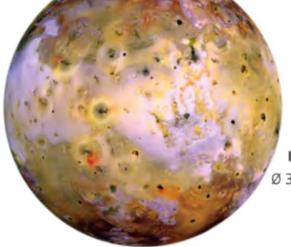
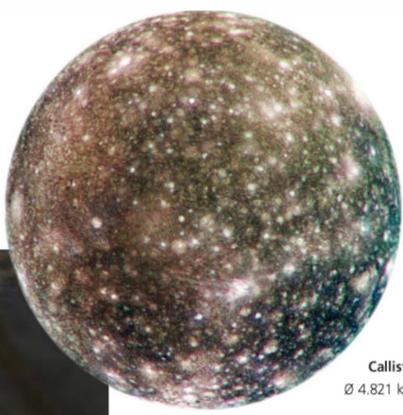


Europa
Ø 3.122 km



Io
Ø 3.631-3.660 km



Callisto
Ø 4.821 km



Ganymed
Ø 5.268 km



ESA/ATG medablab; NASA/JPL/DLR/ESA

FERNE MONDE UND MEERE

Zwei DLR-Instrumente werden Jupiters Eistrabanten untersuchen

von Ulrich Köhler

2022 wird die Europäische Weltraumorganisation ESA zum ersten Mal mit einer eigenen Raumsonde ins äußere Sonnensystem aufbrechen. JUICE ist der Name der Mission und das Ziel geht aus dem Akronym hervor: Jupiter Icy Moon Explorer. Der „Eismondforscher“ ist Bestandteil des Cosmic-Vision-Programms der ESA. Mit an Bord sind zehn wissenschaftliche Instrumente, unter ihnen JANUS und GALA, an denen das DLR maßgeblich beteiligt ist. Nach der Ankunft im Jahre 2031 wird JUICE vor allem die drei großen Eismonde Europa, Ganymed und Callisto erkunden: faszinierende Welten aus Eis, Fels und – Wasser.

Der große toskanische Universalgelehrte Galileo Galilei entdeckte und beschrieb 1610 zum ersten Mal Monde, die um Jupiter, also einen anderen Planeten kreisen. Damit bestätigte er das kopernikanische, heliozentrische Weltbild, das besagt, dass die „von Gott geschaffene“ Erde ein Planet ist wie andere auch. Und alle kreisen sie um die Sonne. Die Monde wurden nach Günstlingen des Zeus benannt: Io, Europa, Ganymed und Callisto. Später wurden sie zu Ehren Galileis als die Galileischen Monde bezeichnet.

Ungleiche Begleiter eines Planetenriesen

Von Raumsonden aus der Nähe untersucht wurden sie erstmals 1973/74 von den Sonden Pioneer 10 und 11, viel detaillierter dann 1979 beim Vorbeiflug der Missionen Voyager 1 und 2. Die Bilder zeigten faszinierende, ganz unterschiedliche Welten. Io, der innerste Mond, ist der vulkanisch aktivste Körper des Sonnensystems. Dort treten bis zu 1.350 Grad Celsius heiße, stark schwefelhaltige Laven aus, die dem Körper ein surreales gelbes Antlitz verleihen. Europa, von derselben Größe wie der Mond der Erde, gleicht einer glatten Eiskugel, die von Hunderten von Brüchen im minus 170 Grad kalten Eispanzer überzogen ist. Mit fast 5.300 Kilometer Durchmesser ist Ganymed der größte Trabant im Sonnensystem. Unter seiner Eiskruste befindet sich ein Gesteinsmantel und ein Kern aus Eisen, Ursache für ein ausgeprägtes Magnetfeld – das einzige bei einem Mond. Der etwas kleinere Callisto schließlich ist von Tausenden von Einschlagskratern übersät, unter seiner Eiskruste scheint ein Stein-Eisen-Gemisch auf einen kaum differenzierten, schon früh geologisch inaktiven Körper hinzuweisen.

Ozeane auf Europa und Ganymed?

