Gibt es bald ein Gedränge im Himmel über Europa? : Die Zeit für einen neuen Besuch ist überreif! : Thank you, Mr. President - oder doch nicht?

Autor(en): **Geiger, Hansjürg**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **73 (2015)**

Heft 389

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-897367

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Gibt es bald ein Gedränge im Himmel über Europa?
Die Zeit für einen neuen Besuch ist überreif!

Thank you, Mr. President – oder doch nicht?

Von Dr. habil. Hansjürg Geiger

Jupiters eisiger Mond Europa erfüllt die wichtigen Voraussetzungen für Leben und könnte unsere beste Möglichkeit sein, im Sonnensystem fremde Lebensformen zu finden. Nach langen Jahren des Zögerns bereiten die amerikanischen und europäischen Weltraum-organisationen neue Missionen zur verkrusteten Wasserwelt im Strahlungsgürtel Jupiters vor.

Der legendäre Apple II, einer der ersten 8-Bit Mikrocomputer, bedeutete nach seiner Markteinführung 1977 eine technologische Revolution, obwohl die Kiste über gerade- mal 4 KB (ja: Kilo!) RAM verfügte, nur Grossbuchstaben in weiss auf schwarzem Grunde darstellen konnte und die geschriebenen Texte auf 80 KB fassenden Floppy-Disks speichern musste. Trotzdem, zusammen mit anderen, ähnlichen Modellen läuteten diese Rechner den Beginn des Informationszeitalters ein und haben seither die gesamte Technik, unseren Alltag, unsere Berufe und Freizeit in einem damals unvorstellbaren Ausmass komplett verändert.

1977 war aber auch das Jahr, in welchem die ersten Konzepte für Galileo, der bisher einzigen Mission «nur» zu Jupiter, entwickelt wurden. Der Start der Sonde war ursprünglich für den Januar 1981 vorgesehen, verzögerte sich aber wegen der Challenger-Katastrophe, sowie finanziellen und technischen Problemen um mehr als acht Jahre. Die Technik aber, mit der Galileo das Jupitersystem beinahe acht Jahre lang durchforschte, die entsprach jener der ersten Heimcomputer.

Ein Mond mit Potential

Das Interesse an den Jupitermonden erwachte, als in den 1970er-Jahren die Späher Pioneer 10 und 11 und danach Voyager 1 und 2 den Jupiter als Schwungrad für ihre Reisen in die finsteren Tiefen des äusseren Sonnensystems nutzten und dabei zwischen den Eismonden um den Giganten unter unseren Planeten hindurchflitzten. Die Überraschung war gross, als die zur Erde gefunkten Bilder zeigten, dass die vier von Galileo Galilei entdeckten Trabanten keineswegs nur langwei-

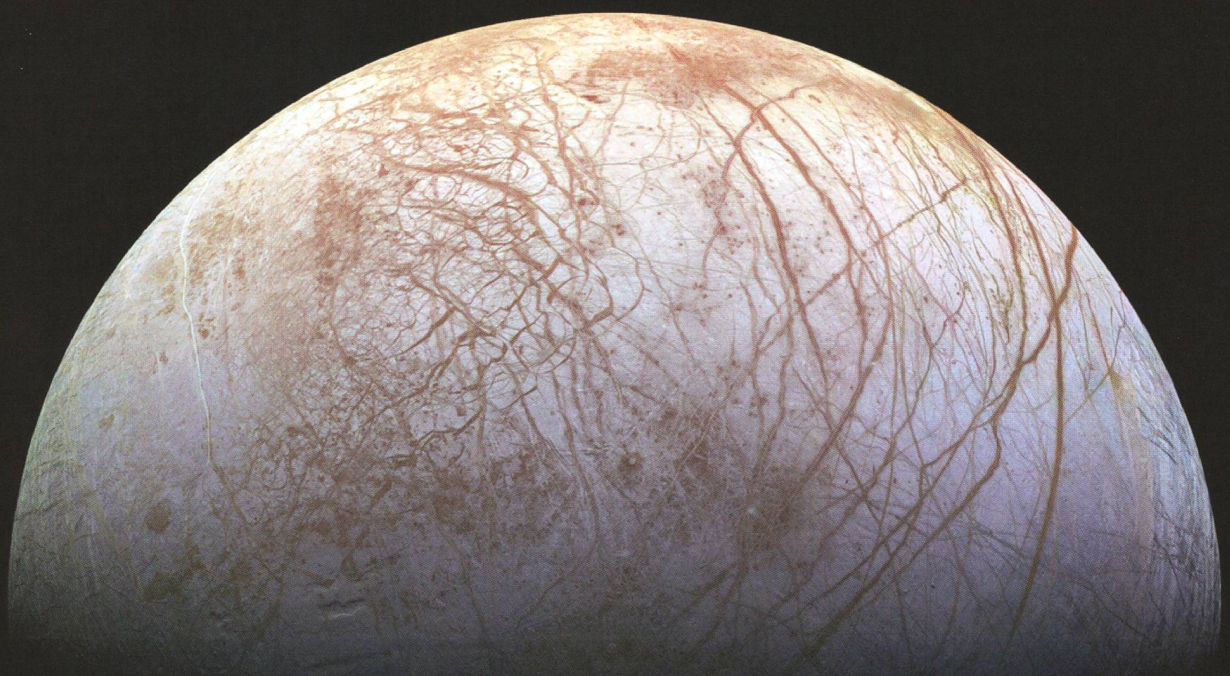

Bild: NASA, JPL

Abbildung 1: Europa in der wohl besten Aufnahme der NASA. Das Bild wurde ursprünglich als Mosaik tieferer Auflösung veröffentlicht, nun aber mit modernen Methoden nachbearbeitet. Die Originalbilder entstanden während des 4. (1995) und 14. (1998) Orbits von Galileo im Jupitersystem.

