

Europa (Mond)

Europa (auch *Jupiter II*) ist der zweitinnerste Mond des Planeten Jupiter. Sie ist mit einem Durchmesser von 3121 km der kleinste der vier großen Jupitermonde und der sechstgrößte Mond im Sonnensystem.

Europa ist ein Eismond. Obwohl die Temperatur auf der Oberfläche von Europa maximal −150 °C erreicht, lassen Messungen des äußeren Gravitationsfeldes und der Nachweis eines induzierten Magnetfeldes in der Umgebung Europas mit Hilfe der Galileo-Sonde darauf schließen, dass sich unter der mehrere Kilometer mächtigen Wassereishülle ein etwa 100 km tiefer Ozean aus flüssigem Wasser befindet.

Inhaltsverzeichnis

Entdeckung

Umlaufbahn und Rotation

Aufbau und physikalische Daten

Oberfläche

Krater

Furchen und Gräben

Weitere Strukturen

Innerer Aufbau

Eiskruste und Ozean

Hinweise auf Plattentektonik

Mantel und Kern

Atmosphäre

Magnetfeld

Spekulationen über Leben auf Europa

Erkundung durch Sondenmissionen

Geplante Missionen

Europa in der Populärkultur

Literatur

Weblinks

Einzelnachweise

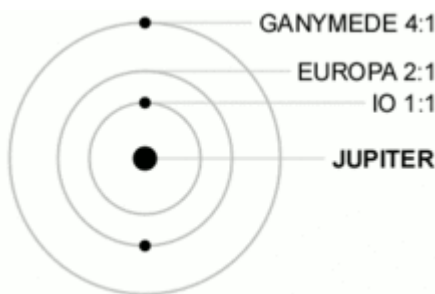
Entdeckung

Europas Entdeckung wird dem italienischen Gelehrten Galileo Galilei zugesprochen, der im Jahr 1610 sein einfaches Fernrohr auf den Jupiter richtete. Die vier großen Monde Io, Europa, Ganymed und Kallisto werden auch als die Galileischen Monde bezeichnet.

Benannt wurde der Mond nach Europa, einer Geliebten des Zeus aus der griechischen Mythologie. Obwohl der Name Europa bereits kurz nach seiner Entdeckung von Simon Marius vorgeschlagen wurde, konnte er sich über lange Zeit nicht durchsetzen. Erst in der Mitte des 20. Jahrhunderts kam er wieder in Gebrauch. Vorher wurden die Galileischen Monde üblicherweise mit römischen Ziffern bezeichnet und Europa war *Jupiter II*.

Die Galileischen Monde sind so hell, dass man sie auch mit einem Fernglas beobachten kann.

Umlaufbahn und Rotation



Resonanzverhältnisse mit Angaben in Bezug auf Io

Europa umkreist Jupiter rechtläufig in einem mittleren Abstand von 670.900 Kilometern in 3 Tagen, 13 Stunden und 14,6 Minuten. Ihre Umlaufbahn ist mit einer numerischen Exzentrizität von 0,0101 fast kreisförmig. Ihr jupiternächster und -fernster Bahnpunkt – Perijovum und Apojovum – weichen jeweils nur um 1,01 % von der großen Halbachse ab. Die Bahnebene ist nur 0,470° gegenüber Jupiters Äquatorebene geneigt.

Die Umlaufzeit von Europa steht zu ihrem inneren und äußeren Nachbarmond in einer Bahnresonanz von 2:1 bzw. 1:2; das heißt, während zwei Umläufen von Europa läuft Io genau viermal und Ganymed genau einmal um Jupiter.

Europa weist, wie die übrigen inneren Jupitermonde, eine gebundene Rotation auf, d. h. sie wendet dem Planeten stets dieselbe Seite zu.