Zwischen 1995 und 2003 erkundete der NASA-Orbiter Galileo diese Welten. Neben den vier großen Monden umkreisen den 140.000 Kilometer großen Planeten noch 75 weitere, zum Teil nur wenige Kilometer große Trabanten. Die Mission brachte belastbare Hinweise zu der Annahme, dass unter den kilometerdicken Eiskrusten von Europa und Ganymed Ozeane existieren müssten.

JANUS



LDO

Die wissenschaftliche Kamera an Bord von JUICE heißt JANUS (Jovis, Amorum ac Natorum Undique Scrutator – Lateinisch etwa für „Umfassende Beobachtung des Jupiter, seiner Liebesschaften und Nachkommen“) und wurde in Italien, Deutschland, Spanien und Großbritannien konzipiert. Teile der Hardware wurden im DLR-Institut für Planetenforschung gebaut, welches mit Dr. Thomas Roatsch auch einen der beiden Leiter des Wissenschaftsteams stellt. Die Hauptelektronik wurde am Institut für Datentechnik und Kommunikationsnetze der TU Braunschweig entwickelt.

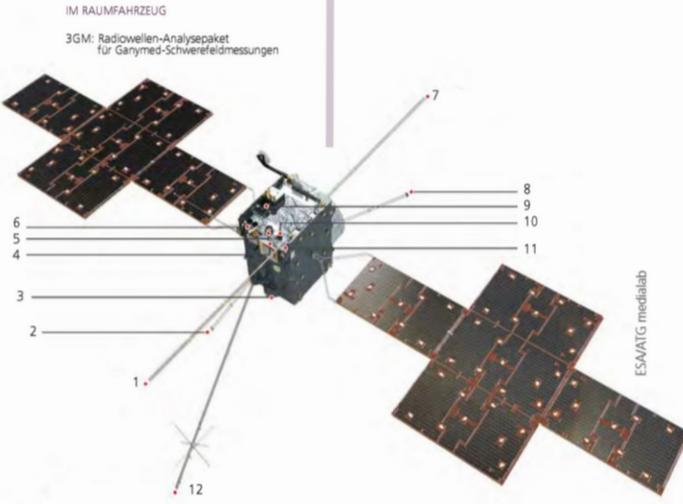
Eine der Hauptaufgaben von JANUS ist die Kartierung, also die optische Erfassung der Landschaften Ganymeds und Europas sowie der auf den Oberflächen sichtbaren Auswirkungen der Gezeiteneffekte, die für die subkrustalen Ozeane verantwortlich sind. Dazu verfügt das Kamerasystem neben einer hohen räumlichen Auflösung über einen breiten Spektralbereich und eine hohe radiometrische (Licht-)Empfindlichkeit in 13 Farbkanälen. Diese zeichnen Lichtsignale in Wellenlängen von 340 Nanometern (blau) bis 1.100 Nanometern (nahes Infrarot) auf. Aus der Ferne sollen auch Io sowie zahlreiche der kleinen Monde beobachtet werden.

Die hohe Empfindlichkeit wird von der lichtstarken Optik und der sensiblen Detektor- und Elektronikinheit gewährleistet. JANUS verfügt über einen äußerst lichtempfindlichen Detektor, der die hohe Strahlungsbelastung in der Jupiterumgebung aushält. Die dazu am DLR entwickelte Ausleseelektronik ist äußerst rauscharm.

