen beitragen) sind diese Bilder natürlich in erster Linie Erkenntnisinstrumente, um das Wissen über jene Himmelskörper zu erweitern. Der große Fortschritt, vom bloßen Anblick hin zu aktueller Aufnahmetechnik, wird am Beispiel der Selenographie deutlich – von der Idee der ‚Meere‘, Maria (17. Jh.), hin zu detaillierten Erkenntnissen über Tektonik und Impakte. Auch im Alltag muss sich dank der Vielfalt öffentlich zugänglicher Astrobilder (und, zumindest im Hinblick auf den Mond, der Amateurtechnik zur Beobachtung) niemand mehr mit dem ‚Mondgesicht‘ begnügen.

Ein Fokus soll hier auf Bildern aus der Aufsicht oder Vogelperspektive liegen – denn sie bilden dank ihres Übersichtscharakters größere Zusammenhänge ab. Beim „Lesen“ stellen uns sie allerdings vor besondere Herausforderungen, da die dritte Dimension durch Vorstellungsbildung erschlossen werden muss. Ein amüsantes Beispiel ist weiterhin das ‚Marsgesicht‘ der Cydonia-Region, das deutlich macht, dass derartige Aufnahmen stets ein von den aktuellen Bedingungen (vor allem Lichteinfall) abhängiges Bild liefern (Abb. 2).

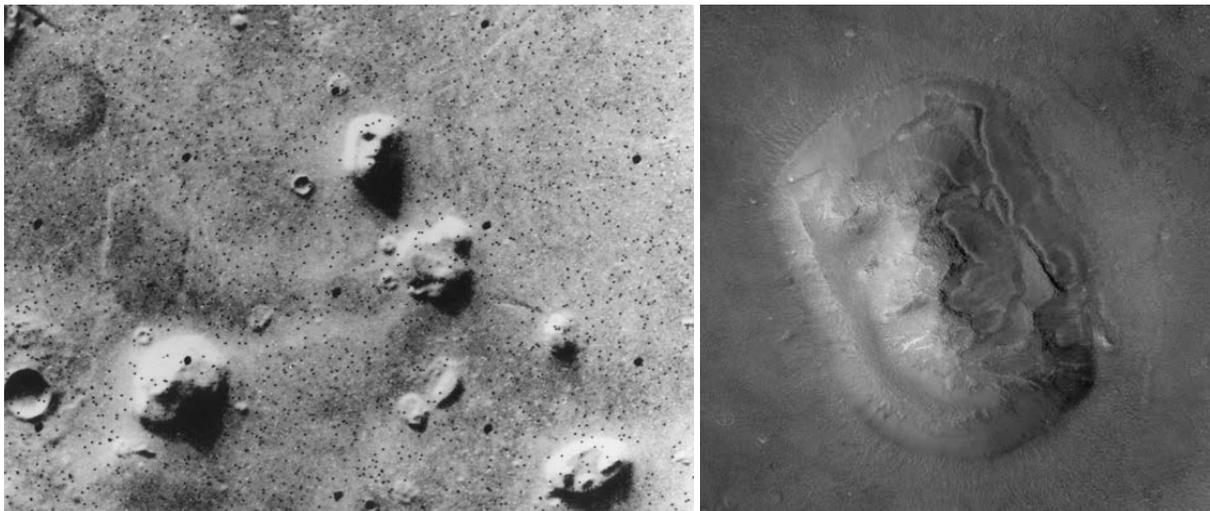


Abbildung 2: ‚Marsgesicht‘ in der ersten Aufnahme (Viking 1 1976), und als Tafelberg (Global Surveyor 2001).
Linkes Bild: Credit: NASA / JPL, [public domain](https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA01141). <https://www.jpl.nasa.gov/spaceimages/details.php?id=PIA01141>.
Rechtes Bild: Credit: NASA / JPL / Malin Space Science Systems, [public domain](https://mars.jpl.nasa.gov/mgs/msss/camera/images/moc_5_24_01/face/).
https://mars.jpl.nasa.gov/mgs/msss/camera/images/moc_5_24_01/face/.