«Alle diese Welten gehören euch, ausser Europa. Versucht nicht hier zu landen.»

HAL an Bord der Discovery, Arthur C. Clarke, Odyssey Two, 1982

lige Begleiter des wolkenverhangenen Jupiters sind, sondern rätselhafte, aktive Welten, mit jeweils eigenem Charakter. Richtiggehend spektakulär präsentierte sich der «Schwefelmond» Io, der Himmelskörper mit dem intensivsten Vulkanismus im ganzen Sonnensystem.
Ein Mond aber, Europa, elektrisierte die wissenschaftliche Gemeinschaft in ganz besonderem Masse. Seine zerklüftete, gefrorene Hülle sieht aus, als hätte jemand mit einem gewaltigen Eispickel auf sie eingehackt und die Bruchstücke hin und hergeschoben. Tiefe Risse dehnen sich über gewaltige Distanzen aus und riesige Eisschollen sind gegeneinander verdreht worden.
Und ganz offensichtlich sind diese titanischen Kräfte bis in die Gegenwart aktiv. Auf Europa fehlen Einschlagskrater, die Altersflecken urzeitlicher Oberflächen, fast vollständig. Ganz anders als auf Ganymed, der die erwartete Pockennarbigkeit aufweist.
Wieso aber kann ein Mond, derart weit weg von der wärmenden Sonne, eine so aktive Geologie zeigen? Müsste er nicht längst völlig erkaltet sein, alles Wasser auf ihm zu härtestem Eis gefroren, bewegt nur durch gelegentlich abstürzende Kometen- oder Asteroidentrümmer?

Uralttechnologie bringt neue Erkenntnisse

Solche Fragen liessen sich aufgrund der alten Fotos aus den 1970er-Jahren nicht beantworten. Selbst die besten Aufnahmen waren damals aus über 200'000 km Distanz aufgenommen worden und boten damit bestenfalls Auflösungen von etwa 6 km pro Bildpunkt. Europa war schlicht und einfach kein primäres Ziel der ersten Vorbeiflüge gewesen.
Galileo sollte dies ändern und die grossen Monde gründlich untersuchen, speziell auch Europa. Mit einem simplen Vorbeiflug war ein solches Unterfangen natürlich nicht zu bewerkstelligen, weshalb die Planer der Jet Propulsion Laboratories (JPL) die Sonde auf eine komplexe Umlaufbahn um den Jupiter einschwenken liessen.
Die Probleme mit Galileo setzten sich aber auf dem Flug fort. Als nämlich die Flugkontrolleure die Hochleistungsantenne entfalten wollten, versagte der Mechanismus, die Antenne blieb stecken und raubte dem Raumschiff die Möglichkeit zum raschen Datentransfer mit der Erde. Damit stand für die Forschungsaufgaben nur eine kleine, für solche Arbeiten eigentlich ungeeignete Antenne zur Verfügung. Sämtliche Bilder und alle Messdaten mussten zunächst in der Sonde gespeichert und anschliessend komprimiert zur Erde gesandt werden.
Damit nicht genug, streikte als nächstes der Datenrekorder, eine Art Tonbandgerät. Zwar gelang es immer wieder, das störrische Ding zu starten, die übertragbare Datenmenge reduzierte sich aber nochmals deutlich.

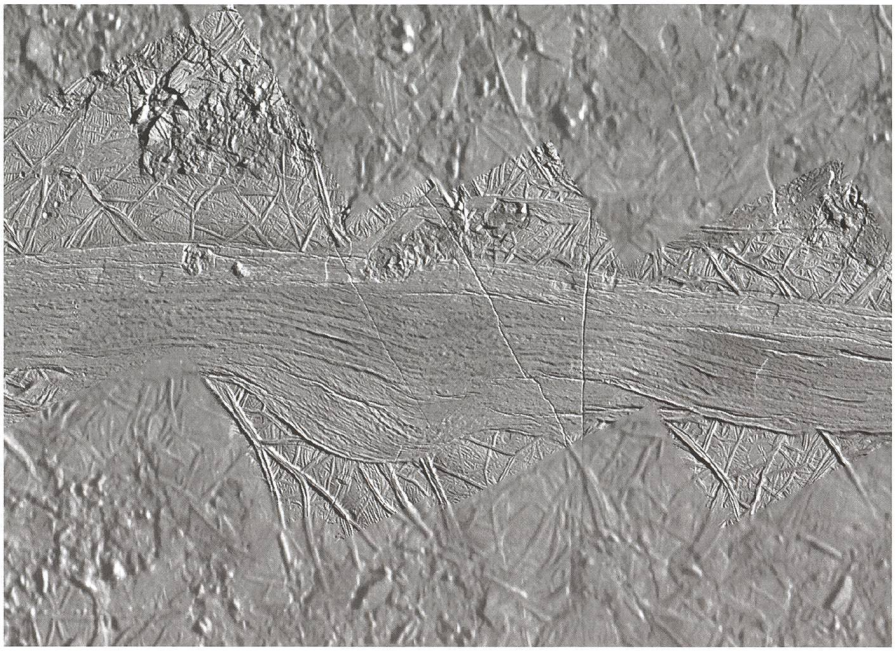

Bild: Galileo, 17. Orbit 1998. NASA, JPL

Abbildung 2: Agenor Linea ist ein ungewöhnliches Liniensystem auf Europa. Während die meisten Linien relativ dunkel sind, leuchtet diese Struktur hell auf.