Montebilder: NASA/JPL/DLR

EXPERIMENTE AUF JUICE

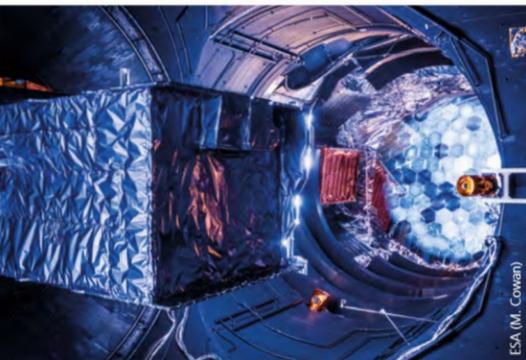
- 1/7 RIME: Radar zur Oberflächenstrukturerrfassung
- 2/8 RPWI: Messung Plasma- und elektromagnetische Felder
- 3/9 PEP: Partikelspektrometer für Ionenströme
- 4 MAJIS: Abbildendes Spektrometer
- 5 GALA: Laseraltimeter zur Oberflächenvermessung
- 6 SWI: Submillimeterwellen-Spektrometer
- 10 JANUS: Kamerasystem zur Kartierung
- 11 UVS: Abbildendes UV-Spektrometer
- 12 Magnetometer-Strahl mit RPWI und J-MAG: Magnetometer zur Magnetfeldmessung



Diese könnten mehr Wasser enthalten als alle Meere der Erde, selbst die Existenz einfacher Lebensformen wird für möglich gehalten! Bei Europa scheinen diese subkrustalen Ozeane entlang von Bruchstellen – den vielen, an die Kufenspurten von Schlittschuhläufern erinnernden Linien im Eis – sogar Wasser auf die Oberfläche zu pressen, wo es rasch gefriert und dabei die Landschaft verjüngt und verändert.

Wie ist das möglich, so fern der Sonne, bei Temperaturen von weit unter minus 100 Grad Celsius? Jupiter übt mit seiner enormen Masse gewaltige Gezeitenkräfte auf seine vier großen Monde aus, von denen die Trabanten deformiert und im Inneren durchgeknetet werden. Durch Reibung entsteht dabei Wärme und diese Wärme hält das Wasser über dem Gefrierpunkt. Hinzu kommt, dass Io, Europa und Ganymed zueinander in einer Resonanz stehen, sie umrunden den Planeten im Zeitverhältnis 4 zu 2 zu 1. Wenn die Monde dann immer wieder wie an einer Perlschnur aufgereiht angeordnet sind, verstärkt dies den Gezeiteneffekt und erzeugt noch mehr Wärme. Bei Europa sind sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sogar ziemlich sicher, dass warmes Ozeanwasser unter dem Eispanzer durch den Gesteinsmantel zirkuliert und dabei Minerale herauslöst, die mit dem Wasser auf die Oberfläche gespült werden – Galileo (die Raumsonde) konnte Mineralsalze auf dem Eis spektroskopisch identifizieren.

Wasser, Wärme, Salze: Das sind einige der wichtigsten Voraussetzungen für das Entstehen und die Existenz von Leben. Längst gelten Europa und Ganymed als potenzielle „Habitate“ für mikrobielles Leben jenseits der Erde – in einer ganz anderen Umgebung als beispielsweise auf dem Mars, wo aktuell intensiv nach Spuren einstigen (und vielleicht sogar noch präsenten) Lebens gesucht wird. Das macht das Jupitersystem zum logischen Ziel weiterer Erkundungen.



Das JUICE Thermal-Entwicklungsmodell in der großen Weltraumsimulationskammer im ESA-Technologiezentrum im niederländischen Noordwijk

