

EUGEN REICHL

SPACE2025

DAS AKTUELLE RAUMFAHRT-JAHRBUCH MIT ALLEN STARTS



DER NEUE BLICK AUF JUPITER

Eugen Reichl

SPACE 2025

Das aktuelle Raumfahrt-Jahrbuch mit allen Starts

Web: www.space-jahrbuch.de / E-Mail: redaktion@space-jahrbuch.de

1. Auflage, November 2024
Copyright © by VFR e. V., München

Alle Rechte vorbehalten

Initiator: Verein zur Förderung der Raumfahrt e. V., www.vfr.de
Herausgeber: Thomas Krieger
Organisation: Peter Schramm
Lektorat: Heimo Gnilka, Margit Drexler, Thomas Krieger,
Peter Schramm, Stefan Schiessl
Titelmotiv: NASA
Layout & Satz: Stefan Schiessl, www.exploredesign.de
Druck: Rainer Gottschalk, www.flyer-store.de
ISBN: 978-3-944819-25-9

Editorial	4
Themen im Fokus	10
JUICE und Europa Clipper – Zwei Flaggschiffe auf dem Weg zum Gasriesen	12
Das James Webb Space Teleskop – Neue Entdeckungen	26
Musk vs. Bezos – Duell der Giganten	40
Ariane 6-Erstflug – Weitgehend erfolgreich	54
Chinas Raumfahrtprogramm.....	62
Europas Kleinträger – Eine Bestandsaufnahme.....	80
Raumfahrt-Fans als Anleger	94
Der holprige Flug des Starliner	100
Auf Europa und anderswo – Die Suche nach dem Leben	110
Die besten Raumfahrtbücher	132
Science Fiction Kurzgeschichten-Wettbewerb	142
Platz 3: „Eschers Höhle“ von Ulf Fildebrandt.....	144
Platz 2: „Der Scratcher“ von Randolph Eilenberger	150
Platz 1: „Eine alte Wunde“ von Christian Eckard Jäkel.....	156
Die 15 besten Microstories 2024.....	165
Raumfahrt-Jahreschronik.....	170
September 2023	172
Oktober 2023.....	178
November 2023.....	182
Dezember 2023	186
Januar 2024.....	193
Februar 2024	199
März 2024.....	204
April 2024	209
Mai 2024.....	215
Juni 2024.....	221
Juli 2024.....	225
August 2024.....	229
SPACE-Panorama – kurz notiert	234
Fakten, Fakten, Fakten.....	254
Das Raumfahrtjahr 2023 – Fakten & Highlights	256
Das Jahr 2023 – Überblick und Vergleich	264
Chronologie der Weltraumstarts 2023.....	273
Suborbitale Flüge bemannter und bemannter Systeme 2023.....	280
Entwicklung der Weltraumstarts in Diagrammen	282
Starttabelle Januar-September 2023 – Ausblick Oktober-Dezember 2024.....	284
Glossar	292
Raumfahrt-Geschichte in Jahrestagen	294

EDITORIAL

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

wir befinden uns gegenwärtig in einer goldenen Phase der Raumfahrt. Immer schneller, immer höher, immer weiter und immer mehr ist die Devise. Eine Sensation wird abgelöst von der nächsten: Starship-Testflüge in immer kürzerer Folge, neue Raumsonden zu Planeten und Asteroiden, der Aufbau weltumspannender Hochleistungskommunikationsnetze in der niedrigen Erdumlaufbahn und damit verbunden steil steigende Startzahlen. Chinas machtvoller Aufstieg zur Raumfahrt-Supermacht. Indiens bemanntes Raumflugprogramm und enorme Wachstumsraten in allen Bereichen der privaten Raumfahrt.

Bei solch einem Getümmel bleibt auch ein gelegentliches Stolpern nicht aus. Nach 334 erfolgreichen Missionen von SpaceX in ununterbrochener Reihenfolge – das ist mit weitem Abstand Weltrekord – schlug am 12. Juli der Start zur Starlink-Mission 9-3 fehl, wenngleich denkbar knapp. Die zweite Stufe des Trägers versagte bei der zweiten Zündung, wodurch die Satelliten auf einem nutzlosen Orbit strandeten. Es war der erste „inflight“-Fehlschlag von SpaceX im normalen Trägerbetrieb seit dem Jahr 2015.

Diese Blüte der Raumfahrt ist ein weltweites Phänomen, sieht man einmal von Russland ab, das sich weiterhin auf dem absteigenden Ast befindet, und – naja – leider auch Europa. Dabei ist es durchaus nicht so, dass man hier nicht auch gelegentlich über seinen angemessenen Platz in der weltweiten Raumfahrt nachdenkt. Und man hat ihn wohl auch schon gefunden. Denn wenn man schon technisch, programmatisch und wirtschaftlich nicht in der Raumfahrt-Oberliga mithalten kann, dann muss man das, was die anderen machen, wenigstens regulieren.

Wobei, da muss man ehrlich sein, diese Regulierungswut durchaus nicht auf Europa allein beschränkt ist, denn immer offensichtlicher wird selbst in den raumfahrtaffinen Vereinigten Staaten, dass die administrativen Genehmigungsstrukturen mit der schnellen Entwicklung der Raumfahrt nicht schritthalten können. Wir behandeln dieses Problem im Detail in unserem Beitrag *Duell der Giganten*.

Dennoch scheinen die Probleme, denen sich vor allem SpaceX in den USA ausgesetzt sieht, eher überschaubarer Natur zu sein, vergleicht man es mit dem Stillstand in Europa vor allem auf dem Trägerraketensektor.

Stellvertretend seien hier die bitteren Worte des Chefs der Rocket Factory Augsburg, Daniel Metzler, genannt, die sich in die Gratulation an SpaceX zum erfolgreichen IFT-5 Flug des Starship (siehe hierzu ebenfalls den

Beitrag *Duell der Giganten*) durch die sozialen Medien widerspiegeln. Der entsprechende „post“ war in Englisch verfasst. Ich habe ihn für Sie ins Deutsche übersetzt:

Gratulation an SpaceX. Was für eine unglaubliche Ingenieursleistung! Mars, wir kommen. Gleichzeitig hat die Medaille eine zweite Seite: Sie zeigt und bestätigt, dass Europa den Anschluss komplett verloren hat. Kann es diesen Rückstand jemals aufholen? Keine Chance. Zumindest nicht so, wie es derzeit läuft.

Europa hat ambitionierte private Raumfahrtakteure. Mit innovativen Ideen, Mut und Vision. Leider werden sie am langen Arm gehalten und drohen zu verkümmern, während alte Strukturen, Prozesse und Denkweisen beibehalten werden.

Was wir sofort und systematisch brauchen, sind staatliche Ankerkunden, substanzielle Investitionen und ein Rahmen, der eine unbürokratische, schnelle und risikofreudige Entwicklung ermöglicht und fördert. Sonst versinkt Europa schnell in der Bedeutungslosigkeit, wenn es um die Erforschung des Weltraums, seiner Ressourcen und seines Potenzials geht. Und wir überlassen es dem Rest der Welt, Geschichte zu schreiben.

So wie SpaceX es gestern getan hat.

Es liegt an Europa, es liegt an uns.

Soweit das Statement der Rocket Factory Augsburg, einem Startup der New-Space-Szene, das sich in diesem Jahr bedauerlicherweise mit einer Basiserkenntnis der Raumfahrt konfrontiert sah, nämlich dem Grundsatz, dass der Weg zu den Sternen rauh ist. Mehr darüber lesen Sie in dieser Ausgabe von SPACE im Artikel *Wo bleiben Europas Kleinträger?* und im Raumfahrtpanorama.

Europa führt im Jahr 2024 voraussichtlich (das Jahr läuft zum Zeitpunkt, an dem ich das schreibe, noch volle zwei Monate) ganze drei Orbitalstarts durch. Genauso wenige wie im Jahr zuvor. Bei SpaceX bei werden es am 31. Dezember 2024 irgendwo zwischen 120 und 130 Missionen sein. Möglicherweise sogar noch mehr. Weltweit werden etwa 260 Starts stattfinden.

Aber es gab natürlich auch viele positive Highlights in der weltweiten Raumfahrt. Meine drei Favoriten unter den Top-Ereignissen des Berichtszeitraums September 2023 bis August 2024 sind – und da will ich nach der Schelte endlich auch Europa mit einschließen –

- ★ Die Erstflüge der Vulcan, der Ariane 6 und der (nach einem Fehlschlag im März 2023) geglückte zweite Flug der japanischen H3.