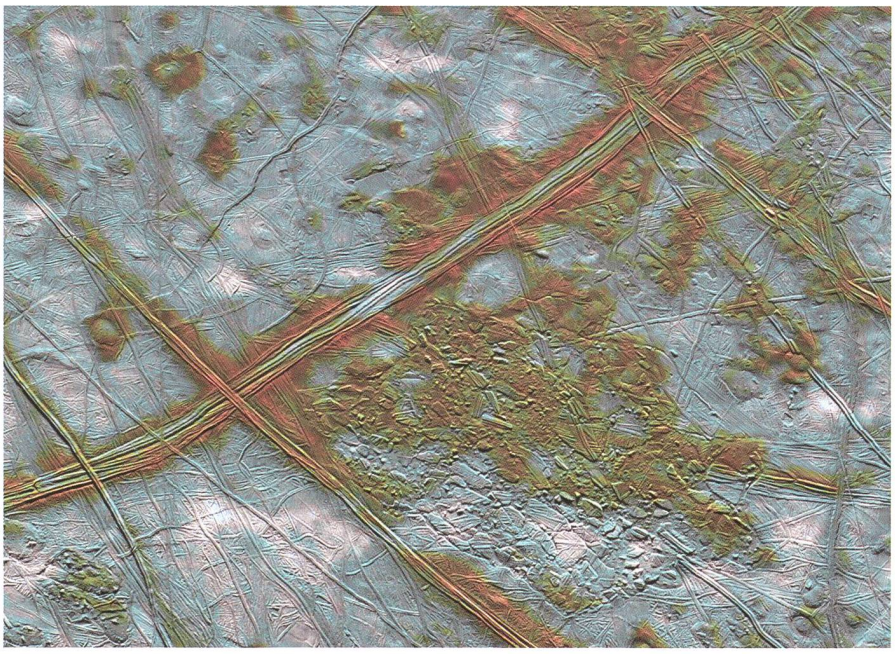

Bild: NASA, JPL

Abbildung 3: Diese berühmte Aufnahme von Galileo zeigt Linien, Dome und links im Bild eine chaotische Region mit verdrifteten Eisblöcken.