Eine Animation dieses Phänomens² macht wiederum deutlich, dass auch dreidimensionale Daten erhoben werden, etwa durch die Stereokamera HRSC auf der Sonde Mars Express (2006). Die alltäglichen Pressefotos belassen es hingegen meist bei der Vogelperspektive oder Aufsicht – doch auch hier ist für jeden Betrachter eine Vorstellungsbildung und Erkenntnisgewinnung möglich, wenn dafür Kompetenzen des bewussten Bildbetrachtens geschult werden.

¹ Jahreszahlen entsprechen den Zeiten der Mission am Zielobjekt.

² FU Berlin, Arbeitsgruppe Neukum, 2006: <http://www.geoinf.fu-berlin.de/projekte/mars/releases/314/fullres/314-101006-3253-6-wmvsmall-Cydonia.wmv>

[zurück zum Anfang](#)

Formenschatz – geologische und geomorphologische Vielfalt

Das vorliegende Material fokussiert auf die Betrachtung von jenen Satellitenbildern, welche die ‚feste‘ Oberfläche von Monden und Gesteinsplaneten darstellen. Auf diese Weise wird ein Schwerpunkt auf geologische und geomorphologischen Formen gelegt, deren Vielfalt auf anderen Planeten und den Monden des Sonnensystems ebenso groß wie auf der Erde ist, nur, dass unter den anderen Umgebungsbedingungen weitere Variationen dieser Phänomene zu Tage treten.

Je nach Instrumenten und Aufnahmemodi werden manche Ausprägungen sichtbar und andere nicht. Aufnahmen, entstanden durch Radar (Reflexion von Radiowellen) durchdringen beispielsweise die Atmosphäre, während Aufnahmen im sichtbaren Bereich Wolkenbildung erkennbar werden lassen. Untersuchungen im Infraroten geben Rückschlüsse über das Vorkommen von Eis (Sellentin 2012), so dass das resultierende Falschfarbenbild weitere Informationen bereit hält. Auch Bilder, kombiniert aus verschiedenen Daten, die, vergleichbar zu einer thematischen Karte, mit Informationen angereichert sind, werden verbreitet (Abb. 3). Beim Betrachten ist Wissen um jene Aufnahme- und Bearbeitungsmodi zur Dekodierung des grafisch Sichtbaren unerlässlich. Datenbanken der Urheber (NASA, ESO etc.) liefern hierbei zu ein und demselben Bild meist mehr Informationen als allgemeine Zeitungen, die Satellitenbilder und Astrobilder von diesen beziehen und eher illustrativ anwenden.