Aufbau und physikalische Daten

Europa	
Jupitermond Europa, aufgenommen aus einer Entfernung von 677.000 km von der Raumsonde <u>Galileo</u> am 7. September 1996	
Zentralkörper	<u>Jupiter</u>
Eigenschaften des Orbits ^[1]	
Große Halbachse	671.100 km
Periapsis	665.100 km
Apoapsis	677.100 km
Exzentrizität	0,009
Bahnneigung	0,470°
Umlaufzeit	3,551181 d
Mittlere Orbitalgeschwindigkeit	13,74 km/s
Physikalische Eigenschaften ^[1]	
Albedo	0,68
Scheinbare Helligkeit	5,3 mag
Mittlerer Durchmesser	3121,6 km
Masse	4,80 × 10 ²² kg
Oberfläche	30.600.000 km ²
Mittlere Dichte	3,01 g/cm ³
Siderische Rotation	3,551 Tage
Achsneigung	0°
Fallbeschleunigung an der Oberfläche	1,32 m/s ²
Fluchtgeschwindigkeit	2040 m/s
Oberflächentemperatur	50 – 102 – 125 K
Entdeckung	
Entdecker	<u>Galileo Galilei</u>

Europa besitzt einen mittleren Durchmesser von 3121,6 Kilometern und eine mittlere Dichte von 3,01 g/cm³. Obwohl sie deutlich der kleinste der vier Galileischen Monde ist, ist ihre Masse größer als die aller kleineren Monde des Sonnensystems zusammengenommen.

Die Temperatur auf Europas Oberfläche beträgt nur 110 K (etwa -160 °C) am Äquator und 50 K (etwa -220 °C) an den Polen.

Oberfläche



Die zurzeit höchstaufgelöste Aufnahme der Europa-Oberfläche. Der Ausschnitt zeigt ein Gebiet von 1,8 km × 4,8 km. Norden ist rechts.

Die Oberfläche von Europa umfasst 30,6 Millionen Quadratkilometer, was ungefähr der Größe von Afrika entspricht. Mit einer Albedo von 0,64 ist sie eine der hellsten Oberflächen aller bekannten Monde im Sonnensystem: 64 % des eingestrahnten Sonnenlichts werden reflektiert. Die Oberfläche setzt sich aus Eis zusammen. Die rötlichen Färbungen sind Folge von abgelagerten Mineralien. Die Oberfläche ist außergewöhnlich eben. Sie ist von Furchen überzogen, die allerdings eine geringe Tiefe aufweisen. Nur wenige Strukturen, die sich mehr als einige hundert Meter über die Umgebung erheben, wurden festgestellt.

Krater

Europas Oberfläche weist nur sehr wenige Einschlagkrater auf, die zudem nur von geringerer Größe sind. Von den 41 benannten Kratern ist Taliesin mit einem Durchmesser von 50 Kilometern der größte.^[2] Der zweitgrößte Krater, Pwyll, hat einen Durchmesser von 26 Kilometern. Pwyll ist eine der geologisch jüngsten Strukturen auf Europa. Bei dem Einschlag wurde helles Material aus dem Untergrund über hunderte von Kilometern hinweg ausgeworfen.

Die geringe Kraterdichte ist ein Hinweis darauf, dass Europas Oberfläche geologisch sehr jung ist bzw. sich regelmäßig erneuert, sodass nur Einschläge von Kometen und Asteroiden der jüngeren geologischen Vergangenheit darauf dokumentiert sind. Berechnungen des Oberflächenalters anhand der Kraterdichte

Datum der Entdeckung	7. Januar 1610
Anmerkungen	Einfach gebundene Rotation Europa hat eine Atmosphäre mit $< 10^{-6}$ Pa
Größenvergleich zwischen Europa (unten links), <u>Erdmond</u> (oben links) und <u>Erde</u> (maßstabsgerechte Fotomontage)	



Der 26 km große Einschlagkrater Pwyll

ergaben ein Höchstalter von ca. 90 Millionen Jahren. Damit besitzt Europa mit die jüngste Oberfläche unter den soliden Himmelskörpern im Sonnensystem.^[3]

Ferner konnten anhand von Nahinfrarotaufnahmen der Galileo-Sonde Schichtsilikate auf Europa nachgewiesen werden. Es wird vermutet, dass sie von einem Objekt stammen, das in einem flachen Winkel eingeschlagen ist, wodurch die Einschlagsenergie des Impaktors relativ gering war, sodass dieser weder vollständig verdampfen noch sich tief in die Kruste bohren konnte. Von besonderer Bedeutung ist diese Entdeckung deshalb, weil solche Objekte oft auch organische Verbindungen, sogenannte *Bausteine des Lebens*, mit sich führen.^[4]