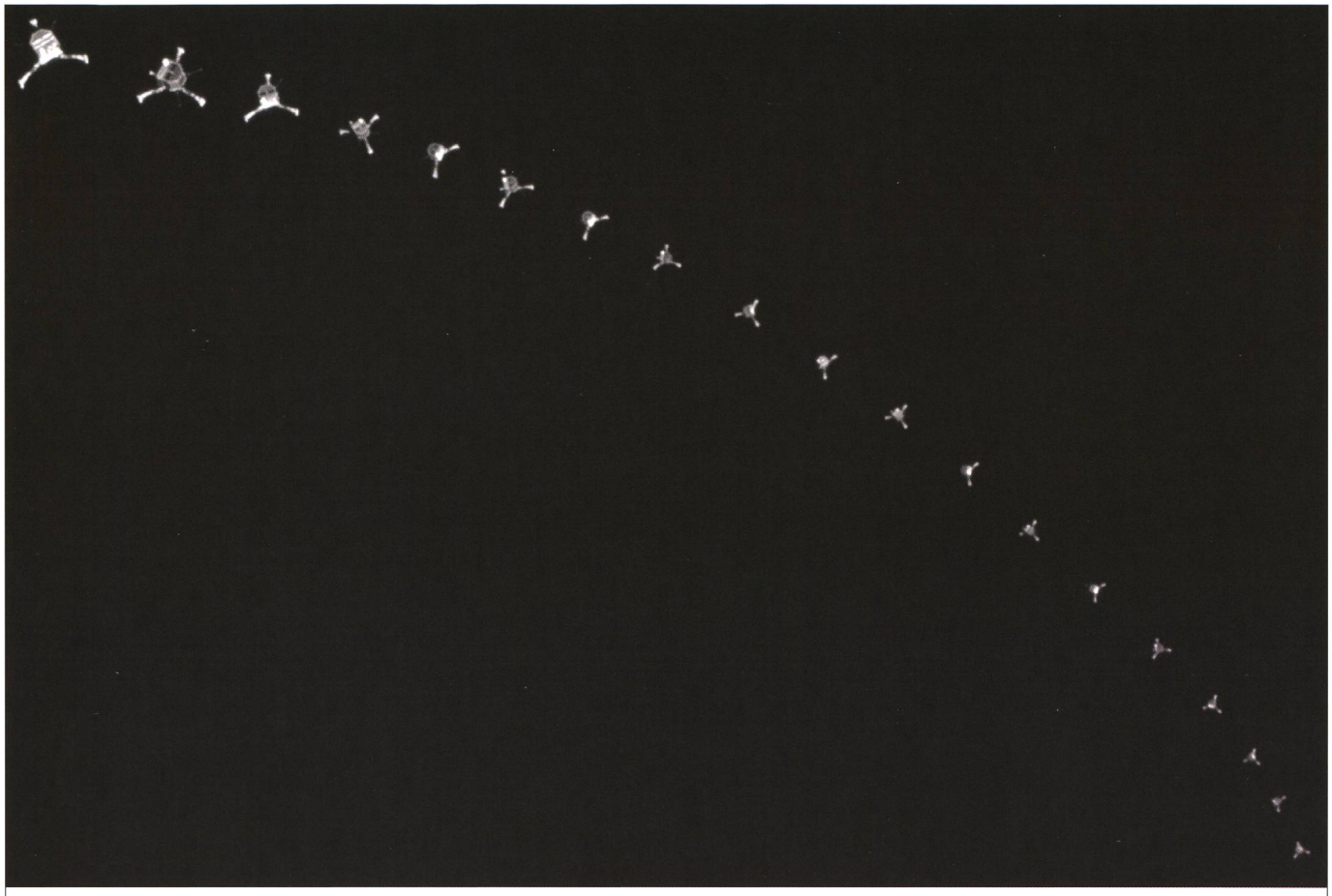

Bild: ESA/Rosetta/MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/SSO/INTA/UPM/DASP/IDA

Philae ist aus seinem langen «Winterschlaf» erwacht

Der Forschungsroboter «Philae» hat sich vom Kometen Tschurjumow-Gerasimenko nach siebenmonatigem «Winterschlaf» zurückgemeldet. Am 13. und 14. Juni 2015 gab «Philae» erste Lebenszeichen von sich. Innerhalb von 19 Minuten sandte das verstummte Forschungslabor nach seiner spektakulären Landung im vergangenen November 2014 am 19. Juni 2015 rund 185 Datenpakete zur Erde. Wie eine erste Sichtung der Daten bestätigt, soll der kleine Lander die eisigen Temperaturen gut überstanden haben. Bei rund 0° Celsius arbeiten nun die Batterien wieder, so dass auch nachts die Energieversorgung gewährleistet sein soll. Die Kometenforscher rechnen damit, dass «Philae» sicher bis Oktober, unter Umständen sogar auch länger, funktionstüchtig sein wird. (red)

Trotz allen dieser Schwierigkeiten wurde die Galileo-Mission letztlich zu einem riesigen Erfolg, besonders was Europa betraf. Die junge Oberfläche – ihre ältesten Strukturen dürften gerade mal 16 Millionen Jahre alt sein, höchstens ein ausgedehnter Wimpernschlag im kosmischen Massstab – ist deshalb beinahe frei von Einschlägen, weil sich unter der Eiskruste ein über 100 km tiefer Ozean verbirgt, mit mehr Wasser, als in allen irdischen Meeren zusammen.

Die Spezialisten nehmen heute an, dass der Eispanzer über dem Ozean maximal etwa 30 km dick sein dürfte, vermutlich aber deutlich dünner ist. Unter der Wasserschicht muss sich ein felsiger Mantel verbergen, der durch die Gezeitenkräfte des Jupiters «durchgeknetet» wird und so genügend Wärme erzeugt, um heisse Quellen anzutreiben, die den Ozean flüssig halten. Ganz im Zentrum befindet sich möglicherweise ein kleiner Eisenkern. Das Eis, so scheint es, schwimmt auf dem Wasser und wird immer wieder aufgebrochen, so dass Eisberge entstehen, die auf dem flüssigen Untergrund driften, ähnlich, wie wir es in den Polargebieten auf der Erde beobachten können.

Neue Fragezeichen

Als Galileo, nach mehrfach verlängerter Mission, deutliche Alterungserscheinungen zeigte, steuerten die Verantwortlichen 2003 die Sonde zu einem finalen, feurigen Rendezvous in die Jupiteratmosphäre. Das Raumschiff hatte Europa bis dahin zwölf Mal besucht und uns trotz aller Einschränkungen Aufnahmen der Oberfläche beschert, welche die Forscher noch Jahre beschäftigen werden.

Eines war aber schon 2003 klar: Wenn es im Sonnensystem einen Himmelskörper gibt, der auch für eine Wissenschaft von allergrösster Bedeutung werden könnte, die auf den ersten Blick im Weltall draussen so rein gar nichts zu erwarten haben sollte, nämlich für die Biologie, so gehörte Europa ein absoluter Spitzenplatz in einer recht kurzen Liste von Kandidaten.

Genau dies war der Grund für die vorzeitige Kremation von Galileo. Die NASA befürchtete, sie könnte eines Tages die Kontrolle über die Sonde verlieren. Wenn Galileo dann auf Europa abstürzen sollte, so könnten an ihr haftende Bakterien

die möglichen Lebensräume der Eiswelt infizieren und zerstören. Die Verantwortlichen wollten auf Nummer «ganz sicher» gehen, vielleicht mit den prophetischen Worten Arthur C. Clarks in den Ohren, bestimmt aber mit der Erkenntnis im Hinterkopf, dass es auf der Erde überall von Lebewesen nur so wimmelt, wo flüssiges Wasser vorhanden ist.
Auch auf Europa? – Galileo war für die Beantwortung dieser Frage nicht ausgerüstet. Zwar montierten die Projektverantwortlichen auf dem Raumschiff zwei Spektrometer für die Fernerkundung der chemischen Zusammensetzung der Mondoberflächen. Aber diese Instrumente waren zu wenig empfindlich, um die biologisch interessanten organischen Moleküle auch nur einigermassen detailliert nachweisen zu können.
Und noch ein wichtiges Instrument fehlte auf Galileo, ein Tiefenradar, mit dem die Dicke und die Struktur der Eisschicht hätten untersucht werden können. Instrumente, die heute auch für die Anforderungen einer interplanetaren Reise gebaut werden können und die beispielsweise bei der Erkundung des Mars wertvollste Dienste geleistet haben. So bleibt den Wissenschaftlern bis heute nur die Möglichkeit, sich aus den relativ unscharfen Bildern mit raffinierten Methoden ein möglichst genaues Modell des Mondes zu basteln.
Und dies von einem Himmelskörper, der möglicherweise eine der ältesten Menschheitsfragen beantworten könnte: Sind wir allein im All?