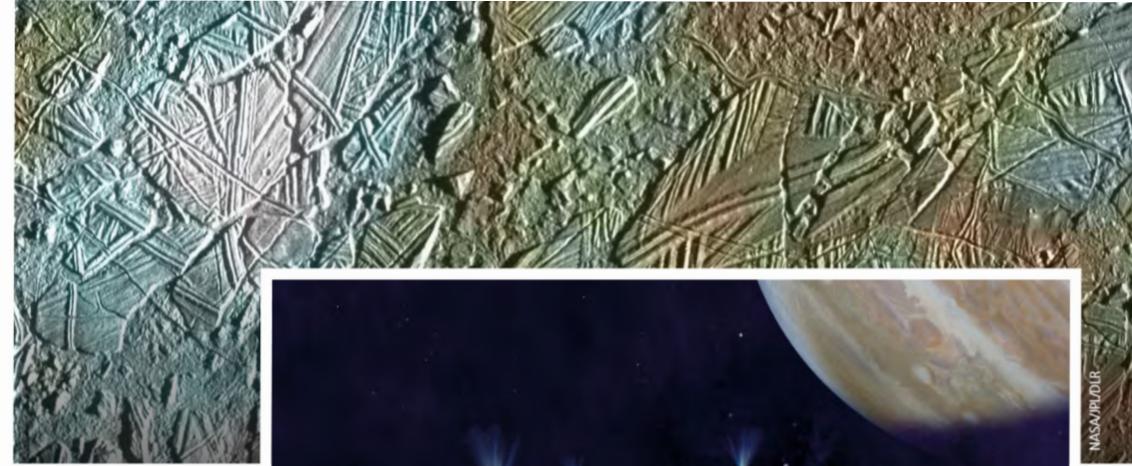
Unsichtbare Meere und einzigartige Magnetfelder

JUICE wird in den 2030er Jahren detaillierte Untersuchungen des Jupiter und seines Systems durchführen. Schwerpunkt der Mission ist es, herauszufinden, wie diese möglicherweise lebensfreundlichen Umgebungen unter den Krusten der eisigen Satelliten von Jupiter entstanden sind und wie sie heute aussehen. Dabei liegt der Fokus auf den unsichtbaren Meeren in Ganymed, Europa und möglicherweise auch Callisto. Ganymed soll als quasi-planetarer Körper und potenzieller Lebensraum am intensivsten untersucht werden. Der Mond ist ein natürliches Labor für die Analyse der Natur, Entwicklung und möglichen Bewohnbarkeit von eisigen Welten und darüber hinaus auch wegen seines einzigartigen Magnetfelds und der Plasmawechselwirkungen in der Jupiterumgebung interessant. Untersuchungen von Europa und Callisto werden das Bild dieser Monde vervollständigen. Jupiter selbst ist der Archetyp für die Gasgiganten des Sonnensystems und deshalb auch für die vielen Riesenplaneten, die als „Exoplaneten“ andere Sterne umkreisen und bereits zu Tausenden entdeckt wurden.

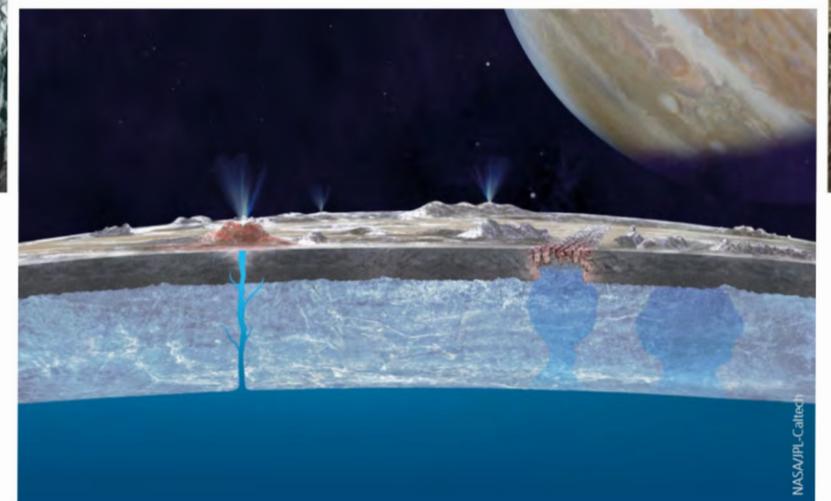
Verschlungene Wege durchs All

Doch zunächst wird noch viel Zeit vergehen. Aktuell wird die ESA-Raumsonde in Toulouse bei Airbus Space and Defence auf ihren Start an der Spitze einer Ariane 5 im Herbst 2022 vorbereitet. Die Instrumente sind bereits „auf Herz und Nieren“ getestet und kalibriert worden, um das Gütesiegel der „Weltraumtauglichkeit“ zu erhalten, jetzt wird eines nach dem anderen eingebaut. Fast acht Jahre soll die Reise durchs All dauern. Um Jupiter zu erreichen, der sich auf einem Orbit in 780 Millionen Kilometer Entfernung zur Sonne befindet, sind vier Vorbeiflüge an der Erde und einer an der Venus erforderlich. Die Mission gipfelt in einer achtmonatigen Umrundung Ganymeds, bei der JUICE detaillierte Untersuchungen des Mondes und seiner Umgebung macht und am Missionsende unweigerlich auf Ganymed zerschellen wird.