- ★ Die faszinierenden Testmissionen IFT-2, 3, 4 und auch 5 des Starship von SpaceX. Die letzte dieser vier Missionen liegt zwar außerhalb des Berichtszeitraums, konnte aber – dank Verzögerungen im Erstellungsprozess – noch in unser aktuelles Buch mit aufgenommen werden (siehe Artikel *Duell der Giganten*).
- ★ Die bemannte Polaris-Dawn Mission. Auch die lag zwar schon zehn Tage außerhalb unseres Berichtszeitraums, aber da wollen wir nicht kleinlich sein, denn geplant war sie immerhin bereits für den August 2024.

Mein „Aufsteiger des Jahres“ ist Rocket Lab. Das Unternehmen hat sich endgültig im Reigen der Top-Raumfahrtfirmen etabliert. 2024 sieht es so aus, dass dieses derzeit noch weitgehend in Neuseeland beheimatete Unternehmen mehr Starts mit einem Trägerraketentyp durchführt als (mit Ausnahme von SpaceX natürlich) jeder andere Hersteller von Trägerraketen in der Welt. Rocket Lab hat mit der Neutron einen revolutionären, wiederverwendbaren Träger der mittleren Mittelklasse in Entwicklung, baut ein Startzentrum in Virginia und entwickelt Space Tugs, Satelliten, Raumsonden und Raumfahrt-Bauteile. Diversifikation ist dort angesagt, denn bei Rocket Lab hat man schon früh begriffen: Kleinträger sind nur gut fürs Zubrot. Ein Geschäft ist damit nicht zu machen.

Weiter im Abstieg begriffen ist dagegen die russische Raumfahrt, die jahrzehntelang zusammen mit den USA die Weltspitze innehatte. Aus diesem Land kommen zwar immer noch gelegentlich grafisch nett gestaltete Präsentationen, die auf bemannte nationale Raumstationen, Mondbasen und Satellitenkommunikationsnetze hinweisen, aber so recht glaubhaft ist das alles nicht. Fast alles was Russland heute leistet basiert noch auf dem Erbe der Sowjetunion. Hoffentlich bald am „Durchpendeln“, wenngleich auf hoffnungslos niedrigem Niveau, ist die europäische Raumfahrt. Immerhin: auf dem Satellitensektor bietet der alte Kontinent durchaus konkurrenzfähige Produkte an, in Sachen Innovation, Private Raumfahrt und vor allem auf dem Trägersektor muss man allerdings schon weit ins untere Mittelfeld absteigen, um dort Europa zu entdecken. Der „Sonderklasse-Award“ kann auch heuer an niemanden anderen als SpaceX gehen, das sich inzwischen schier Lichtjahre vom Verfolgerfeld abgesetzt hat. Als Stichworte seien hier nur drei Begriffe genannt: Starlink, Starship, Startrate.

Und wir dürfen China nicht vergessen, das weitgehend unbeachtet vom Westen seine Fähigkeiten und seine Infrastruktur mit enormem Mitteleinsatz ausbaut. In dieser Ausgabe werfen wir einen kurzen Blick auf die wachsenden Aktivitäten des Landes unter dem Titel *Chinas Raumfahrtprogramm*, in dem wir einige wichtige Entwicklungen der jüngsten Zeit vorstellen. Einen größeren Artikel zu diesem Themenfeld haben wir uns für das kommende Jahr vorgenommen.

Und wenn wir nun schon einmal angefangen haben, fahren wir gleich mit unserem traditionellen „Sneak Preview“ fort, und befinden uns auch gleich in einer detaillierten Beschreibung der Raumsonden JUICE und Europa Clipper und ihrer Mission im Artikel *Auf dem Weg zum Gasriesen*.

Wie im Vorjahr versprochen bringen wir in der aktuellen Ausgabe von SPACE, passend zum dritten Jahrestag des Starts dieses Weltraumteleskops der Superlative, einen Bericht über das James Webb-Space-Teleskop und präsentieren einige seiner faszinierenden Entdeckungen. Der Titel dieses Beitrags: Das James Webb Space Teleskop – Neue Entdeckungen.

Das *Duell der Giganten*, also den sich abzeichnenden Wettlauf zwischen Jeff Bezos' Blue Origin und Elon Musks SpaceX, haben wir schon erwähnt. Wir haben aber auch einen Blick auf den Erstflug der Ariane 6 geworfen, und dazu den Artikel *Ariane 6 – Größtenteils erfolgreich* in diese Ausgabe von SPACE mit aufgenommen.

Über die europäischen Startups für Kleinträger haben wir schon in früheren Ausgaben von SPACE berichtet. Sie gelten als die grünen Pflänzchen der Hoffnung im ansonsten eher tristen Trägersektor in Europa. Aber auch sie liegen inzwischen Jahre hinter den ursprünglich geplanten Erstflugdaten. Unser Bericht zu diesem Thema trägt den Titel *Wo bleiben Europas Kleinträger?*

Wenn man vom stark wachsenden Raumfahrtsektor hört, liegt die Frage nahe, ob man nicht auch persönlich finanziell davon profitieren könnte. Lesen Sie dazu den Beitrag *Raumfahrt-Fans als Anleger* von Martin Winter und Stefan Schiessl.

Die Geschichte um den bemannten Testflug des Starliners von Boeing haben Sie im Laufe des Jahres wahrscheinlich mitbekommen. Sie sorgte dafür, dass seine Crew, die Astronauten Butch Wilmore und Suny Williams, statt der geplanten neun Tage nun mindestens 270 Tage an Bord der ISS verbringen müssen (oder dürfen, je nachdem wie man das sieht). Der Artikel *Der holprige Flug des Starliner* beschreibt diese spannende Story im Detail.

Auf Europa und anderswo – Die Suche nach dem Leben... Schon lange gilt auf der Suche nach Leben im Sonnensystem der Jupitermond Europa mit seinem riesigen Ozean unter der Eiskruste als aussichtsreichster Kandidat neben dem Mars. Wenn wir in dieser Ausgabe die neuen Raumsonden auf dem Weg zum Jupiter ins Visier nehmen, soll auch dieses spannende Thema nicht fehlen.

Und schließlich haben wir noch – um den Artikel-Teil des Buches abzuschließen – an allfällige Weihnachts-, Geburtstags und sonstige Geschenke und natürlich auch an das eigene Lesevergnügen gedacht und fünf unserer Ansicht nach sehr gute aktuelle Raumfahrtbücher im Artikel *Die besten Raumfahrtbücher* besprochen, um Ihnen die Beschaffungsentscheidung zu erleichtern.

In unserer Rubrik *Raumfahrt-Panorama September 2023 – August 2024* gibt es wieder 24 Kurzartikel zu wichtigen und interessanten Ereignissen des Berichtsjahres, die wir nicht in unseren Fachartikeln abdecken konnten.

Unser diesjähriger Science-Fiction Wettbewerb befasste sich mit dem Thema „Kunst im Weltraum“, ein nicht unbedingt häufig bearbeitetes Thema in der Science Fiction. Wie immer finden Sie in der aktuellen Ausgabe von SPACE die drei ersten Preisträger. Trotz der nicht ganz leichten Themenvorgabe sind ihre Stories sehr phantasie reich, ungemein spannend und vor allen Dingen originell. Wie jedes Jahr sind sie ein echtes Highlight unseres Jahrbuches.

Auch die ultrakurzen SF-Stories sind heuer wieder mit dabei. Diese Geschichten sind in ihrem Umfang auf maximal 500 Zeichen inklusive der Leerzeichen beschränkt. Die Anzahl der Zusendungen ist weiter steigend, dieses Mal bekamen wir mehr als 150. In dieser Ausgabe stellen wir die nach unserem Dafürhalten 15 bemerkenswertesten Beiträge vor.

Neben den Artikeln und den Kurzgeschichten widmen wir einen wesentlichen Teil des Buches wie immer einer ausführlichen Dokumentation aller Raumfahrtstarts in der SPACE-typischen Berichtsperiode, die für den aktuellen Band vom September 2023 bis August 2024 läuft. Wir haben damit in den bislang erschienen 21 Bänden jede einzelne Mission, die seit 2003 in den Orbit oder darüber hinausging, im Detail dokumentiert. Aufgrund der ständig wachsenden Anzahl an Starts haben wir das Format dafür seit dem letzten Jahr umgestellt. Sie finden nun in unserer Raumfahrt-Jahreschronik einen kleinen „Anlauf text“ von 500 Zeichen Länge mit Bild und einem QR-Code, der Sie zur detaillierten, längeren Beschreibung des jeweiligen Starts weiterleitet.