Energie und Lebensstoffe

Selbstverständlich erwartet kein Wissenschaftler, in den eisigen Wüsten Europas von etwas Ähnlichem wie den riesigen, an Yetis erinnernden Wampas des Planeten Hoth im Star Wars-Imperium überfallen zu werden. Dass sich auf Europas Oberfläche – unter der brutalen Strahlung um Jupiter – die für höhere Lebewesen nötige Biosphäre entwickeln könnte, ist höchstgradig unwahrscheinlich. Unter der Eisdecke hingegen sind bakterienähnliche Organismen durchaus vorstellbar. Dafür müssten nebst dem reichlich vorhandenen Wasser noch zwei weitere Voraussetzungen erfüllt sein: es braucht organische Stoffe und Energie.
Organische Stoffe gibt es auf Europa, auch wenn Galileo hierfür nur spärliche Hinweise liefern konnte. Das meiste Material dürfte von einfallenden Meteoriten sowie den Vulkanen auf Io stammen und sich im Eis im Laufe der Jahrmillionen angesammelt haben. Zudem erzeugt das enorme Magnetfeld Jupiters eine Fülle von elektrisch geladenen Teilchen. Wenn diese auf die Oberfläche des Eismondes prallen, so müssten sie chemische Reaktionen auslösen und beispielsweise aus Wasser und Kohlendioxid Formaldehyd produzieren, ein Basismolekül für weiterführende organisch-chemische Reaktionen.
Das Problem ist nun aber, dass diese Basisstoffe nur dann von biologischer Bedeutung sind, wenn sie den unter dem Eisschild liegenden Ozean erreichen. Dort erst, abgeschirmt von der sterilisierenden Wirkung des Strahlungsgürtels um Jupiter, wäre die Evolution hin zu einfachen Lebewesen möglich.
Wie aber sollen diese Moleküle durch den mehrere Kilometer dicken Eispanzer in den Ozean vordringen? Und woher soll dort unten, in der völligen Finsternis, die nötige Energie für weiterführende Reaktionen stammen?

Planetare Eiscrusher

Lange konzentrierte sich die Analyse auf die auffälligen Linien und Gräben. An ihnen mussten die Eisschilde immer wieder aufgebrochen sein. Floss dabei Wasser aus den Tiefen nach? Drückte dieser Prozess Oberflächenmaterial nach unten und umgekehrt? Möglicher-