Furchen und Gräben

Europas auffälligstes Merkmal ist ein Netzwerk von kreuz und quer verlaufenden Gräben und Furchen, Lineae genannt (Einzahl: Linea), die die gesamte Oberfläche überziehen. Die Lineae haben eine starke Ähnlichkeit mit Rissen und Verwerfungen auf irdischen Eisfeldern. Die größeren sind etwa 20 Kilometer breit und besitzen undeutliche äußere Ränder sowie einen inneren Bereich aus hellem Material. Die Lineae könnten durch Kryovulkanismus (Eisvulkanismus) oder den Ausbruch von Geysiren aus warmem Wasser entstanden sein, wodurch die Eiskruste auseinander gedrückt wurde.

Diese Lineae befinden sich außerdem zum allergrößten Teil an anderen Stellen, als man sie erwartet. Dies lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass sich zwischen Eiskruste und Mondoberfläche ein Ozean befindet. Dieser könnte entstanden sein, weil sich auf Grund der exzentrischen Umlaufbahn des Mondes um den Jupiter andauernd dessen Gravitationswirkung auf Europa ändert, sodass dieser ständig verformt wird. Durch diese Gezeitenkräfte erwärmt sich Europa und das Eis schmilzt zum Teil.

Wenn Europa auf seiner Umlaufbahn die größte Jupiterentfernung durchlief, konnten wiederholt Wasserstoff- und Sauerstoffatome über dem Südpol nachgewiesen werden. Es wird vermutet, dass sie aus der Spaltung von Wassermolekülen stammten, die freigesetzt werden, wenn sich Spalten öffnen und Wasser in den Weltraum schießt, das nach dem Aufstieg bis in eine Höhe von 200 Kilometern auf die Oberfläche zurückfällt.^[5]

Weitere Strukturen

Ein weiterer Typ von Oberflächenstrukturen sind kreis- und ellipsenförmige Gebilde, Lenticulae (lat. Linsen) genannt. Viele sind Erhebungen (engl. Domes), andere Vertiefungen oder ebene dunkle Flecken. Die Lenticulae entstanden offensichtlich durch aufsteigendes wärmeres Eis, vergleichbar mit Magmakammern in der Erdkruste. Die Domes wurden dabei empor gedrückt, die ebenen dunklen Flecken könnten gefrorenes Schmelzwasser sein. Chaotische Zonen, wie Conamara Chaos, sind wie ein Puzzle aus Bruchstücken geformt, die von glattem Eis umgeben sind. Sie haben das Aussehen von Eisbergen in einem gefrorenen See.

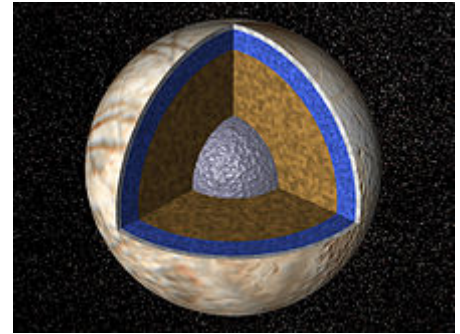


Das Terrain Conamara Chaos

Innerer Aufbau

Eiskruste und Ozean

Die äußere Hülle Europas besteht aus Wasser. Basierend auf Messungen des Gravitationsfeldes wurde ihre Mächtigkeit zwischen 80 und 170 Kilometern berechnet.^[6] Diese äußere Hülle, die man in Analogie zum Aufbau des Erdkörpers als *Kruste* auffassen kann,^[7] ist differenziert in eine äußere Schicht aus Wassereis und eine innere Schicht aus flüssigem Wasser. Die innere flüssige Wasserschicht wird allgemein auch als *Ozean* bezeichnet.



Drei-Schichten-Modell des inneren Aufbaus von Europa: Der Kern besteht aus flüssigem Eisen und ist von einem mächtigen Mantel aus Silikatgesteinen umgeben. Die äußere Schicht besteht aus Wasser und gliedert sich in einen „Ozean“ und eine Eishülle.