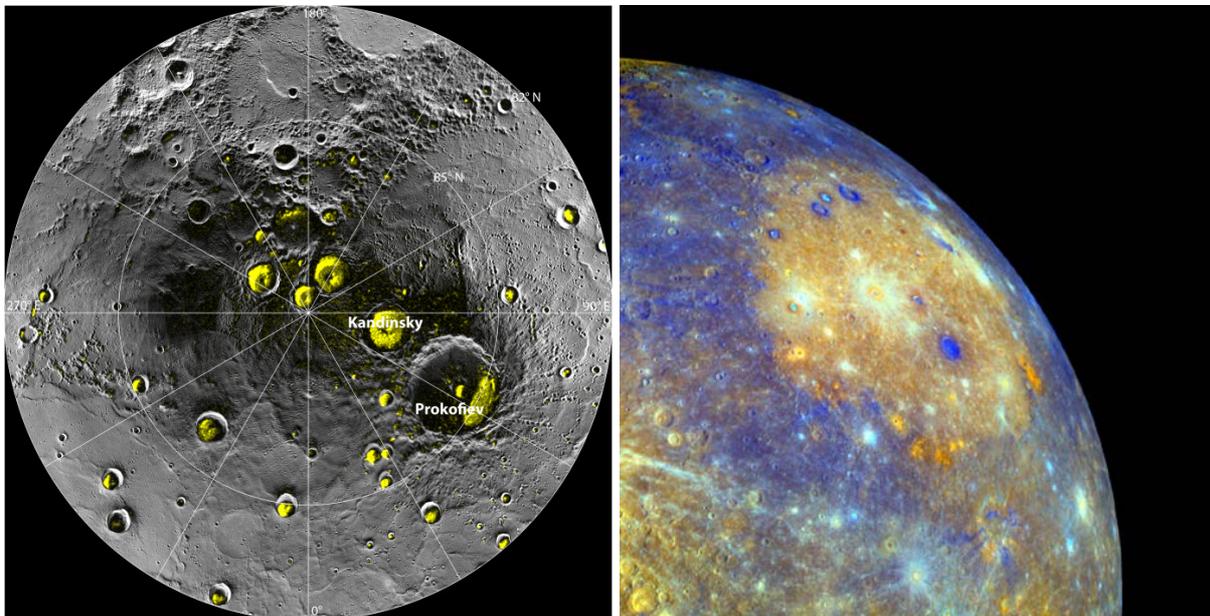


Abbildung 3: MESSENGER-Aufnahme der Nordpolarregion des Merkur, kombiniert mit Radardaten des Arecibo-Radioteleskops in Puerto Rico, zeigt jene Regionen, die nie von der Sonne beschienen werden und damit kalt genug sind für mögliche Eisvorkommen; farbverstärkte Version einer Multispektralaufnahme.

Linkes Bild: Credit: NASA / Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory / Carnegie Institution of Washington / National Astronomy and Ionosphere Center, Arecibo Observatory, [public domain](#).

<https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/messenger-mosaic-north-polar-region.jpg>.

Rechtes Bild: Credit: NASA, Johns Hopkins Univ. APL, Arizona State, U., CIW, [public domain](#).
<https://apod.nasa.gov/apod/ap080710.html>.

Hinter jeder Form stehen Prozesse, die zu ihrer Ausprägung geführt haben. In der Gegenwart vereint werden damit Prozesse sichtbar, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten stattgefunden haben, beispielsweise erkaltete Lavafelder überdeckt von jüngeren Einschlagkratern. Satellitenbilder stellen damit eine Momentaufnahme in einem – oftmals in großen Zeiträumen, also für menschliches Verständnis sehr langsam ablaufenden – Prozess dar. (Ausnahmen sind rasante Prozesse wie Eruptionen und Bildung von Ablagerungen, vgl. Abb. 4. Somit können im Ausnahmefall auch Prozesse in einer Folge von Satellitenbildern festgehalten werden.)