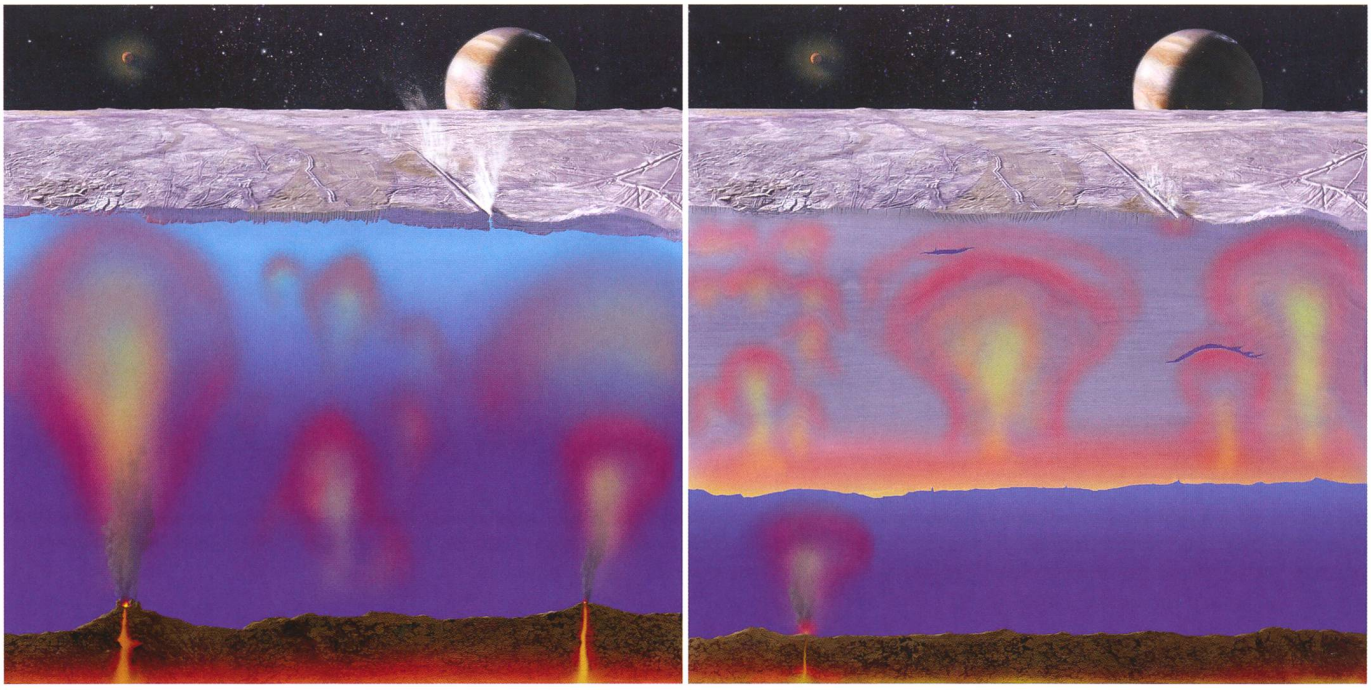

Bild: NASA, JPL

Abbildung 4: Ältere Vorstellungen über die Dicke der Eiskruste auf Europa. In beiden Fällen wird das Wasser durch heisse Quellen am Grunde des Ozeans flüssig gehalten. Es dürfte sich um ähnliche Quellen wie die Black Smoker in den Tiefen unserer Ozeane handeln. Die nötige Energie liefert die Gravitationskraft des nahen Riesenplaneten.

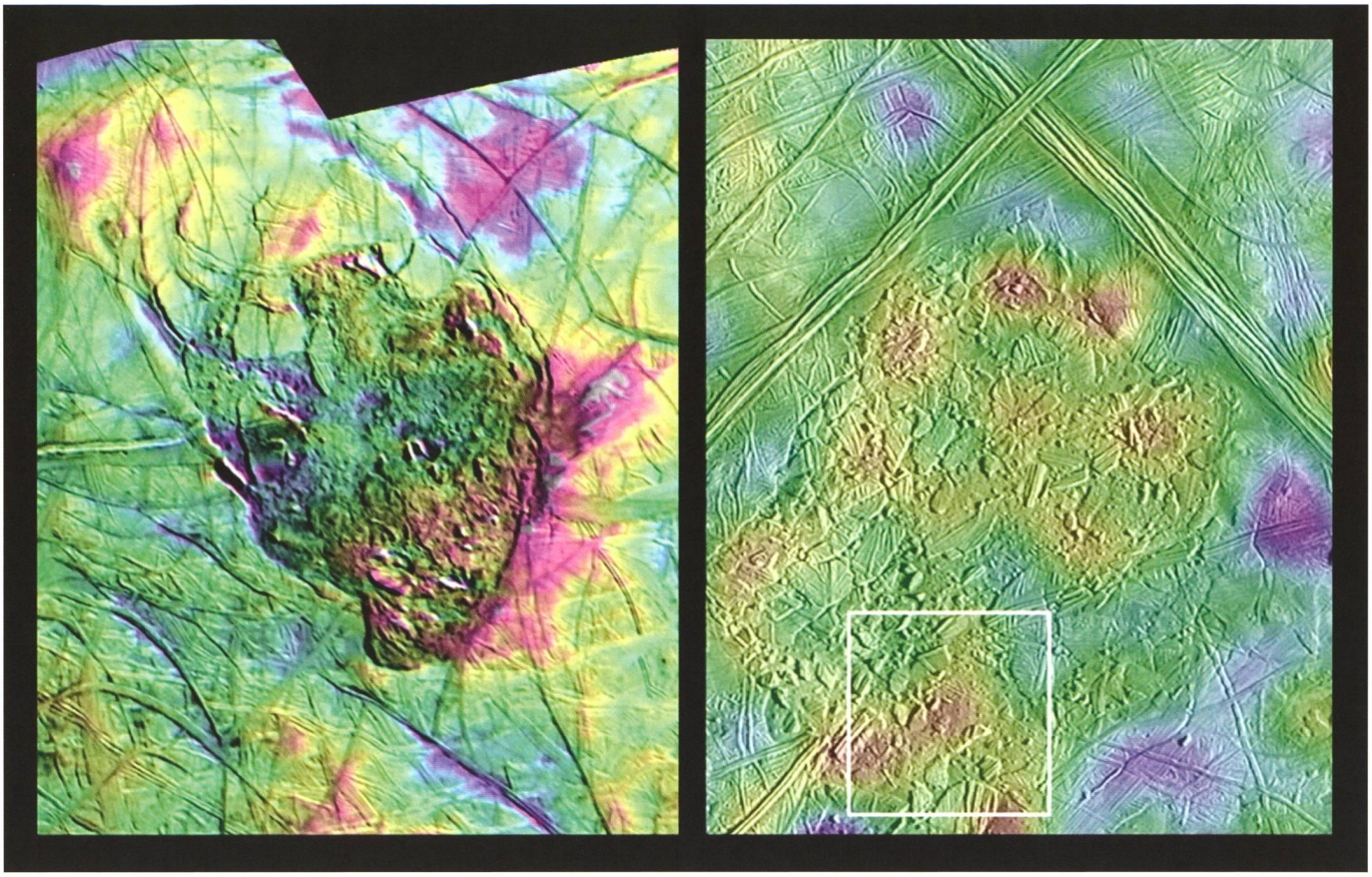

Bild: Galileo, NASA, JPL. Bearbeitung durch B.E. Schmidt et al., Nature, 479, p. 502f, 2011.

Abbildung 5: Die chaotischen Regionen Thera Macula (links) und Conomara Chaos (rechts). Unter diesen beiden Gegenden könnte sich ein See im Eis verbergen. Das Gewässer unter Thera Macula könnte heute noch immer flüssig sein. Darauf weisen die abgesunkenen Teile (blau und grün markiert) im Norden hin. Die südlichen Teile heben sich an (gelbe und rote Farben), wahrscheinlich durch eindringendes und gefrierendes Salzwasser. Conomara Chaos hat sich wieder angehoben. Der See unter dieser Landschaft ist wohl wieder gefroren.

weise, aber wohl nicht besonders effizient.