Das genaue Verhältnis von Eis zu Wasser in der äußeren Hülle ist zurzeit noch unbekannt. Jedoch gibt es verschiedene Hypothesen, die auf verschiedenen Ansätzen beruhen. So kommen Berechnungen, denen die Auswertungen von Oberflächenstrukturen zugrunde liegen, auf eine Mächtigkeit der Eishülle von 2 bis 18 Kilometern. Die magnetometrischen Messungen der Galileo-Sonde legen nahe, dass der Ozean zumindest einige Kilometer mächtig sein muss, um die Messwerte erklären zu können. Andere Autoren schließen aufgrund der gleichen Daten auf eine Höchsttiefe des Ozeans von 100 Kilometern bzw. eine Höchstmächtigkeit der Eishülle von 15 Kilometern.^[8] Obwohl Europa deutlich kleiner als die Erde ist, wäre die dort vorkommende Menge an flüssigem Wasser damit mehr als doppelt so groß wie die der irdischen Ozeane. Ab etwa drei Kilometern unter der Oberfläche könnte es außerdem im Eis eingeschlossene Wasserblasen geben.^{[9][10]}



Ein Gebiet mit Lineae, Domes und dunklen Flecken; der Ausschnitt ist 140 × 130 km groß

Die relativ glatte Oberfläche Europas und die darauf erkennbaren Strukturen erinnern sehr stark an Eisfelder in Polarregionen auf der Erde. Bei den sehr niedrigen Oberflächentemperaturen ist Wassereis hart wie Gestein. Die größten sichtbaren Krater wurden offensichtlich mit frischem Eis ausgefüllt und eingeebnet. Detaillierte Aufnahmen zeigen, dass sich Teile der Eiskruste gegeneinander verschoben haben und zerbrochen sind, wobei ein Muster von Eisfeldern entstand. Die Bewegung der Kruste wird durch Gezeitenkräfte hervorgerufen, die die Oberfläche um 30 m heben und senken. Die Eisfelder müssten aufgrund der gebundenen Rotation ein bestimmtes, vorhersagbares Muster aufweisen. Weitere Aufnahmen zeigen stattdessen, dass nur die geologisch jüngsten Gebiete ein solches Muster aufweisen. Andere Gebiete weichen mit zunehmendem Alter von diesem Muster ab. Das kann damit erklärt werden, dass sich Europas Oberfläche geringfügig schneller bewegt als ihr innerer Mantel und der Kern. Die Eiskruste ist vom Mondinnern durch den dazwischen liegenden Ozean mechanisch entkoppelt und wird von Jupiters Gravitationskräften beeinflusst. Vergleiche von Aufnahmen der Raumsonden Galileo und Voyager 2 zeigen, dass sich Europas Eiskruste in etwa 10.000 Jahren einmal komplett um den Mond bewegen müsste.

Hinweise auf Plattentektonik

Die von der Voyager- und Galileosonde aufgenommenen Bilder lassen auch darauf schließen, dass die Oberfläche von Europa Subduktion unterliegt. Ähnlich wie bei der Plattentektonik auf der Erde schieben sich mächtige Eisplatten langsam übereinander, wobei die in die Tiefe gedrängten Platten aufschmelzen; an anderen Stellen entsteht dafür neues Oberflächenmaterial.^[11] Dem vorgeschlagenen zugrunde liegenden Modell zufolge besteht Europas Eismantel aus zwei Schichten. Die äußere Schicht aus festem Eis „schwimmt“ auf einer Schicht aus weicherem, konvektionierenden Eis.^[12] Dies ist der erste entdeckte Fall von Plattentektonik auf einem Himmelskörper außer der Erde.^[13]

Mantel und Kern

Europa gilt zwar als Paradebeispiel für einen Eismond, aber der Anteil des Eises am Gesamtvolumen dieses Jupitermondes ist relativ gering und sein Aufbau entspricht eher dem der terrestrischen (erdähnlichen) Planeten: Im Zentrum befindet sich ein wahrscheinlich flüssiger Eisen- oder Eisen-Eisensulfid-Kern. Dieser ist von einem Mantel aus Silikatgesteinen umgeben, der den überwiegenden Teil des Volumens des Satelliten ausmacht.^[6]

Atmosphäre

Aufnahmen des Hubble-Weltraumteleskops ergaben Hinweise auf das Vorhandensein einer extrem dünnen Atmosphäre aus Sauerstoff, mit einem Druck von 10^{-11} bar. Es wird angenommen, dass der Sauerstoff durch die Einwirkung der Sonnenstrahlung auf die Eiskruste entsteht, wobei das Wassereis in Sauerstoff und Wasserstoff gespalten wird. Der flüchtige Wasserstoff entweicht in den Weltraum, der massereichere Sauerstoff wird durch Europas Gravitation festgehalten.