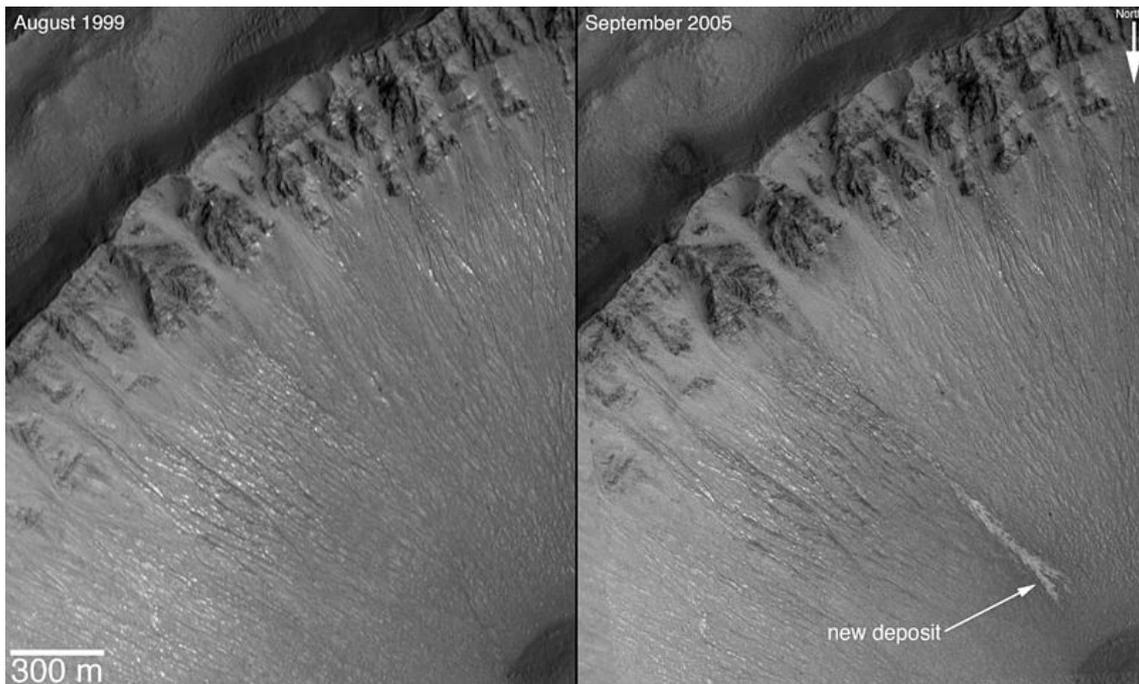


Abbildung 4: Neubildung einer Rinne mit Ablagerungen an einer Kraterwand in der Region Centauri Montes auf dem Mars binnen weniger Jahre – möglicherweise ein Hinweis auf flüssiges Wasser. ©: NASA - This image or video was catalogued by Jet Propulsion Laboratory of the United States National Aeronautics and Space Administration (NASA) under Photo ID: PIA09028., [public domain, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1439477](https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1439477).

Der Zusammenhang zwischen Spur bzw. Bild und (ehemaligem) Prozess ist aber nicht eindeutig geklärt. Oftmals existieren verschiedene wissenschaftliche Hypothesen, was die Ursachen einer spezifischen Formation sind. Welche Ursache tatsächlich dahintersteht, ist nicht immer ergründbar oder deren Identifikation bedarf weiterer Untersuchungen. Hypothesen – auch widersprüchliche – sind allerdings auf Basis des bisherigen Wissens und über Kenntnis stattfindender Prozesse möglich:

Prozesse, die für die Oberflächengestaltung von Gesteinsplaneten und Monden eine besondere Rolle spielen oder in der Vergangenheit gespielt haben, sind folgende (vgl. Dorschner & Gürtler 1993; Herrmann 2005):

- **Sämtliche endogenen, tektonischen Prozesse.** Hierbei ist eine, zumindest der Erde äquivalente Plattentektonik nicht erkennbar, wohl aber sind Beben und Vulkanismus zu verzeichnen. Die Ursachen dafür liegen nicht nur in der noch nicht vollständigen Erkalung (vgl. die wesentlich eindrucksvolleren Spuren der Tektonik aus der Frühzeit des Sonnensystems), sondern auch in der Erwärmung durch Reibung in Folge von Gezeitenkräften; hier ist insbesondere der Mond Io zu nennen. Diese Prozesse führen zur Ausprägung von Vulkankratern, Auswürfen und Ausflüssen von vulkanischem Material und gebirgsartigen Aufwerfungen. Schrumpfungsprozesse im Rahmen der Erkalung können ebenfalls zur Gebirgsbildung geführt haben.
- **Impakt ereignisse.** Diese sind, insbesondere bei Mangel an Atmosphäre, omnipräsent, weil sie einerseits kaum erodiert werden und andererseits Impaktkörper ungehindert und ungebremst bis zur Oberfläche durchdringen können. Maßgebliche Form sind Einschlagkrater. In Kombination mit Tektonik sind die Mare auf der Mondoberfläche durch Einschläge in die noch dünne Kruste und anschließendes Ausfließen von Lava entstanden.
- **Exogene Prozesse der Reliefformung durch Wasser, Eis und Wind** unter steter Mitwirkung der Gravitation und das Vorhandensein von Eis und Flüssigkeiten wie Wasser und Methan. Sandstürme sind beispielsweise auf dem Mars zu beobachten. Die Polkappen von Mars und Titan sind ein offensichtliches Bild, ebenso wie der Eispanzer des Mondes Europa. Exogene Prozesse sind allerdings bei einem Mangel an Atmosphäre weniger stark als beispielsweise auf der Erde. Die ausgetrockneten Flusstäler auf dem Mars könnten daher auf die kurzfristige Freisetzung von Wasser bei tektonischen Ereignissen hindeuten.

[zurück zum Anfang](#)

Satellitenbilder betrachten – eine Kompetenz?