Für die Zahlenfreaks und die Daten-Fans unter unseren Lesern haben wir wie jedes Jahr einen großen Block zur Raumfahrtstatistik des Berichtsjahres erarbeitet, und ganz hinten im Buch finden Sie wie immer ein Glossar und eine Raumfahrtgeschichte in Jahrestagen.

Am Schluss dieses Editorials ist wie jedes Jahr der Platz, denen zu danken, die wesentlich zum Entstehen zu SPACE beigetragen haben. Das ist heuer vor allem Peter Schramm, der das Jahrbuch seit 2006 mit großem Einsatz organisatorisch begleitet hat und dieses Ehrenamt nun leider krankheitsbedingt nicht mehr ausüben kann. Dann unser Grafiker, Layouter und Ideengeber Stefan Schiessl, der dafür sorgt, dass es ein hochwertiges Buch wird. Unterstützend tätig war in diesem Jahr wieder Lothar Karl, der Organisator des VFR-Science Fiction Kurzgeschichten-Wettbewerbs. Ein weiterer herzlicher Dank geht nach Berlin an unsere Lektorin Margit Drexler und nach Weilheim, wo Heimo Gnilka ebenfalls darüber wacht, dass das Buch so fehlerfrei wie möglich bei Ihnen erscheint.

Wie immer noch einige Zeilen zu unserem Kontaktangebot. Sie können uns per E-Mail unter redaktion@space-jahrbuch.de erreichen. Persönlicher und direkter geht es über unser Facebook-Konto

www.facebook.com/SPACE.Jahrbuch, das fast täglich Updates erlebt. Abonnieren Sie es und kommentieren Sie mit. Oder sehen sie sich unser spezielles SPACE-Portal unter www.space-jahrbuch.de an, wo Sie neben interessanten Dingen um das Thema Raumfahrt auch Informationen zu unserem Jahrbuch und sein Entstehen erhalten, und wo es einen Blog gibt, der regelmäßig mit Beiträgen „gefüttert“ wird. Diese Seite ist auch der Ort, an dem sie die Bände vergangener Jahre nachbestellen können, die im Buchhandel möglicherweise schon vergriffen sind.

Wenn Sie Kritik für uns haben oder Lob, Tipps oder Meinungen, ein Problem oder eine Frage zu den Inhalten, wenn Sie sich schon mal die Ausgabe für das nächste Jahr reservieren wollen oder gerne der Tochter oder dem Sohn eines oder mehrere der Bücher schenken wollen, gerne auch signiert: nehmen Sie über eine der vielfältigen Möglichkeiten Kontakt mit uns auf. Wir freuen uns auf Ihr Feedback.

Und jetzt hinein ins Raumfahrtgeschehen. Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre von SPACE 2025. Bleiben Sie uns weiterhin treu und gewogen.

Im Namen des SPACE-Teams,

*Ihr **Eugen Reichl***



FASZINATION RAUMFAHRT ERLEBEN!

Wir sind überzeugt, dass es viele gute Gründe für die Raumfahrt gibt, wissenschaftliche, wirtschaftliche und kulturelle. Im VFR möchten wir die Spannung, die Begeisterung und das Interesse an dieser neuen Grenze den Menschen weitervermitteln.

Ganz nach dem Motto „Faszination Raumfahrt erleben!“ bringen wir Raumfahrt-Insider mit der Öffentlichkeit zusammen, organisieren Ausstellungen, Vorträge in Schulen, Filmvorführungen, Studienfahrten und vieles mehr.

Wenn Sie auch an der Raumfahrt interessiert sind, nehmen Sie doch Kontakt mit uns auf!

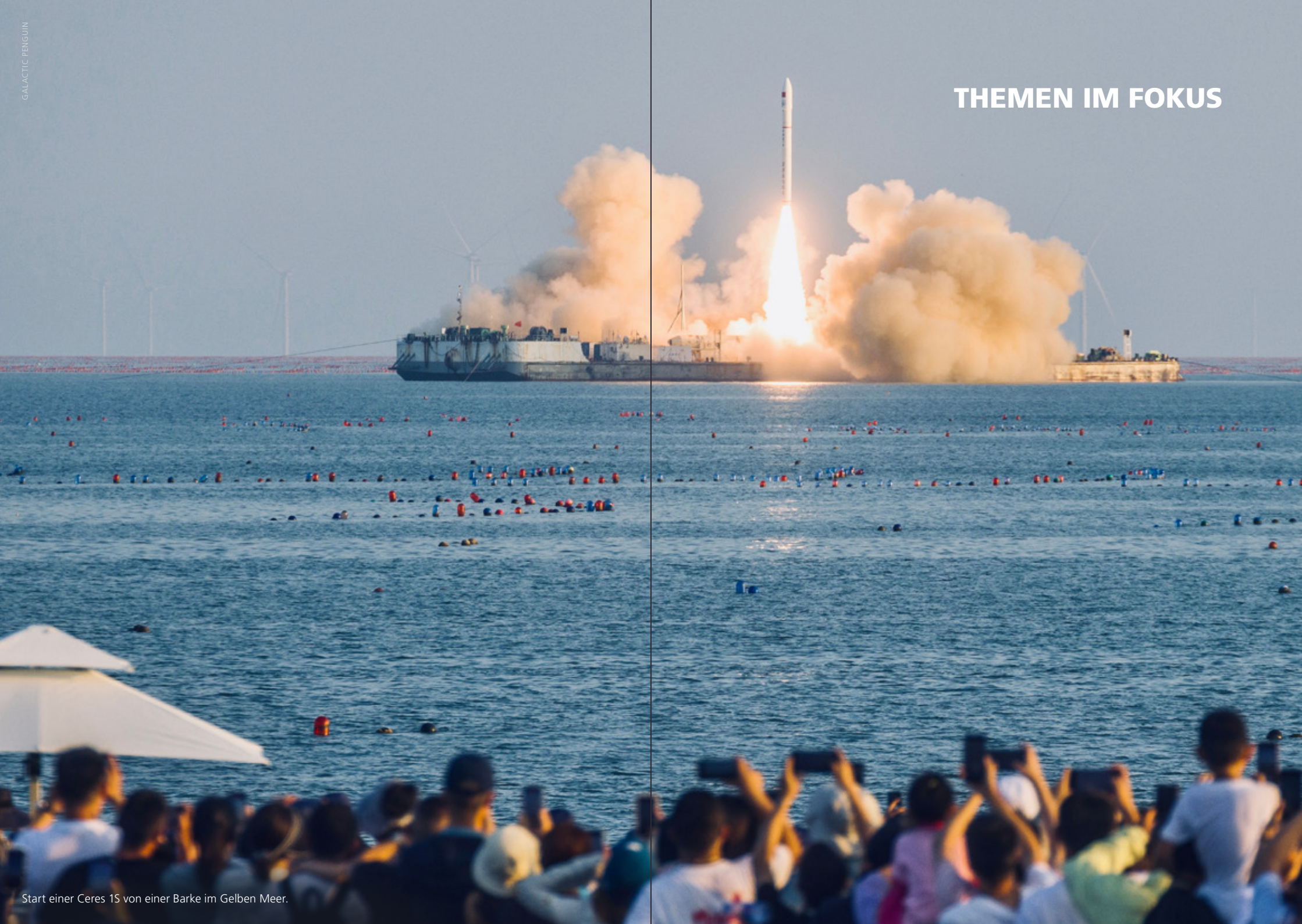
Verein zur Förderung der Raumfahrt e.V.
c/o Thomas Krieger
Weinbauernstr. 1, 81539 München
www.vfr.de • info@vfr.de

MITGLIED WERDEN

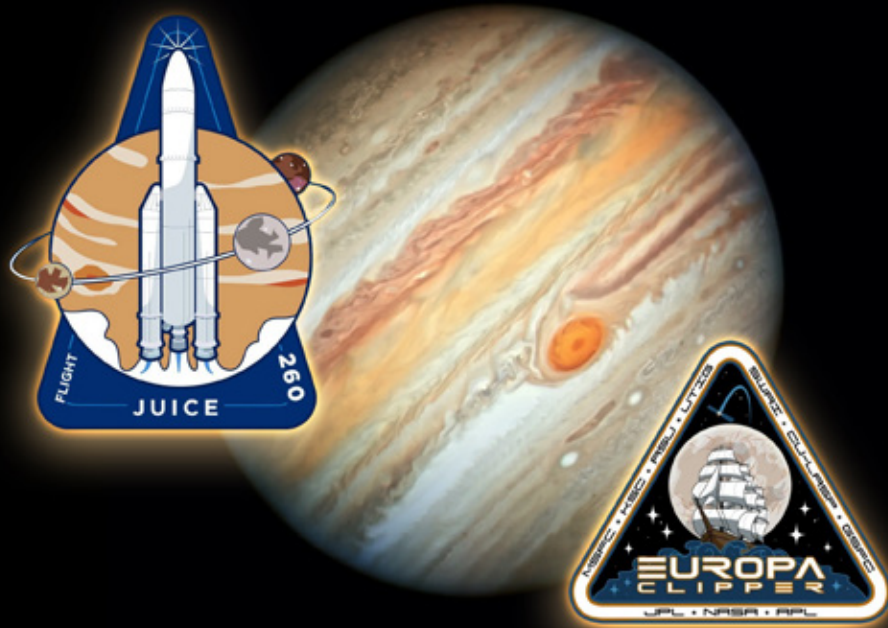
www.vfr.de/vfr/mitglied-werden



THEMEN IM FOKUS



Start einer Ceres 15 von einer Barke im Gelben Meer.