Magnetfeld

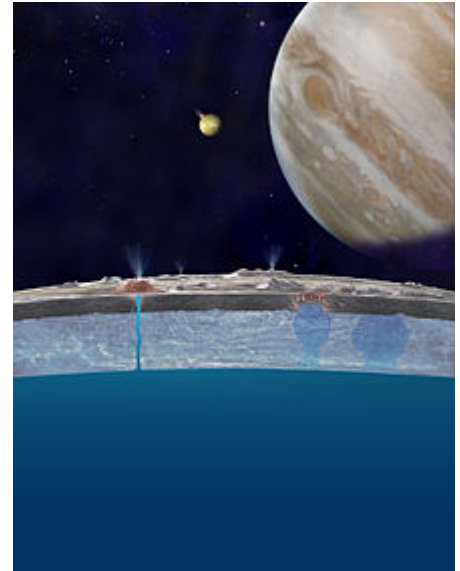
Bei Vorbeiflügen der Galileosonde wurde ein schwaches Magnetfeld gemessen (seine Stärke entspricht etwa $\frac{1}{4}$ der Ganymeds). Das Magnetfeld variiert, während sich Europa durch die äußerst ausgeprägte Magnetosphäre des Jupiter bewegt. Die Daten von Galileo weisen darauf hin, dass sich unter Europas Oberfläche eine elektrisch leitende Flüssigkeit befindet, etwa ein Ozean aus Salzwasser. Darüber hinaus zeigen spektroskopische Untersuchungen, dass die rötlichen Linien und Strukturen an der Oberfläche reich an Salzen wie Magnesiumoxid sind. Die Salzablagerungen könnten zurückgeblieben sein, als ausgetretenes Salzwasser verdampft war. Da die festgestellten Salze in der Regel farblos sind, dürften andere Elemente wie Eisen oder Schwefel für die rötliche Färbung verantwortlich sein.

Spekulationen über Leben auf Europa

Das mögliche Vorhandensein von flüssigem Wasser ließ Spekulationen darüber aufkommen, ob in Europas Ozeanen Formen von Leben existieren können. Auf der Erde wurden Lebensformen entdeckt, die unter extremen Bedingungen auch ohne das Vorhandensein von Sonnenlicht bestehen können, etwa in den hydrothermalen Quellen (Schwarze Raucher) oder in der Tiefsee.

Nach einem Bericht des Wissenschaftsmagazins New Scientist kamen NASA-Wissenschaftler, die die gestrichene Nasa-Mission Jupiter Icy Moons Orbiter planten, nach Auswertungen früherer Missionen im Frühjahr 2004 zu dem Schluss, dass der Mond Europa weitaus lebensfeindlicher sein könnte als zuvor angenommen.

So wurden auf der Oberfläche Wasserstoffperoxid und von konzentrierter Schwefelsäure bedeckte Flächen nachgewiesen. Hier geht man davon aus, dass die Säure aus dem unter der Eisschicht angenommenen Ozean stammt. Die Konzentration wird mit unterseeischem Vulkanismus erklärt, der für den Schwefel verantwortlich sein kann.^[14]



Mögliche Verbindungen von Europas unterirdischem Ozean mit der Oberfläche

Es ist durchaus möglich, dass der Schwefel vom Jupitermond Io stammt. Mittlerweile gibt es auch Indizien dafür, dass der vermutete Ozean unter der Oberfläche Europas eine nennenswerte Salzkonzentration hat. So wurde Epsomit auf der Oberfläche nachgewiesen (eine Magnesiumsulfat-Verbindung). Epsomit könnte durch Reaktion des Schwefels vom Jupitermond Io mit Magnesiumchlorid unter Strahleneinwirkung entstanden sein. Das Magnesiumchlorid stammt mit hoher Wahrscheinlichkeit aus dem Innern Europas. Epsomit ist im Infrarotbereich wesentlich einfacher nachzuweisen als Natrium- oder Kaliumchlorid, das man eher auf Europa vermuten würde.^[15] Untersuchungen im sichtbaren Bereich bestätigen, dass auf der Oberfläche Europas größere Mengen Natriumchlorid zu finden sind. Ob es aus dem Inneren des Mondes stammt, konnte mit dem Verfahren jedoch nicht gezeigt werden.^[16]