Sollen Satellitenbilder jenseits des Ästhetischen als Mittel der Erkenntnisgewinnung betrachtet werden, so können die klassischen Schritte einer jeden Medienauswertung begangen werden: zunächst das Erkennen und Dekodieren von Formen und anschließend das Interpretieren der Ursachen jener Formen. Dieser Gesamtprozess kann auch als Lesen (im Sinne des Freilegens von Bedeutung), Verstehen, Interpretieren, Auswerten, Analysieren oder Entschlüsseln benannt werden. Er knüpft an verschiedene pädagogisch-psychologische und fachdidaktische Modelle an, wie beispielsweise das Modell des Bildverstehens nach Weidenmann (1988) mit dem intuitiven, ‚natürlichen Bildverstehen‘ und dem schlussfolgernden und hinterfragenden ‚indikatorischen Bildverstehen‘ sowie das daran angelehnte Modell zur Auswertung von irdischen Satellitenbildern u.a. nach Kollar (2012). Im Hinblick auf das vorliegende Unterrichtsmaterial sollen also Oberflächenformen identifiziert und ihre möglichen Ursachen geschlussfolgert werden:

- **Im ersten Schritt** geht es demnach um ein Erkennen einer Form, um ein Wiedereinordnen von Bildern, um ein Einordnen in visuelle Kriterien auf Basis von eher intuitiven Denkprozessen. (Beispiel: Erkennen eines Kraters)
- **Im zweiten Schritt** soll das Identifizierte genauer differenziert und erklärbar gemacht werden, was bei den betrachteten Oberflächenformen auch auf deren Entstehungsprozess verweist. Hierbei spielt Schlussfolgern und bewusstes Kombinieren von sichtbarem Gegenstand und weiterem Wissen eine Rolle. (Beispiel: Erkennen eines Kraters als Einschlagkrater auf Grund von Details seiner Form, beispielsweise Zentralberg)

Beide Schritte sind – mit der Intuition oder Bewusstheit des Denkprozesses – nicht vollständig trennbar und werden flankiert von Hypothesenbildung. Demnach ist die Sinnkonstruktion, die ein Betrachter vornimmt, stets abhängig von seinem Vorwissen und den Fragestellungen, mit denen er sich dem Bild/der Sache nähert. Zusätzliche Informationen können helfen, Hypothesen stärker einzugrenzen und sie dem am stärksten gesicherten Wissen über die Entstehung der sichtbaren Struktur anzunähern.

Satellitenbilder auf diese Art und Weise zu betrachten und betrachten zu können, zielt auf verschiedenen Kompetenzen ab:

- bewusstes Erschließen von Fachwissen, mit tieferer Verarbeitung durch dual coding (bildliche und propositionale Ebene, vgl. Paivio 1990) und Verständnisintensivierung durch eigene Erarbeitung,
- Teilhaben am Gang der Erkenntnisgewinnung durch eigenes Hypothesenbilden und Schlussfolgern sowie Einsicht in Erkenntnisbildung der Wissenschaft (mit ihren Grenzen),
- Förderung einer Bild- und Medienkompetenz durch Kombination von bildhaften und textlichen Informationen und Bewusstmachen des eigenen Hypothesenbildens.

[zurück zum Anfang](#)

Methodensammlung

Für eine anregende und verständnisintensivierende Bildbetrachtung existiert eine Vielzahl an Methoden (vgl. Schoppe 2011). Im Folgenden werden ausgewählte vorgestellt und im Hinblick auf das Einsatzgebiet der Satellitenbilder von Planeten und Monden entwickelt. Alle Aufgaben sind in Einzel-, Partner- und Kleingruppenarbeit lösbar. Vertieft wird die Methode ‚Bilder befragen‘ vorgestellt werden (vgl. Vankan et al. 2007).

[zurück zum Anfang](#)

Bilder befragen

Diese Methode wurde in verwandten Kontexten, der Geographie und der physischen Geographie, bereits vielfach erfolgreich angewandt (Vankan et al. 2007). Sie ist geeignet, Informationen aus verschiedenen Quellen zu verschneiden und dabei Visuelles nicht nur als illustratives Beiwerk zu betrachten, sondern als Ausgangspunkt des Denkprozesses. Damit wird langfristig ein bewussterer Umgang mit Bildern erlernt, der in einer visuell dominierten Medienwelt für mündiges und kritisches Konsumieren relevant ist.

Diese Methode kann für zahlreiche Bilder adaptiert werden. In diesem Fall wird Abb. 1 genutzt. Durch MESSENGER im sichtbaren Bereich des Spektrums aufgenommen ist hier auf Merkur der Rand eines Kraters sichtbar, dazu einige sehr viel kleinere Krater: Auffällig sind die scheinbar unscharfen Areale im Bild (tatsächlich ist das Bild vergleichsweise gut aufgelöst), die durch Vulkanasche erklärt werden können, die die Ränder des Kraters abrundet. Somit handelt es sich bei dem großen Krater im Gegensatz zu den kleinen um einen Vulkankrater.

