

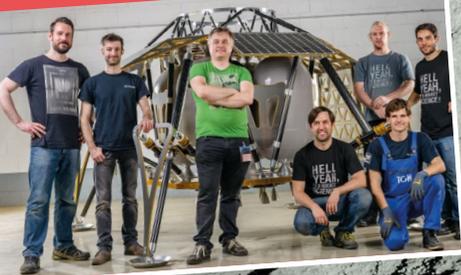
EUGEN REICHL

SPACE2017

DAS AKTUELLE RAUMFAHRTJAHR MIT CHRONIK 2016



**GOOGLE LUNAR XPRIZE
DER ENDSPURT**



Eugen Reichl

SPACE 2017

Das aktuelle Raumfahrtjahr mit Chronik 2016

Web: www.space-jahrbuch.de / eMail: space@vfr.de

1. Auflage, Oktober 2016

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: Liquifer Systems Group Wien, PTS, Stefan Schiessl

Layout & Satz: Stefan Schiessl, www.exploredesign.de

ISBN: 978-3-944819-14-3

INHALTSVERZEICHNIS

Editorial	4
Themen im Fokus	8
Moon Village 2069	10
Moon Village – Die erste Siedlung auf dem Mond	32
Fly me to the Moon – Der Google Lunar XPRIZE	44
Mondvisionen – Eine kleine Kulturgeschichte des Erdtrabanten	64
Von Lunochod 1 zum Audi Lunar Quattro	70
Warum zum Teufel flüstern wir?	78
MIRIAM und ARCHIMEDES für den Mars	90
Blue Origin hebt ab	98
Das Ende des Dinosauriers?	110
Ein Schwabe bei SpaceX	128
Der Marsianer – rettet Mark Watney	138
Entdeckungen in der Hadley-Rille	146
Science Fiction Kurzgeschichten-Wettbewerb	152
Platz 3: „Von einem Sternenschiff das auszog...“ von Raiko Milanovic	154
Platz 2: „Die Manuale von NA‘SA“ von Christian Eckard Jäkel	164
Platz 1: „...hinterher“ von Markus Mayer	176
Raumfahrt-Jahreschronik	184
September 2015	186
Oktober 2015	202
November 2015	210
Dezember 2015	220
Januar 2016	242
Februar 2016	249
März 2016	260
April 2016	276
Mai 2016	285
Juni 2016	291
Juli 2016	306
August 2016	311
Raumfahrt-Statistik	320
Das Raumfahrtjahr 2015– Fakten, Fakten, Fakten	322
Detaillierte Statistik der Weltraumstarts Januar bis Dezember 2015	326
Tabelle Weltraumstarts Januar bis August 2016 mit Ausblick September bis Dezember 2016	340
Anhang	342
Glossar	344
Bilder des Jahres	346

EDITORIAL

LIEBE LESERINNEN UND LESER,

ESA-Generaldirektor Jan Wörners Idee vom „Moon Village“ hat dieses Jahr im SPACE-Team erhebliche Energie freigesetzt und intensive Diskussionen ausgelöst. Unsere Grundhaltung dazu war aber von Anfang an: Toller Plan - müssen wir unbedingt unterstützen. Und damit hatten wir auch schon den Schwerpunkt für die diesjährige Ausgabe unseres Jahrbuchs. Für das dazu passende Titelbild mussten wir uns zwischen zwei Bildern entscheiden: einem eher sachlich nüchternen und einem mehr künstlerisch ausgelegten Entwurf. Beide gehen aber vom gleichen Grundthema aus. Das eher sachlich bestimmte Motiv sehen Sie auf dem Buchdeckel. Den eher metaphorischen Entwurf haben wir dem Artikel der Weltraum-Architektin Barbara Imhof vorangestellt. Es würde uns sehr interessieren, welchen von beiden Sie als Cover gewählt hätten. Wenn Sie Lust haben, geben Sie uns ihr Feedback auf space@vfr.de.