Um eine Kontaminierung Europas mit irdischen Mikroorganismen zu vermeiden, ließ man die Raumsonde Galileo, die zuletzt Europa beobachtete, in der Jupiteratmosphäre verglühen.

Bislang gibt es keine Hinweise für Leben, doch sollen spätere Missionen dies klären. Gedacht wird an eine unbemannte Kryobot-Raumsonde, die auf der Oberfläche landen, sich durch die Eiskruste durchschmelzen und eine Art „Mini-U-Boot“ in Europas Ozean ablassen soll. Bevor diese Mission überhaupt Wirklichkeit werden kann, könnte in der nächsten Dekade eine Europa-Orbiter-Raumsonde gestartet werden, die in eine Umlaufbahn um Europa eintreten und den Mond umfassend studieren soll. Davon erhofft man sich weitere Erkenntnisse über Europa zu sammeln und geeignete Landstellen für spätere Missionen zu finden.

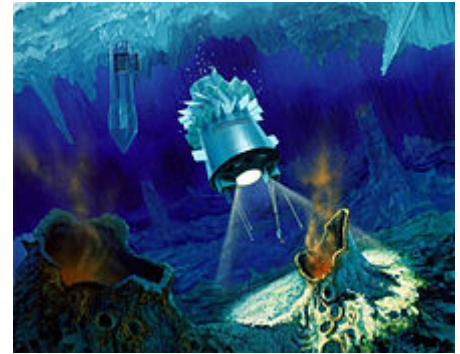
Erkundung durch Sondenmissionen

Nach dem Vorbeifliegen der Sonden Pioneer 10 und Pioneer 11 in den Jahren 1973 und 1974 gab es von den größten Monden Jupiters zumindest unscharfe Fotografien. Voyager 1 und Voyager 2 lieferten beim Vorbeifliegen 1979 wesentlich genauere Bilder und Daten. 1995 begann die Sonde Galileo, acht Jahre lang den Jupiter zu umrunden. Sie führte dabei auch genaue Untersuchungen und Messungen an den Galileischen Monden durch, auf denen der größte Teil unseres heutigen Wissens über diese Himmelskörper beruht.

Geplante Missionen

Für das Jahr 2020 planten die Raumfahrtagenturen NASA und ESA den Start der Europa Jupiter System Mission/Laplace Mission, welche zwei Orbiter vorsah (JEO – Jupiter Europa Orbiter und JGO – Jupiter Ganymede Orbiter), die jeweils in einen Orbit um Europa und Ganymed eintreten und das gesamte Jupitersystem mit einem revolutionären Tiefgang erforschen sollten. Der JEO (Jupiter Europa Orbiter)

sollte nach der Planung 2028 in den Orbit um Europa einschwenken und mehrere Jahre lang mit verschiedenen on-board-Instrumenten Daten u. a. über Morphologie, Temperatur und Schwerkraft des Mondes sammeln. Zusätzlich sollen mittels Ice Penetrating Radar die Eigenschaften des Wassereises studiert werden, um Aufschluss über die Konsistenz bzw. das Ausmaß des Eismantels und eines eventuellen flüssigen Ozeans geben zu können.^[17]



Künstlerische Konzeptillustration: ein Kryobot (oben links im Hintergrund) setzt einen Hydrobot aus.