Im besten Falle in Kleingruppenarbeit (denn auf diese Weise können widersprüchliche Perspektiven zu Tage treten und diskutiert werden) werden zwei Aufgabenteile bearbeitet (*siehe Arbeitsblatt 1*):

- **Im ersten Schritt** erfolgt die Beschäftigung mit dem Bild ohne Zusatzinformationen, was auch die Lokalisierung ausschließt. Die Lernenden sollen das Bild beschreiben, dazu alle Hypothesen aufstellen, die ihnen einfallen (Objekt, Lage, Entstehung...), und sich eine Bildunterschrift überlegen. Zu allen Aussagen sollen sie eine Begründung anbringen, wie sie auf ihre Aussage gekommen sind. Diese Metakommunikation über das eigene Denken ist eventuell ungewohnt, aber essentiell für verständnisintensives Lernen (Fauser 2002), da sie die Bewusstheit des Erkenntnisprozesses stärkt und das Hinterfragen dieses ebenso erleichtert.
- **Im zweiten Schritt** werden Zusatzinformationen auf Kärtchen an jede Kleingruppe ausgeteilt, wobei jedes Gruppenmitglied einen Teil der Kärtchen erhält und die Lernenden sich über die erhaltenen Informationen austauschen müssen, um sie zusammenzuführen. (Die Kärtchen müssen somit bereits zuvor vom Lehrenden ausgeschnitten worden sein. Sie liefern Informationen zu Maßstab, Ort und Entstehungsprozess im Sinne von Puzzlestücken zur Gesamterkenntnis.) Auch in diesem Schritt werden Hypothesen gebildet, die in der Kleingruppe diskutiert und ausgehandelt werden und die wiederum begründet werden müssen.

Paare finden

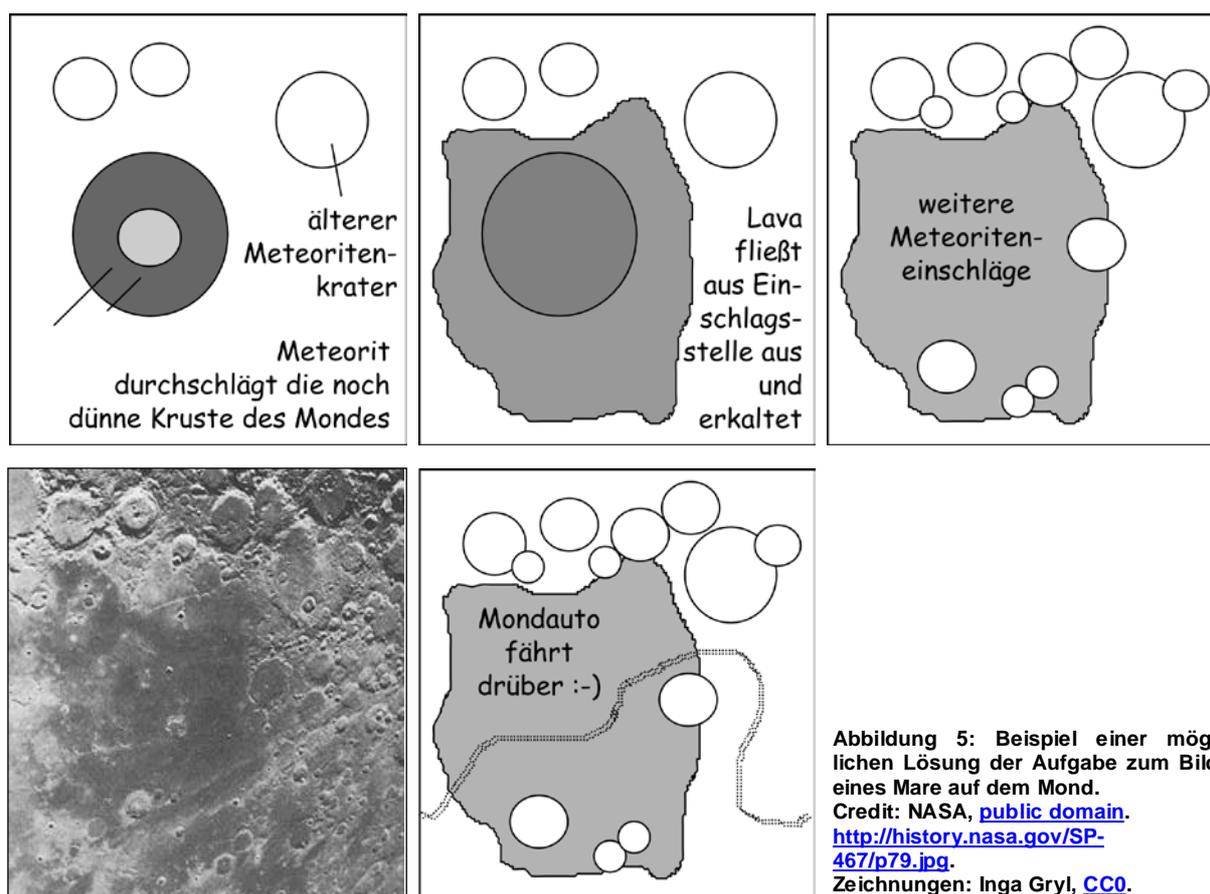
Weniger eng geleitet soll diese Methode ebenfalls helfen, Oberflächenformen und geologische Entstehungsprozesse zusammenzudenken. Benötigt wird hierzu das *Arbeitsblatt 2*. Aus den ausgeschnittenen und gemischten Kärtchen sollen Paare gebildet werden, die jeweils ein Bild und die dazu passende Beschreibung eines Phänomens zusammen bringen. Ein besonders wichtiger Punkt ist, dass die Lernenden dazu angehalten werden, ihre Entscheidung über die Zuordnung von Kärtchen zueinander zu begründen. Damit werden Zufallstreffer enttarnt und es wird zugleich eine Metaebene eingenommen, die auch legitime Unsicherheiten und Differenzierungen in der Zuordnung, eben der Hypothesenbildung, bewusst zur Sprache bringt. Der Prozess des Bildlesens wird damit mündiger.