Das Startlogo der JUICE-Mission und das Missionspatch des Europa Clipper.

JUICE UND EUROPA CLIPPER – ZWEI FLAGGSCHIFFE AUF DEM WEG ZUM GASRIESEN

Es geschieht nicht oft in der Geschichte der Raumfahrt, dass zwei Flaggschiff-Missionen gleichzeitig zu einem gemeinsamen Ziel im Sonnensystem unterwegs sind. Der Begriff „Flaggschiff“ wird ganz offiziell bei NASA so verwendet, eher inoffiziell auch bei der ESA. Die Bedeutung hat sich im Laufe der Zeit ein wenig geändert, aber immer sind es Missionen, von denen sich auch reiche Raumfahrtnationen nur alle paar Jahre eine leisten können. Massiv, hochkomplex, mit einer großen Anzahl von Instrumenten ausgestattet, nur mit den größten Trägerraketen zu starten und über ihre gesamte Lebenszeit von weit mehr als einem Jahrzehnt mehrere Milliarden Euros oder Dollars teuer. Es sind Missionen wie Hubble und das James Webb Weltraumteleskop. Wie Rosetta und Cassini. Oder eben wie JUICE und der Europa Clipper. Das gemeinsame Ziel der beiden Letzten: Der Jupiter und seiner Monde. Den **Europa Clipper** wollen wir für den Zweck dieses Artikels gelegentlich auch einfach als den „Clipper“ bezeichnen, so wie es auch die NASA meistens tut. Und bei **JUICE**, der eigentlich mit vollem Namen **JU**piter **IC**y moon **E**xplorer heißt? Nun, belassen wir es hier bei dem leicht albernen Namen, den er nun einmal hat.

Start JUICE:

14. April 2023 mit einer Ariane 5 ECA von Kourou in Französisch-Guyana.

Start Clipper:

14. Oktober 2024 mit einer Falcon Heavy vom Kennedy Space Center in Florida.

Die Missionskosten sind gewaltig. Die hier genannten Zahlen beinhalten alle finanziellen Aufwände von der Konstruktion bis zum geplanten Missionsende, das bei beiden Raumsonden noch mehr als zehn Jahre in der Zukunft liegt. Das sind aber nur die Beträge für die Plan-Mission. Oft werden solche Einsätze über viele Jahre hinaus verlängert, wenn der Treibstoffvorrat das hergibt und die Instrumente noch gut funktionieren. Und dafür laufen natürlich weitere Kosten auf.

Missionskosten JUICE: 1,8 Milliarden Euro inklusive Trägerrakete.

Missionskosten Clipper: 5 Milliarden Dollar inklusive Trägerrakete.

Nachdem seit knapp einem Jahrzehnt klar war, dass sowohl Europa als auch die USA unabhängig voneinander eine Raumsonde zu Jupiter und seinen Monden entsenden wollen, wurden die beiden Missionen vernünftigerweise komplementär ausgelegt. Die USA spezialisieren sich vor allem auf den Mond Europa, den sie mit mindestens 49 Vorbeiflügen erforschen wollen. Die Distanzen zur Oberfläche des Mondes variieren dabei zwischen 2700 und nur 25 Kilometer. JUICE dagegen wird nur zwei Vorbeiflüge an Europa unternehmen und sich vor allem auf die Monde Callisto und Ganymed konzentrieren. Um letzteren, den größten Mond unseres Sonnensystems, wird JUICE gegen Ende seiner Mission sogar in eine Umlaufbahn eintreten.

Beide Raumsonden, vor allem aber der Clipper, haben eine bewegte und lange Entwicklungsgeschichte hinter sich, die für sich alleine schon einen längeren Artikel rechtfertigen würde. Die ersten Studien zum Europa Clipper begannen 1997. Damals war die Sonde als Projekt innerhalb des Discovery-Programms der NASA geplant. Um diese Zeit lief noch die Galileo-Mission, die unter anderem acht Vorbeiflüge an Europa in Abständen zwischen 3600 und 200 Kilometern durchführte. Nach mehreren Namens- und Programmwechsellern startete 2013 die Detailentwicklung des Clippers. 2019 begann dann der Bau der Sonde.

Das Raumfahrzeug erhielt in den USA trotz enormer Kostensteigerungen (man schätzte 2013 die Gesamtkosten des Vorhabens noch auf zwei Milliarden Dollar) durchweg die volle Unterstützung des Kongresses durch beide Parteien, was bei Raumfahrtvorhaben eher selten der Fall ist. Erkennbar ist daran das große Interesse an der Suche nach Leben in den Ozeanen dieses Eismondes. Allerdings bestand der Kongress in den Anfangsjahren eisern darauf, dass die Sonde mit der SLS-Rakete des Artemis-Programms gestartet werden sollte.

Wäre diese Rakete sofort und zu einem vernünftigen Preis verfügbar gewesen, hätte man die Reisezeit zum Jupiter halbieren können (weil dann keine Gravity-Assists notwendig gewesen wären). Man hätte sich dann auch

keine Gedanken wegen Gewichtüberschreitungen machen müssen, denn die Nutzlastkapazität der SLS-Rakete ist enorm.

Es gelang der NASA aber schließlich doch noch, die Senatoren davon zu überzeugen, dass für den Start des Europa Clipper keine SLS-Rakete zur Verfügung gewesen wäre. Ohnehin hätte sie zweieinhalb Milliarden Dollar gekostet und eine noch nicht entwickelte Drittstufe benötigt. Schließlich wurde 2020 ein Start mit der Falcon Heavy von SpaceX genehmigt. Sie ist nicht so leistungsfähig wie das SLS, verlängert auch die Reisezeit deutlich, kostete aber weniger als zehn Prozent der SLS. Am Ende zahlte die NASA für den Start statt 2,5 Milliarden Dollar nur 178 Millionen.

Bei der ESA wurde die JUICE-Mission im Mai 2012 ausgewählt. Als erste so genannte L-Klasse-Mission des Cosmic Vision 2015-2025-Programmes. Das "L" steht dabei für "Large". Nur damit man sieht, in welchen Kategorien wir uns hier befinden: Die nächste L-Klasse-Mission wird nicht vor 2035 starten.

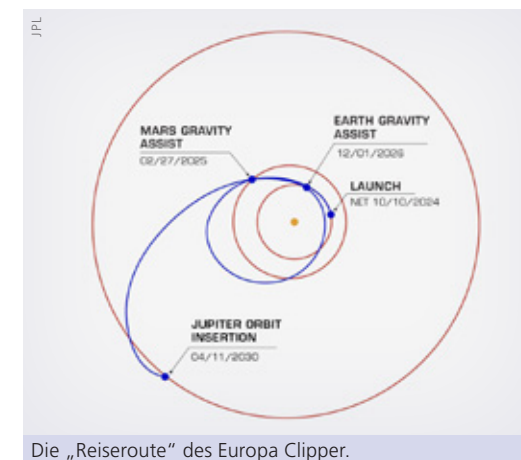
Für beide Sonden dauert die Anreise zum Ziel mehrere Jahre. Keine der beiden Trägerraketen konnte ihrer jeweiligen Nutzlast einen Geschwindigkeitsimpuls mitgeben, der groß genug ist, um den Jupiter direkt erreichen zu können. Beide müssen so genannte „Gravity assists“ durchführen, bei denen die Schwerkraftfelder anderer Himmelskörper genutzt werden, um gleichsam „Schwung zu holen“ und dadurch mehr Fahrt aufzunehmen. Vergleichbar wäre das mit einem Hammerwerfer, der durch immer schnellere Drehung den Abwurfimpuls seines Sportgerätes steigert. Allerdings konnte die NASA als Startgerät die Falcon Heavy einsetzen, die gegenüber der Ariane 5 deutlich leistungsfähiger ist. Somit waren statt fünf „Gravity assists“ bei der ESA-Sonde nur zwei beim US-Fluggerät notwendig, was sich in einer deutlich kürzeren Reisezeit auswirkt.