Die NASA plant derzeit die Mission Europa Clipper mit einem Starttermin in den 2020er-Jahren. Geplant sind mehrere Vorüberflüge an Europa, durch die detaillierte Bilder der Mondoberfläche gesammelt werden sollen.^[18] Auch eine Schmelzsonde, die sich durch den Eismantel bohren soll, könnte Teil der Mission sein: Mehrere wissenschaftliche Einrichtungen wie das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) arbeiten derzeit an entsprechenden Prototypen.^[19]

Europa in der Populärkultur

Die allgemein von Wissenschaftlern angestellten Spekulationen über Leben auf Europa werden hin und wieder in popkulturellen Werken aufgegriffen. So hört man in dem Science-Fiction-Film 2010: Das Jahr, in dem wir Kontakt aufnehmen aus dem Jahr 1984 (Drehbuch: Arthur C. Clarke) eine Stimme aus dem Off, die eine nicht näher umrissene, hochentwickelte außerirdische Intelligenz repräsentiert, folgenden Satz sagen:

“All these worlds are yours – except Europa. Attempt no landing there. Use them together. Use them in peace.”

„All diese Welten sind euer – außer Europa. Versucht nicht, dort zu landen. Nutzt sie gemeinsam. Nutzt sie in Frieden.“

Der Science-Fiction-Film Europa Report aus dem Jahr 2013 handelt von einer bemannten Raumfahrtmission zum Jupitermond Europa, bei der die Crew der Landefähre auf große, komplexe und für Menschen offenbar gefährliche Lebewesen trifft. Diese bewohnen den Ozean unterhalb der Eiskruste Europas, die in dem Film stellenweise kaum dicker als die Eisdecke auf einem zugefrorenen See im Winter ist.

Literatur

- Robert T. Pappalardo, William B. McKinnon, Krishan Khurana (Hrsg.): *Europa*. The University of Arizona Press, Tucson AZ 2009, ISBN 978-0-8165-2844-8.

Weblinks

 **Commons: Europa** ([https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Europa_\(moon\)?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Europa_(moon)?uselang=de)) – Sammlung von Bildern, Videos und Audiodateien

- Die ~~Neun~~ 8 Planeten: Europa (<http://www.neunplaneten.de/nineplanets/europa.html>)

- *Gibt es Leben auf Europa?* (https://www.br.de/mediathek/video/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri-europa-2002_x100.html) aus der Fernseh-Sendereihe *alpha-Centauri* (ca. 15 Minuten). Erstmals ausgestrahlt am 15. Sep. 2002.
- *A Science Strategy for the Exploration of Europa* (http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=9451&page=R11) The National Academies, Space Studies Board, 1999. (englisch)
- *NASA Probe Data Show Liquid Water Evidence on Europa* (<http://www.jpl.nasa.gov/news/news.cfm?release=2011-355>) (englisch)