Bilder kategorisieren

Mit dieser Aufgabe sollen Bilder einander zugeordnet werden, die einer gemeinsamen Kategorie folgen, allen voran und beispielsweise dem Entstehungsprozess. Auf diese Weise sollen nicht nur Hypothesen beispielsweise über Entstehungsprozesse formuliert werden, sondern es muss auch entschieden werden, welches (Bild-)Element als das für die Kategorisierung maßgeblich betrachtet wird. Somit sind unterschiedliche Kategorisierungen möglich. Wichtig sind auch hier die Begründung der Kategorien und der Zugehörigkeit der einzelnen Bilder zu diesen. Als Material für diese Aufgabenstellung kann eine Auswahl an Bildern aus diversen gut kommentierten und sortierten Datenbanken im Internet (siehe unten) genutzt werden.

Vergangenheit erschließen (Und... wie war es so damals?)

Satellitenaufnahmen zeigen meist Ergebnisse von Prozessen statt die Prozesse selbst. (Wenige Ausnahmen wie die Aufnahme eines speienden Vulkans auf Io sind zu nennen.) Diese Aufgabe soll nun die Vorstellungsbildung zur Vorgeschichte des statischen Bildes fördern. Wenn nun der Entstehungsprozess für ein Bild identifiziert und bestätigt wurde, kann dieser durch Zeichnungen illustriert werden: Die Lernenden sollen das vorhandene Bild in einer Skizze derart verändern, dass durch Pfeile oder hinzugefügte und weggenommene Elemente die oberflächenformenden Prozesse sichtbar werden. Alternativ sind Darstellungen aus anderen Perspektiven (Querschnitt etc.) denkbar. Dabei geht es nicht um grafisch perfekte Darstellungen und nicht einmal darum, ob die eingezeichneten Abläufe räumlich genauso verteilt waren. Vielmehr geht es um Konsistenz zwischen Zeichnung und Bild und damit zwischen möglichem Vorgang und heutigem Aussehen, und, übergeordnet, um die Vorstellungsbildung von Dynamiken und geo(morpho)logischen Entstehungsprozessen, die Planetenoberflächen in folgenreicher Weise formen. Durch die Bilderfolgen entstehen letztlich Narrationen über astronomische Prozesse und Abläufe.