Start des Europa Clipper vom Kennedy Space Center aus.

Gravity Assists JUICE:

- ★ 20. August 2024: Vorbeiflug am Mond in einem Abstand von 700 Kilometern.
- ★ 21. August 2024: Vorbeiflug an der Erde in einem Abstand von 6.800 Kilometern.
- ★ 31. August 2025: Vorbeiflug an der Venus.
- ★ 29. September 2026: Vorbeiflug an der Erde.
- ★ 18. Januar 2029: Vorbeiflug an der Erde.



Die „Reiseroute“ des Europa Clipper.

Gravity Assists Clipper:

- ★ 01. Mai 2025: Vorbeiflug am Mars.
- ★ 03. Dezember 2026: Vorbeiflug an der Erde.

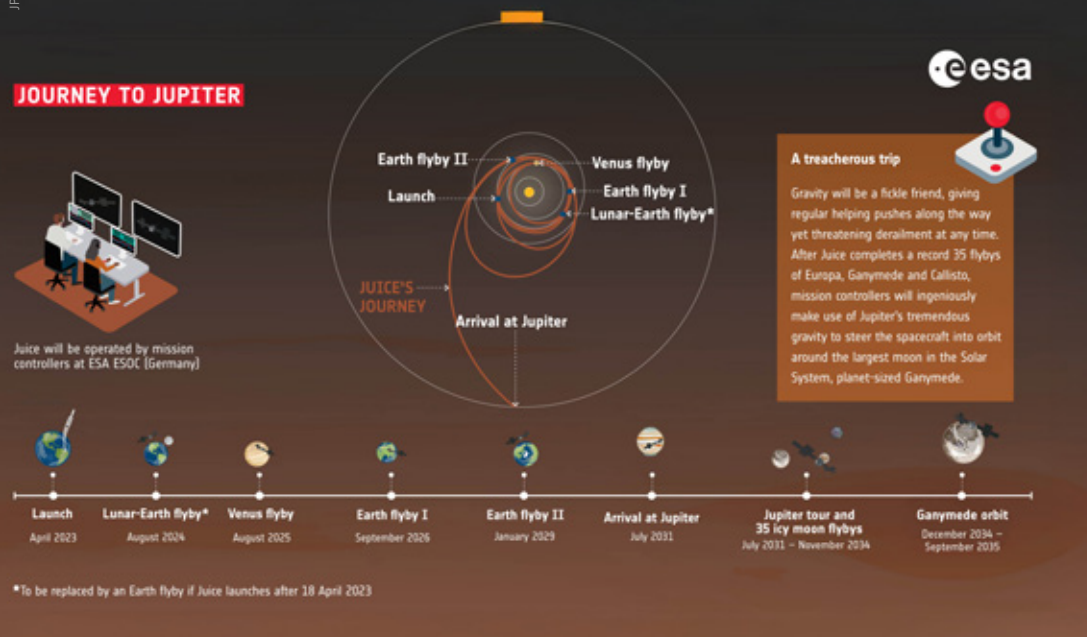
Wie man sieht: Die Flugzeit ist beim Europa-Clipper um zwei Jahre geringer als bei JUICE. Dies führt dazu, dass der Europa Clipper, obwohl er eineinhalb Jahre später gestartet wurde als JUICE dennoch mehr als ein Jahr früher am Ziel eintreffen wird.

Ankunft am Jupiter JUICE: Juli 2031
Ankunft am Jupiter Clipper: April 2030

Beide Raumsonden führen mehrere Tonnen Treibstoff und Oxidator mit sich. Beide nutzen Hydrazin als Treibstoff. Beim Oxidator gibt es geringe Unterschiede: JUICE benutzt MON als Oxidator (eine Mischung aus Stickstofftetroxid und Stickstoffdioxid), der Clipper benutzt nur Stickstofftetroxid. Das Startgewicht – betankt – liegt bei beiden Raumsonden verblüffend nahe beieinander, das Treibstoffgewicht unterscheidet sich jedoch erheblich. Das liegt am unterschiedlichen Aufgabenspektrum der beiden Sonden.

Startgewicht JUICE: 6.060 Kilogramm
Treibstoffgewicht JUICE: 3.650 Kilogramm
Startgewicht Clipper: 6.065 Kilogramm
Treibstoffgewicht Clipper: 2.750 Kilogramm

Für den Antrieb und die Lageregelung benötigen beide Raumsonden schon aus Redundanzgründen eine größere Anzahl von Triebwerken. Bei JUICE führt ein einzelnes 425-Newton-Haupttriebwerk alle großen Geschwindigkeitsänderungen durch. Zwei unabhängige Stränge von jeweils vier 20 Newton-Triebwerken sind für kleinere Geschwindigkeitsänderungen zuständig. Sie dienen aber auch dazu, bei einem Ausfall des Haupttriebwerkes das Orbit-Bremsmanöver am Ju-



Die „Reiseroute“ von JUICE.

piter durchzuführen. Zwei unabhängige Systeme von insgesamt zwölf 10-Newton-Triebwerken dienen zur Unterstützung bei Änderungen der Raumlage, zur Ent sättigung der Kreisel und für das Finetuning der Bahngeschwindigkeiten. Vollständig anders aufgebaut ist das Antriebssystem des Europa Clipper. Hier gibt es nur einen einzigen Triebwerkstyp und der leistet 27,5 Newton. Mit diesen Triebwerken werden alle Manöver zur Geschwindigkeitsänderung und gelegentlich auch zur Lageänderung gefahren. Das Orbit-Brennmanöver am Jupiter wird für den Clipper ohne ein starkes Haupttriebwerk eine langwierige Sache. Es wird zwischen sechs und acht Stunden dauern. In dieser Zeit verbraucht das Antriebssystem zwischen 50 und 60 Prozent des gesamten Treibstoffs an Bord.

- Anzahl Triebwerke JUICE:** 21 (1 x 425 Newton, 2 x 4 20 Newton und 2 x 6 10 Newton)
- Anzahl Triebwerke Clipper:** 24 (24 x 27,5 Newton)

Die Ausmaße beider Raumsonden sind beträchtlich. Aber nur im entfalteten Zustand. Beim Start waren das – Beispiel JUICE – jeweils kompakte Quader von lediglich 4,1 x 2,9 x 4,4 Metern. Anders hätte die Sonde nicht unter die Nutzlastverkleidung ihrer Trägerrakete gepasst. Im entfalteten Zustand, alle Solargeneratoren und Antennen ausgefahren, sind beide Raumsonden etwa so groß wie ein Basketballfeld.

Bei JUICE sind das beispielsweise 17 x 27 (Spannweite über die Solargeneratoren) x 14 Meter. Bei beiden Sonden besteht jeder Solargeneratorflügel aus

jeweils fünf Einzelpaneelen. Bei JUICE sind sie kreuzförmig angeordnet, beim Europa Clipper in Reihe. Deshalb ist beim Clipper die Spannweite mit 30,5 Metern sogar noch größer als bei JUICE.

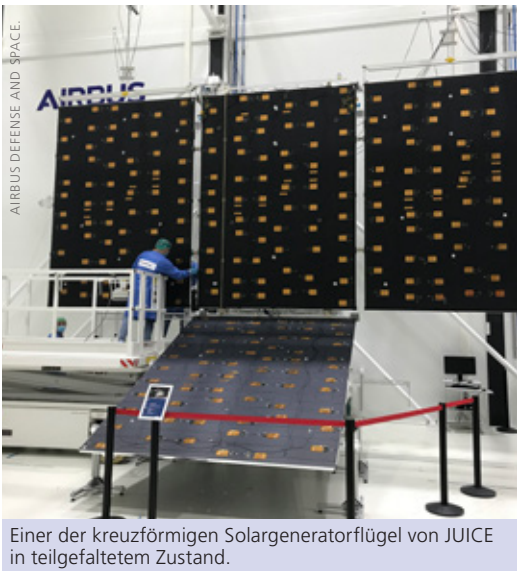
Die erheblichen Abmessungen gerade der Solargeneratoren sind dem Umstand geschuldet, dass nur noch sehr wenig Sonnenlicht am Jupiter ankommt. Es sind nur etwa drei bis vier Prozent der Sonneneinstrahlung in Höhe der Erdbahn. Zwar hatte man beim Clipper lange überlegt, die Sonde mit Isotopenbatterien auszustatten, die mit Plutonium 238 betrieben werden, aber die Vorräte an diesem Material, weit kostbarer als Gold, sind in den USA so gering, dass man sie sich lieber für Einsätze zu noch weiter von der Sonne entfernten Zielen aufheben will, wie etwa für die Dragonfly-Mission zum Saturnmond Titan. So entschied man sich für die wesentlich schwereren, sperrigeren und für interplanetare Strahlung eigentlich schlecht geeigneten Solargeneratoren. In Erdnähe beträgt die Leistung der Solargeneratoren von JUICE und dem Europa Clipper mehr als 20 Kilowatt. Am etwa 5 Astronomische Einheiten von der Sonne entfernten Jupiter sind das nur noch wenige hundert Watt. Deshalb befindet sich an Bord beider Sonden jeweils ein ausgeklügeltes Batteriesystem, das in den langen Transferphasen zwischen den Mondpassagen geladen werden kann, um dann für die wissenschaftliche Arbeit genügend „Saft“ zur Verfügung zu haben. Ein interessanter Aspekt: Die Solarzellen für den Europa Clipper der NASA wurden von Airbus in den Niederlanden hergestellt.