Dies sind grundlegende Fragen, die sich leider mit den zur Verfügung stehenden Daten nur indirekt beantworten lassen und immer wieder zu nur teilweise befriedigenden Modellen geführt haben. Denn entweder gingen die Modelle von einer recht dünnen Eisschicht aus, auf denen die Eisberge schwammen, immer wieder aufbrachen und sich danach verschoben. Das Eis aber derart dünn zu halten, setzte einen ziemlich gewaltigen Ofen im Innern Europas voraus, was kaum vorstellbar war. Oder aber, die Eisschicht ist den bekannten Daten entsprechend deutlich dicker. Dann aber liessen sich die zahllosen feinen Eisschollen nicht erklären.

Abhilfe könnte ein neueres Modell der Arbeitsgruppe um Britney Schmidt und Don Blankenship bieten. Die beiden Forscher konzentrierten sich auf die bisher vernachlässigten, chaotischen Regionen auf dem Mond. Gemäss ihren Arbeiten bilden sich im relativ dicken Eis immer wieder linsenförmige Seen, auch nahe der Oberfläche. Die Energie dazu stammt vom warmen Wasser aus dem Untergrund, welches das Eis lokal schmilzt. Weil flüssiges Wasser weniger Volumen beansprucht, bricht das Eis über dem See ein und bildet chaotisch verformte Eisblöcke, zwischen denen Wasser eindringen kann. Kühlt diese chaotische Region wieder aus, gefriert das Wasser und beansprucht als Eis wieder mehr Volumen, die Region hebt sich an.

Der Clou an der Sache ist, dass dabei Eisberge entstehen, die kippen und umgedreht werden. Mit ihnen gelangt Oberflächenmaterial nach unten und umgekehrt. Die Chaosregionen wirken nach diesem Modell wie ein Förderband zwischen der Oberfläche und dem eingeschlossenen Ozean.

Mehr noch; weil auf der Oberfläche unter dem Strahlungsdruck Oxidationsmittel entstehen, chemisch aktive Stoffe, baut sich zwischen den äussersten und innersten Schichten Europas ein Ungleichgewicht in der Elektronenverteilung auf, ganz ähnlich wie in einer Batterie. Irdische Lebewesen nutzen derartige Unterschiede und treiben damit ihren Stoffwechsel an. Das neue Modell ergänzt damit die seit langem vermuteten Vorgänge am Grunde des Ozeans, wo das aus den heissen Quellen drängende Wasser ebenfalls einen Elektronenfluss antreiben könnte.

Haben Britney Schmidt und ihre Gruppe damit den letzten Puzzlestein im Argument für Leben auf Europa gefunden? Die drei wichtigsten Voraussetzungen jedenfalls scheinen mit ihren Arbeiten alle erfüllt zu sein: Es gibt Wasser sowie einen Austausch von Energie und organischen Grundstoffen.

Also: Nichts wie hin?

Unter diesen Voraussetzungen müssten die Raumfahrtnationen eigentlich nur noch ein Ziel kennen: Im Eis auf Europa so rasch wie möglich nach Spuren von Leben suchen.

Leider ist eine Mission in den Strahlungsgürtel des Jupiters keine einfache Sache und setzt eine enorme Abschirmung voraus, was eine Mission zum Gasriesen entsprechend verteuert. Prompt haben die Amerikaner 2012 aus Kostengründen eine Zusammenarbeit mit den Europäern gekündigt. Die ESA plant nun aber für einen Start 2022 mit JUICE (Jupiter Icy Moon Explorer), eine Sonde, die nach zwei Vorbeiflügen an Europa in eine Umlaufbahn um Ganymed einschwenken soll. Und jetzt die guten Neuigkeiten auch aus den USA: Im Budget des Weissen Hauses für das Jahr 2016 sind $185 Millionen für die Planung einer Europa-Mission vorgesehen. Leuchtend grünes Licht für die Rückkehr zum Jupiter?

Nicht ganz, leider, denn für eine echte Verpflichtung zu einer der grossen, teuren Clipper-Missionen scheint dieser Betrag verdächtig klein. Offenbar möchte die Administration Obama zwar ein Zeichen setzen, die definitive Entscheidung aber einem neuen Präsidenten überlassen. Immerhin hat die NASA bereits eine Vorauswahl der wissenschaftlichen Instrumente getroffen, die während einer Periode von drei Jahren mehrfach und nahe an Europa geflogen werden sollen.

In Amerika spielen Lobbyorganisationen in der Wissenschaftspolitik eine enorme Rolle, ganz anders als in Europa. Die private Planetary Society mobilisiert ihre Mitglieder schon seit längerer Zeit und hat erreicht, dass im vergangenen Jahr über 50'000 «pro Europa-Mission-Briefe» im Kongress eingetroffen sind. Das scheint gewirkt zu haben. Die Gesellschaft, die gegen massive Widerstände schon die New Horizons zum Pluto durchgesetzt hatte, macht weiterhin grossen Druck für den Flug zu Europa.

Hoffentlich erfolgreich, denn mit den heutigen technischen Möglichkeiten lässt sich die Frage nach Leben auf dem eisigen Mond unvergleichbar besser angehen, als in den 1970er-Jahren.