Dreidimensionale Einblicke

Durch die Aufsicht oder Vogelperspektive in Satellitenbildern kann die Vorstellungsbildung von der ‚Landschaft‘ vor Ort schwierig sein. Wenn Satellitenbilder konkret mit Namen oder Koordinate verortet werden, kann eine dreidimensionale Sicht auf die Dinge durch Aufnahmen von Landesonden, durch Simulationen an Hand von Radardaten und, daraus entwickelt, insbesondere durch die mit Höhenmodell versehenen Darstellungen in digitalen Globen erlangt werden. Für Letztere muss die Sicht im digitalen Globus geneigt werden. Geeignet ist beispielsweise Google Earth (für Mond und Mars) und NASA World Wind (für Mond, Venus und Mars).

[zurück zum Anfang](#)

Benötigtes Material

Bilder befragen

- Arbeitsblatt 1, Teil a) für jeden Schüler
- Arbeitsblatt 1, Teil b) zerschnitten in Kärtchen für jede Kleingruppe
- ggf. Schere für den Lehrer

Bilderpaare finden

- Arbeitsblatt 2, zerschnitten in Kärtchen für jede Kleingruppe
- ggf. Schere für den Lehrer

Bilder kategorisieren

- Auswahl des Lehrers an Astrobildern (größere Anzahl, ca. 20 Stück) aus Plattformen wie diesen:
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/>
<http://spaceimages.esa.int/Images>
<http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/>

Vergangenheit erschließen

- Auswahl des Lehrers an Astrobildern oder ein ausgewähltes Bild aus den genannten (siehe oben)

Dreidimensionale Einblicke

- (freier) digitaler Globus mit digitalem Höhenmodell und Erweiterung für Steinplaneten oder Monde
z.B. Google Earth, NASA World Wind

[zurück zum Anfang](#)

Transfer

Durch gezielte Auswahl an Bildern und Zusatzinformationen kann das Niveau der beschriebenen Aufgaben leicht variiert werden. Ein Transfer auf andere Bereiche der Astrofotographie ist ebenfalls leicht möglich, beispielsweise auf die Identifikation von nebelartigen Objekten, die Zuordnung der damit zusammenhängenden Entstehungsprozesse sowie die Vorstellungsbildung ihrer räumlichen Veränderung. So können etwa in Zeichnungen die Endphase eines Sterns und die Ausbreitung von Stern-Überresten, passend zum heutigen Bild eines planetarischen Nebels, nachvollzogen werden. Ein weiterer lohnender Transfer ist die Frage nach der medialen Inszenierung von astronomischen Fotografien, etwa, wie diese ausgewählt werden, wie Unterhaltungs- und Erkenntniswert verteilt sind und ob Text und Bild sich wechselseitig und sinnvoll ergänzen.

[zurück zum Anfang](#)

Literatur

Dorschner, J. & Gürtler, J. (1993): Das Sonnensystem. Heidelberg.

Fausser, P. (2002): Lernen als innere Wirklichkeit. Über Imagination, Lernen und Verstehen. In: Neue Sammlung 2002, H. 2, S. 39-68.

Herrmann, J. (2005): dtv-Atlas Astronomie. München.

Kollar, I. (2012): Die Satellitenbild-Lesekompetenz. Dissertation. Heidelberg.

NASA (2012): Missions <http://www.nasa.gov/missions/index.html> (Zugriff: 2013-05-10).

Paivio, A. (1990): Mental representations. A dual coding approach. New York.

Schoppe, A. (2011): Bildzugänge. Methodische Impulse für den Unterricht. Seelze.

Selentin, E. (2012): Lange vermutet, endlich gefunden – Eis auf Merkur. In: Sterne und Weltraum AstroNews <http://www.sterne-und-weltraum.de/alias/sonnensystem/lange-vermutet-endlich-gefunden-eis-auf-merkur/1172517> (2012-11-30, Zugriff: 2013-05-10).

Vankan, L., Rohwer, G. & Schuler, S. (2007): Diercke Methoden. Braunschweig.

Weidenmann, B. (1988): Psychische Prozesse beim Verstehen von Bildern. Bern.