Für Europa (und hier ist der irdische Kontinent gemeint) gab es im Übrigen ohnehin keine Alternative zu den Solargeneratoren: Plutonium 238 gibt es hier nicht. Weswegen bis auf weiteres der Jupiter für Europa auch der letzte erreichbare Planet des Sonnensystems ist.

- Leistung Solargeneratoren JUICE am Jupiter:** 730 Watt
- Fläche Solargeneratoren JUICE:** 85 Quadratmeter
- Leistung Solargenerator Clipper am Jupiter:** 700 Watt
- Fläche Solargeneratoren Clipper:** 102 Quadratmeter



Clippers Solargeneratoren in gefaltetem Zustand.



Einer der kreuzförmigen Solargeneratorflügel von JUICE in teilgefaltetem Zustand.

Was an Sonneneinstrahlung zu wenig ankommt, ist bei der vom Jupiter selbst erzeugten Synchrotronstrahlung zu viel des Guten. Beide Sonden werden im Mondsystem des Jupiter mit einer der feindlichsten Umgebungen des Sonnensystems konfrontiert sein. Der Weltraum um den Planeten, speziell auf Höhe der inneren Monde Io und Europa ist mit enorm hoher Strahlung gesättigt. Sie ist so stark, dass sie die Leistung wissenschaftlicher Instrumente beeinträchtigen oder diese sogar zerstören kann. Sie kann auch Solargeneratoren innerhalb relativ kurzer Zeit blind machen. Man hat deshalb viel Gewicht in die Strahlungsabschirmung gesteckt.

Zum Schutz der Elektronik des Clippers sind das etwa 150 Kilogramm, investiert in Platten aus Aluminium, Titan und Zink. Die Solarzellen sind zwar beschichtet, für sie hilft aber nur, die Aufenthaltszeit in den stärksten Strahlungszonen so kurz wie möglich zu halten. Vor allem aus diesem Grund schwenkt der Clipper auch nicht in eine Umlaufbahn um Europa ein, sondern besorgt sich seine Informationen bei schnellen Vorbeiflügen. Beide Raumsonden sind mit einem hoch leistungsfähigen Antennen- und Auslegersystem ausgestattet. Das Wichtigste ist jeweils die Hochgewinn-Antenne, ohne die eine Datenverbindung mit der Erde nur eingeschränkt möglich ist. Beim Clipper hat diese Antenne einen Durchmesser von 3,1 Metern, bei JUICE sind es 2,6 Meter. Beide arbeiten im X-Band und im Ka-Band. Diese großen Antennen sind fix mit der Struktur der Sonde verbunden. Die Clipper-Antenne hat am Jupiter einen maximalen Datendurchsatz von etwa 1,4 Gigabit pro Tag, die Hauptantenne von JUICE etwa 2 Gigabit pro Tag. Diese Werte sind natürlich vor allem abhängig von der Leistung der Empfangsstationen auf der Erde. Nicht weniger wichtig ist bei beiden Sonden die deutlich kleinere Mittelgewinnantenne, die immer dann zum Einsatz kommt, wenn die Hauptantenne von der Erde abgewandt ist. Sie ist in beiden Fällen beweglich konzipiert.

Der große Ausleger von JUICE ist fast elf Meter lang und nimmt Instrumente auf, die weit vom Raumfahrzeug entfernt platziert sein müssen, um mögliche elektromagnetische Interferenzen zu vermeiden, wie zum Beispiel im Falle von JUICE die MAG Sensoren, die RWI-Antenne und der SCM Sensor. Das Radarinstrument RIME benötigt eine 16 Meter lange Antenne. Weitere sieben Antennen sind zwischen 2,5 und 3 Meter lang. Die Entfaltungsvorgänge der Antennen von JUICE haben sich über einen Zeitraum von zwei Wochen hingezogen.



Illustration des Europa Clipper bei einem Vorbeiflug an Europa. Im Hintergrund der Jupiter.

Der Europa Clipper führt die folgenden neun wissenschaftliche Instrumente mit sich:

- ★ **E-THEMIS**, das **Europa Thermal Emission Imaging System**. Es wird multispektrale Bilder der Oberfläche Europas im mittleren bis fernen Infrarotbereich mit hoher räumlicher Auflösung liefern, um geologisch aktive Zonen zu erkennen. Vor allem sucht man damit nach möglichen Schloten, aus denen Wasserfontänen in den Weltraum austreten.
- ★ **MISE**, das **Mapping Imaging Spectrometer for Europa** ist ein bildgebendes Nahinfrarotspektrometer zur Untersuchung der Oberflächenzusammensetzung von Europa. Damit wird die Verteilung von organischen Stoffen (einschließlich Aminosäuren und Tholinen), Salzen, Säurehydraten, Wassereis und anderen Materialien identifiziert und kartiert. Von diesen Messungen erwarten sich die Wissenschaftler, dass sie die Oberflächenzusammensetzung des Mondes mit der Eignung seines Ozeans für mögliches Leben in Beziehung setzen können.
- ★ Das **Europa Imaging System (EIS)** ist das Kamerasystem des Clippers für das sichtbare Spektrum, um die Oberfläche Europas zu kartieren und kleinere Bereiche mit hoher Auflösung zu untersuchen. Es besteht aus zwei Kameras, die beide jeweils 2048 x 4096 Pixel große CMOS-Detektoren verwenden. Die **Wide-Angle-Camera (WAC)** hat ein Sichtfeld von 48° x 24° und eine Auflösung von elf Metern aus einer Höhe von 50 Kilometern. Die **Narrow-Angle Camera (NAC)** hat ein Sichtfeld von 2,3° x 1,2°, was ihr ein Auflösungsvermögen von 50 Zentimeter pro Pixel aus einer Höhe von 50 Kilometern verleiht.
- ★ Der Europa **Ultra Violet Spektrograph (Europa-UVS)** wird in der Lage sein, kleine Fontänen, die möglicherweise aus dem Untergrund von Europa austreten, zu identifizieren und Daten über die Zusammensetzung und Dynamik der Exosphäre des Mondes zu liefern.

- ★ Das **Radar for Europa Assessment and Sounding Ocean to Near-surface (REASON)** ist ein auf zwei Frequenzen (9 und 60 MHz) arbeitendes Radar-System, das die Eiskruste Europas von knapp unterhalb der Oberfläche bis hinunter zum Ozean sondieren soll, um die Struktur der Eisschale Europas und mögliche Wassereinschlüsse darin aufzudecken. REASON wird die Exosphäre, die Oberfläche sowie die gesamte Tiefe der Eisschale bis zur Eis-Ozean-Grenzschicht untersuchen, die in etwa 30 Kilometern Tiefe vermutet wird.
- ★ Das **Europa Clipper Magnetometer (ECM)** wird zur Vermessung der Magnetfelder um Europa eingesetzt. Das Instrument besteht aus drei Fluxgate-Magnetometern, die entlang eines acht Meter langen Auslegers angebracht sind. Durch die Untersuchung der Stärke und Ausrichtung des Magnetfelds hoffen die Wissenschaftler, die Existenz des unterirdischen Ozeans von Europa bestätigen zu können, sowie die Dicke seiner Eiskruste zu charakterisieren und die Tiefe und den Salzgehalt des Wassers zu messen.
- ★ Das **MAss Spectrometer for Planetary EXploration (MASPEX)** wird die Zusammensetzung der Ozeane an der Oberfläche und unter der Oberfläche bestimmen, indem es Europas extrem dünne Atmosphäre und alle in den Weltraum ausgegasteten Oberflächenmaterialien misst.
- ★ Der **SURface Dust Analyzer (SUDA)** ist ein Massenspektrometer, das die Zusammensetzung kleiner fester Partikel misst, die von Europa ausgestoßen werden. Dadurch ist es möglich, die Oberfläche und mögliche Eisfontänen bei Vorbeiflügen in geringer Höhe direkt zu beproben. Das Instrument kann organische und anorganische Spuren im Auswurfmaterial identifizieren und ist so empfindlich, dass es Lebenszeichen erkennen kann, selbst wenn die Probe weniger als eine einzige Bakterienzelle in einem gesammelten Eiskorn enthält.