Ulrich Köhler ist Planetengeologe am DLR-Institut für Planetenforschung in Berlin-Adlershof und hat die Ankunft der NASA-Raumsonde Galileo 1995 am Jupiter noch in bester Erinnerung.

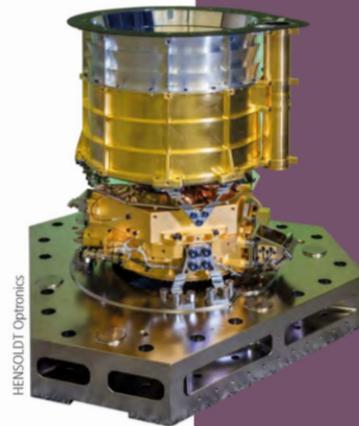


Zerbrochene, verschobene und rotierte Eisschollen, teilweise von farbigen Mineralsalzen bedeckt (Bild oben), sind klare Hinweise auf einen Ozean unter der Eiskruste von Europa (Bild rechts). Aus diesem wird salzhaltiges Wasser auf die Oberfläche gepresst, das dort gefriert und mit Schwefel von Vulkan- ausbrüchen auf Io reagiert.



GALA

Das „Ganymed Laser-Altimeter“ (GALA) wurde in Verantwortung des DLR-Instituts für Planetenforschung entwickelt und in Zusammenarbeit mit Industriepartnern (HENSOLDT Optronics GmbH, Oberkochen) sowie Forschungseinrichtungen aus Deutschland, Japan, der Schweiz und Spanien gebaut. Es ist das erste Mal, dass ein solches Instrument im äußeren Sonnensystem zur Anwendung kommt. Wissenschaftlicher Leiter ist Dr. Hauke Hußmann vom DLR-Institut für Planetenforschung.



GALA wird die Deformation der Eiskruste Ganymeds und dadurch der Gestalt messen, um Hinweise auf einen globalen inneren Ozean zu erbringen. Außerdem entsteht eine umfangreiche Karte der gesamten regionalen und lokalen Topografie. Sie soll helfen, die Prozesse zu verstehen, die den Mond formten. Zusätzlich wird aus Messungen zu unterschiedlichen Zeiten des sieben-tägigen Umlaufs Ganymeds um Jupiter die Gezeitendeformation, das Heben und Senken der Kruste, analysiert. Aus deren Höhe können die Existenz eines inneren Ozeans nachgewiesen und mechanische Eigenschaften der darüber liegenden Eisschicht bestimmt werden. Das Experiment wird auch Messungen an Europa und Callisto aufzeichnen. Bei Europa erhofft man sich ebenfalls Hinweise auf flüssiges Wasser dicht unter der Oberfläche.

GALA besteht aus zwei Elektronikeinheiten und einem optischen Teil, der den Laser und das Teleskop für den Empfänger enthält. Bei den Messungen werden Laserpulse 30- bis 50-mal pro Sekunde aus 500 Kilometer Höhe im nahen Infrarot zur Oberfläche Ganymeds gesandt. Ein hochempfindlicher Detektor zeichnet die reflektierten Pulse auf. Weil GALA die Lichtlaufzeit auf weniger als eine Nanosekunde genau messen kann, lässt sich die Position und Ausrichtung der Raumsonde sehr genau bestimmen und so Ganymeds Oberfläche optisch präzise abtasten. Aus den Daten entsteht das globale Höhenmodell.