Einzelnachweise

1. NASA *Jovian Satellites Fact Sheet* (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/joviansatfact.html>), Apisiden, Bahngeschwindigkeit, Oberfläche und Helligkeit daraus berechnet.
2. *Europakrater im Gazetteer of Planetary Nomenclature* der IAU (WGPSN)/USGS (<http://planetarynames.wr.usgs.gov/SearchResults?target=EUROPA&featureType=Crater,%20craters>); zuletzt abgerufen am 31. Dezember 2017.
3. S. A. Kattenhorn, L. M. Prockter: *Subduction on Europa: The Case for Plate Tectonics in the Ice Shell*. 45th Lunar and Planetary Science Conference, March 17–21, 2014, The Woodlands, Texas. Abstract #1003 (<http://www.hou.usra.edu/meetings/lpsc2014/pdf/1003.pdf>) (PDF; 231 kB)
4. *Clay-Like Minerals Found on Icy Crust of Europa*. (<http://www.nasa.gov/jpl/news/europa-clay-like-minerals-20131211.html>) *nasa.gov*, 11. Dezember 2013; abgerufen: 9. Januar 2014
5. JPL: *Hubble Sees Evidence of Water Vapor at Jupiter Moon* (<http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2013-363>), 12. Dezember 2013, abgerufen am 15. Januar 2014
6. J. D. Anderson, G. Schubert, R. A. Jacobson, E. L. Lau, W. B. Moore, W. L. Sjogren: *Europa's Differentiated Internal Structure: Inferences from Four Galileo Encounters*. In: *Science*. Band 281, 1998, S. 2019–2022, doi:10.1126/science.281.5385.2019
7. Nicole A. Spaun, James W. Head III: *A model of Europa's crustal structure: Recent Galileo results and implications for an ocean*. *Journal of Geophysical Research: Planets*. Band 106, Nr. E4, 2001, S. 7567–7576, doi:10.1029/2000JE001270
8. Francis Nimmo, Michael Manga: *Geodynamics of Europa's Icy Shell*. In: Pappalardo et al. (Hrsg.): *Europa*. 2009 (siehe Literatur), S. 381–404
9. Sascha Haupt: *Neue Erkenntnisse über Wasser auf Jupitermond Europa*. (<http://www.raumfahrer.net/news/astronomie/16112011215925.shtml>) Beitrag auf Raumfahrer.net vom 16. November 2011 Beiträgen von BBC News und Nature
10. Martin Vieweg: *Eisiger Kandidat für außerirdische Lebensräume*. (<https://www.wissenschaft.de/umwelt-natur/eisiger-kandidat-fuer-ausserirdische-lebensraeume/>) Abgerufen am 6. September 2019. Beitrag auf wissenschaft.de vom 17. November 2011, basierend auf Rolf Müller et al.: *Nature*, (doi:10.1038/nature10608)
11. Kattenhorn, Simon; Prockter, Louise (2014): *Evidence for subduction in the ice shell of Europa*. *Nature Geosciences* 7 (9). doi:10.1038/ngeo2245
12. P. H. Figueredo, R. Greeley: *Resurfacing history of Europa from pole-to-pole geological mapping*. In: *Icarus*, 167 (2), 2004, S. 287, bibcode:2004Icar..167..287F (<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2004Icar..167..287F>), doi:10.1016/j.icarus.2003.09.016
13. Preston Dyches, Dwayne Brown, Michael Buckley: *Scientists Find Evidence of "Diving" Tectonic Plates on Europa*. (<http://www.jpl.nasa.gov/news/news.php?release=2014-300>) NASA, 8. September 2014; abgerufen am 8. September 2014.
14. *Life could be tough on acid Europa*. (http://www.newscientist.com/article/dn4664-life-could-be-tough-on-acid-europa.html#.VDciGvl_tzM) In: *New Scientist*. 15. Februar 2004, abgerufen am 10. Oktober 2014.
15. Stefan Deiters: *Jupitermond Europa, Ozean könnte irdischen Meeren gleichen*. (<http://www.astronews.com/news/artikel/2013/03/1303-007.shtml>) Astronews.com, 6./8. März 2013;

abgerufen 12. März 2013

16. Stefan Deiters: *Jupitermond Europa, Ozean im Untergrund noch irdischer?*. (<https://www.astronews.com/news/artikel/2019/06/1906-021.shtml>) Astronews.com, 19. Juni 2019; abgerufen 15. Juli 2019
17. [sci.esa.int](http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=107) (<http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=107>)
18. *Europa Clipper: Entwicklungsphase für Europa-Sonde beginnt*. (<http://www.astronews.com/news/artikel/2015/06/1506-028.shtml>) In: www.astronews.com. Abgerufen am 3. Dezember 2016.
19. *Mission Europa Clipper – Suche nach Leben auf Jupiters Eismond*. In: *Deutschlandfunk*. (http://www.deutschlandfunk.de/mission-europa-clipper-suche-nach-leben-auf-jupiters-eismond.676.de.html?dram:article_id=372076) [abgerufen am 3. Dezember 2016]).

Abgerufen von „[https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Europa_\(Mond\)&oldid=194785192](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Europa_(Mond)&oldid=194785192)“

Diese Seite wurde zuletzt am 10. Dezember 2019 um 07:43 Uhr bearbeitet.

Der Text ist unter der Lizenz „Creative Commons Attribution/Share Alike“ verfügbar; Informationen zu den Urhebern und zum Lizenzstatus eingebundener Mediendateien (etwa Bilder oder Videos) können im Regelfall durch Anklicken dieser abgerufen werden. Möglicherweise unterliegen die Inhalte jeweils zusätzlichen Bedingungen. Durch die Nutzung dieser Website erklären Sie sich mit den Nutzungsbedingungen und der Datenschutzrichtlinie einverstanden.

Wikipedia® ist eine eingetragene Marke der Wikimedia Foundation Inc.