Und schließlich das

- ★ **Gravity & Radio Science Experiment**, für das die Hochgewinn-Antenne des Clippers eingesetzt wird. Die dient zwar in erster Linie für die Kommunikation mit der Erde, kann aber auch wissenschaftlich verwendet werden und trägt dann die Bezeichnung „Radio science subsystem“. In dieser Funktion kann sie für die Untersuchung des Gravitationsfelds von Europa eingesetzt werden. Durch die Messung der Dopplerverschiebung in den Radiosignalen zwischen der Raumsonde und der Erde kann die Bewegung der Raumsonde im Detail bestimmt werden. Bei jedem ihrer 49 geplanten Vorbeiflüge wird die Flugbahn der Raumsonde durch das Gravitationsfeld des Mondes verändert. Die Dopplerdaten werden verwendet, um die Koeffizienten höherer Ordnung dieses Gravitationsfeldes zu bestimmen. Man kann aus diesen Daten Rückschlüsse auf die Struktur des Mondes machen und feststellen, wie Europa durch Gezeitenkräfte verformt wird.

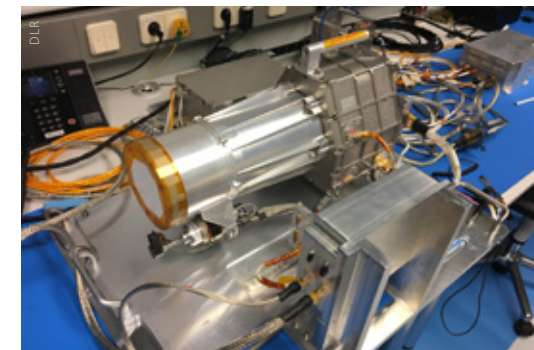
Diese abgestimmte Auswahl an Instrumenten wird eingesetzt, sobald der Europa Clipper die Umlaufbahn um den Jupiter erreicht hat. In den darauffolgenden Jahren besteht die nominale Mission des Clippers darin, 49-mal am Mond Europa in wechselnden Abständen vorbeizufiegen. Das Erreichen einer Umlaufbahn wurde nie angestrebt, denn das Strahlungsumfeld um diesen Mond ist harsch, um es noch milde auszudrücken. Solargeneratoren erodieren unter diesen Bedingungen sehr schnell und auch der Elektronik an Bord tut es nicht gut, trotz starker Abschirmung.



Einige der Antennen und Ausleger sind hier gut zu erkennen, nicht aber die Hoch- und Mittelgewinnantenne, denn die sind durch den Körper der Sonde verdeckt.

Nun ein Blick auf die wissenschaftliche Ausstattung von JUICE. Er ist mit zehn Instrumenten im Gesamtgewicht von 280 Kilogramm ausgerüstet. Dies sind

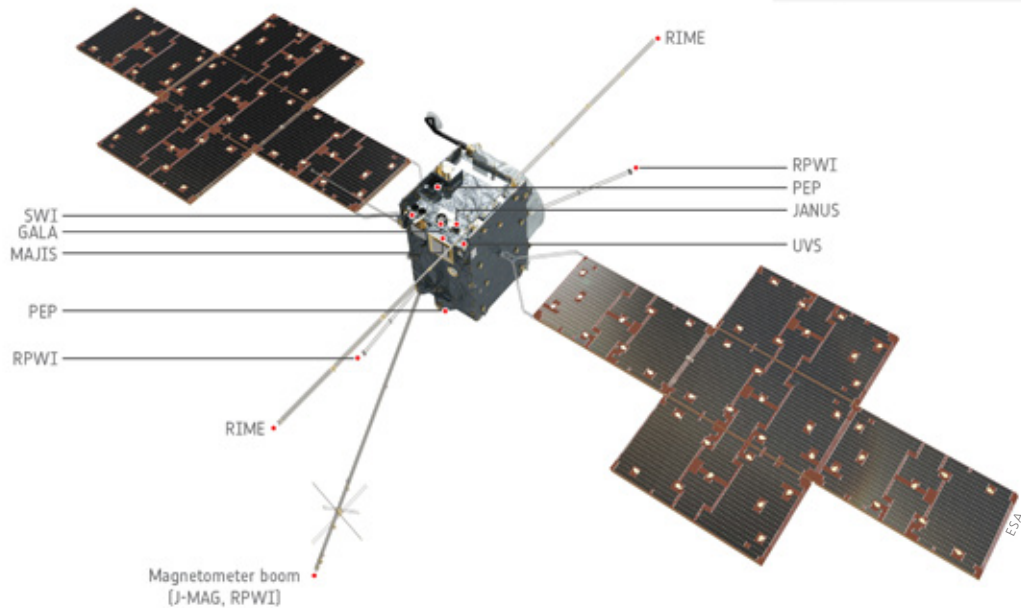
- ★ **JANUS**, ein multispektraler Bildgeber. Aus großer Höhe liefert dieses Instrument eine globale Kartierung der Monde und Kontextbilder um Ganymed, Europa und Kallisto. Aus geringer Höhe erzeugt es hochauflösende Bilder von Zielgebieten auf den Eismonden mit einer räumlichen Auflösung bis zu 2,4 Meter pro Bildpunkt.



Sieht unscheinbar aus, ist aber extrem leistungsfähig: Die Multispektralkamera JANUS.

- ★ Das **Moons And Jupiter Imaging Spectrometer MAJIS** ist ein Spektrometer, das im sichtbaren und nahen Infrarotbereich arbeitet. Es wird Wolkenstrukturen und atmosphärische Bestandteile auf dem Jupiter beobachten und Eis und Mineralien auf den Oberflächen der Eismonde charakterisieren.
- ★ Das **Sub-millimeter Wave Instrument SWI** ist ein Zweibandspektrometer, das sich auf die Stratosphäre des Jupiters und insbesondere auf seine Moleküle

3GM:
- KaT
- USO
- HAA



und vertikalen Winde konzentriert. Es liefert auch Informationen über die Atmosphären der Monde.

- ★ Der **UV** imaging **S**pectrograph **UVS** ist ein Spektrometer, das im Ultraviolettbereich arbeitet. Er ist für die Atmosphären- und Polarlichtbeobachtung des Jupiter und seiner Eismonde zuständig.
- ★ Das **GA**nymede **L**aser **A**ltimeter **GALA** ist ein Laser-Höhenmesser, der topografische Informationen über die Monde liefert und – wie man hofft – auch über Höhenschwankungen durch Gezeiteneffekte.
- ★ Das **R**adar for **I**cy **M**oon **E**xploration **RIME** ist ein Radar zur Erforschung der unterirdischen Struktur der Eismonde bis zu einer Tiefe von etwa neun Kilometern.
- ★ Das **G**avity & **G**eophysics of Jupiter and **G**alilean Moons **3GM** ist ein Radiowissenschaftsinstrument. Es umfasst einen **ul**trastabilen **O**szillator (**USO**), einen hochgenauen Beschleunigungsmesser (HAA) und einen **Ka**-Band-**T**ransponder (**KaT**). Das Experiment untersucht das Gravitationsfeld auf Ganymed, die Ausdehnung der subglazialen Ozeane auf den Eismonden und die Struktur der neutralen Atmosphäre und Ionosphäre des Jupiters und seiner Monde.

- ★ Das **JUICE-MAG**netometer **J-MAG** basiert auf zwei Fluxgate- und einem Skalarmagnetometer am Ende eines langen Auslegers der Raumsonde. Seine Aufgabe ist es, das Magnetfeld des Jupiter und seine Wechselwirkung mit dem von Ganymed zu charakterisieren sowie die unterirdischen Ozeane der Eismonde zu untersuchen.
- ★ Das **R**adio and **P**lasma **W**ave Instrument **RPWI** wird die Radioemission und Plasmaumgebung des Jupiters und seiner Eismonde mithilfe einer Reihe von Sensoren und Sonden charakterisieren.
- ★ Das **P**article **E**nvironment **P**ackage **PEP** umfasst sechs Sensoren mit denen Wechselwirkungen zwischen Plasma und Magnetosphäre im Umfeld des Jupiter zu vermessen.