Welcher Planetenforscher möchte heute noch mit einem Apple II arbeiten?

Dr. habil. Hansjürg Geiger
Kirchweg 1
CH-4532 Feldbrunnen

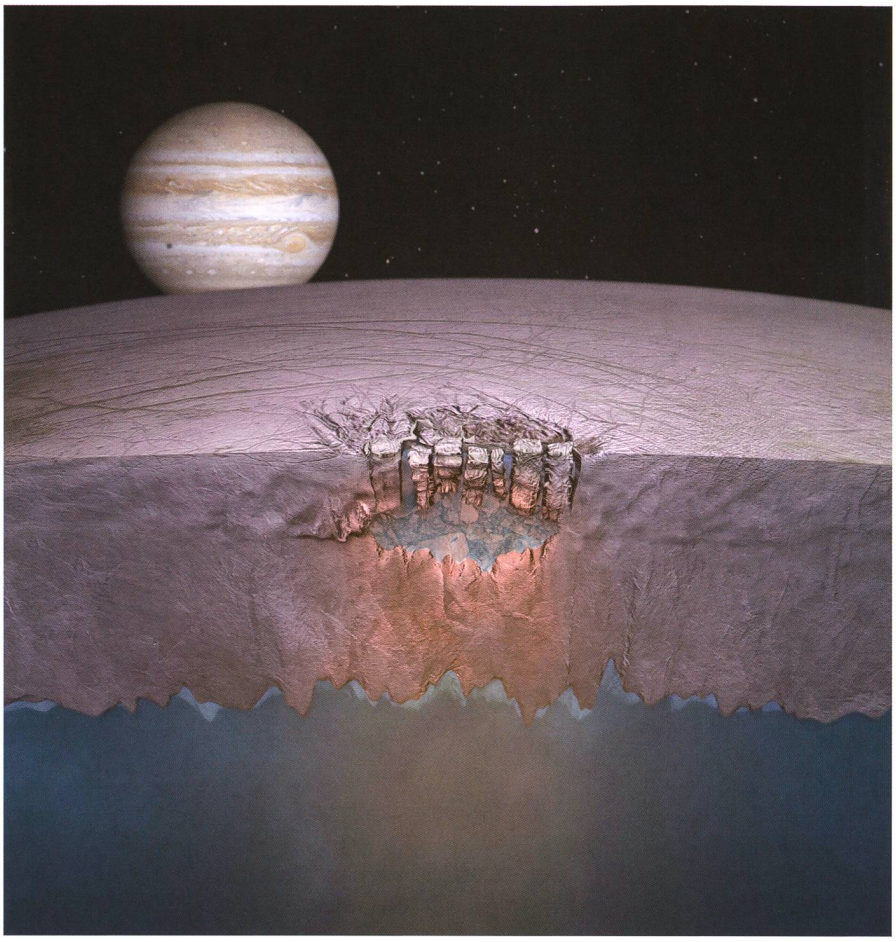

Bild: NASA, JPL

Abbildung 6: Nach den Vorstellungen von Britney Schmidt und ihrer Arbeitsgruppe öffnen sich unter der Oberfläche im Eis immer wieder Seen. Dabei bricht das darüberliegende Eis ein und es entsteht eine chaotische Region. Gefriert das Wasser wieder, so dehnt es sich aus und das Gebiet steigt wieder an.

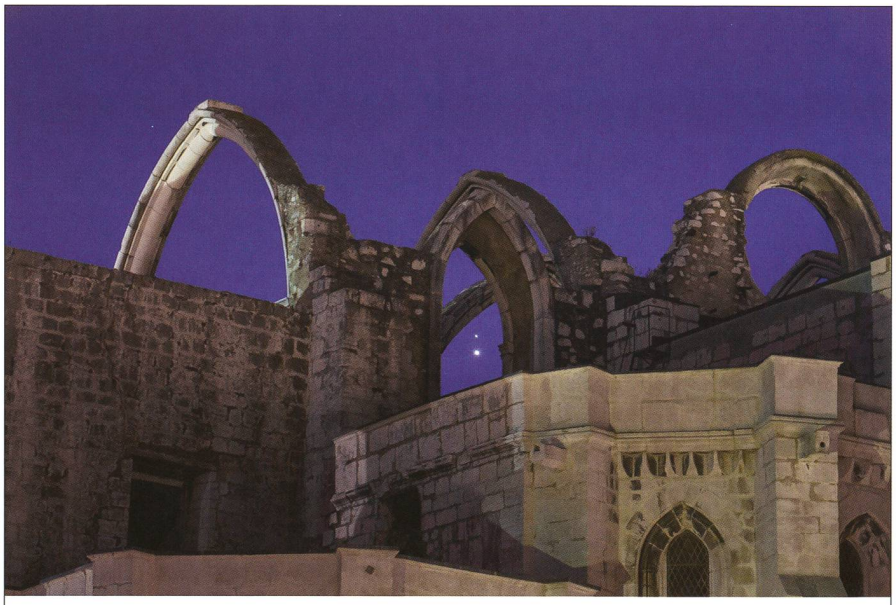

Bild: Jürg Alean

Gemeinsame Abschiedsvorstellung

Jupiter und Venus pirschten Ende Juni 2015 nahe aneinander vorbei. Dieses stimmungvolle Bild gelang Jürg Alean in Lissabon. Die Kirche wurde beim grossen Erdbeben teilweise zerstört und nahezu in jenem Zustand belassen. (red)