Für das Akronym **JANUS** bin ich Ihnen noch die Auflösung in Langform schuldig geblieben. Der Begriff steht für „**J**ovis, **A**morum ac **N**atorum **U**ndique **S**crutator“, was übersetzt in etwa bedeutet „Allumfassende Erforschung von Jupiter, seinen Liebchaften und Nachkommen“. Die vier großen Monde Jupiters – Io, Europa, Ganymed und Callisto – sind nach Protagonisten der „Liebesabenteuer“ (das steht nicht umsonst in Anführungszeichen) des griechischen Göttervaters Zeus benannt, der in der römischen Mythologie Jupiter hieß.



Europa in natürlichen Farben. Aufgenommen von der Raumsonde Juno im Jahre 2022.

Nach dem Einflug in das Mondsystem des Jupiter wird der Europa Clipper für ein Gravity-Assist-Manöver in einer Höhe von 500 Kilometern an Ganymed vorbeifliegen, wodurch die Geschwindigkeit des Raumfahrzeugs um 1440 Kilometer pro Stunde reduziert wird. Anschließend werden die Triebwerke in einer Entfernung von elf Jupiterradien gezündet, um weitere gut 3000 Kilometer pro Stunde abzubauen. Dies reicht aus, um das Raumfahrzeug in eine 202-tägige Umlaufbahn um Jupiter zu bringen. Sobald der Clipper die Apoapsis dieser anfänglichen Umlaufbahn erreicht, wird er erneut eine Triebwerkszündung durchführen, um dabei mit einem weiteren Geschwindigkeitsimpuls von etwa 430 Kilometern pro Stunde die Periapsis anzuheben.

Recht ähnlich stellt sich die Orbit-Insertion-Strategie bei JUICE dar. Sieben Jahre und vier Monate nach dem Start erreicht JUICE die Nähe des Jupiters und muss dann eine Serie kritischer Flugbahnmanöver durchführen, um zunächst in eine stark elliptische Umlaufbahn um Jupiter einschwenken zu können. Einige Stunden vor der entscheidenden Triebwerkszündung trägt ein Vorbeiflug an Ganymed in 400 Kilometern Abstand zur Gesamtstrategie des Bremsmanövers bei.

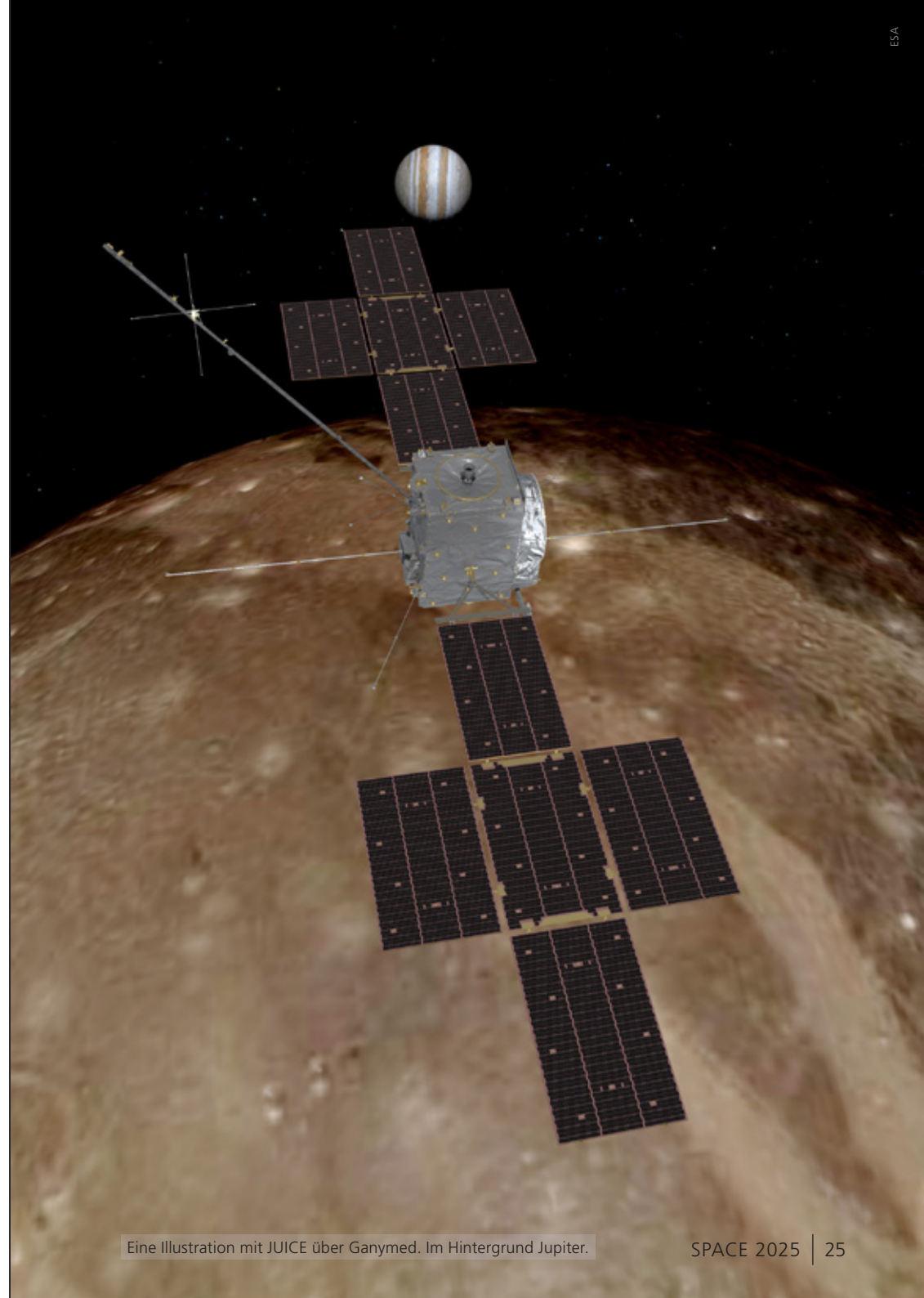
In den folgenden Jahren führt JUICE 35 nahe Vorbeiflüge an Europa, Callisto und Ganymed durch, bevor die Sonde dann im Dezember 2034 in eine Umlaufbahn um diesen größten Mond des Sonnensystems einschwenken wird. Sie wird damit zum ersten Raumfahrzeug, das einen anderen Mond als den Erdmond umkreist, und auch das erste Raumfahrzeug, das von einer Umlaufbahn um einen Planeten (Jupiter) in eine Umlaufbahn um einen seiner Monde wechselt.

Nach gegenwärtiger Planung soll der Clipper bei seinem Missionsende entweder auf Jupiter, Ganymed oder Kallisto zum Absturz gebracht werden. Damit soll verhindert werden, dass sie eines Jahres womöglich auf Europa stürzt und diesen Mond mit irdischen Keimen kontaminiert. Im Juni 2022 gab Projektwissenschaftler Robert Pappalardo bekannt, dass die Missionsplaner für den Europa Clipper auch erwägen, die Sonde durch einen Aufprall auf die Oberfläche von Ganymed bewusst so zu „entsorgen“. Ein solches Manöver könnte der Sonde JUICE in der Umlaufbahn um Ganymed helfen würde, mehr Informationen über die Oberflächenchemie dieses Mondes zu sammeln. Dass diese Planung tatsächlich umgesetzt wird, erscheint aber eher unwahrscheinlich.

Aktuell geplantes Missionsende JUICE: Dezember 2034

Aktuell geplantes Missionsende Clipper: September 2034

Der aktuelle Plan sieht für den Europa Clipper ein Missionsende im September 2034 vor und für JUICE drei Monate später. Sind die Sonden jedoch dann noch in gutem Zustand und reichen die Treibstoffvorräte, dann kann man mit Sicherheit von Missionsverlängerungen ausgehen, so wie das in der Vergangenheit praktisch bei jeder Raumsonde der ESA oder der NASA der Fall war. Eine Ausdehnung des Einsatzes der beiden Raumsonden bis in die frühen 2040er-Jahre ist so gesehen nicht unwahrscheinlich.



Eine Illustration mit JUICE über Ganymed. Im Hintergrund Jupiter.

The background is a deep blue field filled with a dense pattern of white stars of varying sizes. From the center, numerous thin, bright blue lines radiate outwards, creating a starburst or 'sunburst' effect that adds a sense of depth and motion to the scene.

**WEITER GEHT'S
IM VOLLSTÄNDIGEN
*SPACE2025***