Das „Moon Village“ ist eine Initiative der europäischen Raumfahrt. Wir gehen davon aus, dass auch eine größere Anzahl von Menschen dieses Buch in die Hand bekommen wird, deren Muttersprache nicht Deutsch ist. Deshalb haben wir uns entschlossen, wie schon vor zwei Jahren einmal, den einführenden Beitrag zweisprachig zu gestalten: In Englisch und in Deutsch. Die Story lieferte uns Stephen Ashworth von der British Interplanetary Society. Er blickt in seiner fiktionalen Geschichte aus dem Jahre 2069 zurück auf die Anfänge des Moon Village.

Dem Mond widmen sich neben den Beiträgen von Stephen Ashworth und Barbara Imhof noch weitere Artikel. Wir haben eine kulturgeschichtliche Betrachtung des Erdtrabanten von Frank Haberland in dieser Ausgabe, und behandeln eine ganz profane Frage: Wie ist das mit dem Schlafen auf dem Mond? Außerdem haben wir noch einen großen Sachstandsbericht zum Lunar Google XPRIZE, der langsam sein spannendes, entscheidendes Stadium erreicht, und eine Reportage über einen ganz besonderen Audi Quattro, den Sie aber leider nicht so ohne weiteres ab Werk in Ingolstadt bestellen können. Den Reigen der Mondstories schließt Peter Schramms

Fiktion von der „Entdeckung an der Hadley Rille“ ab. Ihre Handlung spielt am 75. Jahrestag der ersten Mondlandung, und ist vor allem als Reminiscenz an Apollo 15 gedacht, der ersten wirklich wissenschaftlichen Mondexpedition.

Bei all dem vielen Mond wollen wir auch den Mars nicht aus den Augen verlieren. Darum kümmert sich in diesem Jahr Tanja Lehmann mit ihrer Reportage „MIRIAM und ARCHIMEDES für den Mars“. Der interessante Aspekt daran: Auch als Laie (nun gut, Tanja Lehmann ist Ingenieurin für Luft- und Raumfahrt) kann man aktiv in der Marsforschung mitgestalten.

In diesem Jahr erlebte die private Raumfahrt enorme Fortschritte. Ende 2015 gelangen Blue Origin und SpaceX die ersten Rückführungen von Raketenstufen, die zuvor eine Raumflugmission erfüllt hatten. Wir nehmen das zum Anlass, Blue Origin und seinem „New Shepard“ in dieser Ausgabe einen ausführlichen Artikel mit vielen schönen Bildern zu widmen.

Zum Zeitpunkt an dem diese Zeilen entstehen hat die nun schon sechste erfolgreiche Landung einer Falcon 9-Erststufe stattgefunden, und die zurückgekehrten Raketen stapeln sich langsam im Hangar in Cape Canaveral. Nun steht der nächste Schritt an, der einen mutigen Kunden braucht. Das wird der Satellitenbetreiber SES sein. Das europäische Unternehmen will als erster Kunde das Risiko eingehen und seinen wertvollen Satelliten mit einer „gebrauchten“ Falcon 9-Rakete in den Orbit bringen. SpaceX, marketingtechnisch mit allen Wassern gewaschen, beschreibt die Rakete übrigens nicht etwa als „gebraucht“ sondern als „flight proven“, flugerprobt also. Mit SpaceX beschäftigt sich auch ein Erlebnisbericht von Frederick Nitsche, der die Gelegenheit hatte, das Hauptquartier und Fertigungszentrum im Kalifornischen Hawthorne zu besuchen.

Und ganz unerwartet wurde SpaceX – einen Tag nach dem Redaktionsschluss zu dieser Ausgabe – bei den Startvorbereitungen zu einer kommerziellen Mission von einem rätselhaften Unfall heimgesucht. Nach einigen Beratungen haben wir uns entschlossen, dieses Thema noch mit aufzunehmen, Redaktionsschluss hin oder her. Noch ist unbekannt, was die Zerstörung der Rakete (und des Satelliten, der bereits an der Spitze montiert war) zwei Tage vor dem Start, während der üblichen flugvorbereitenden

Testaktivitäten ausgelöst hat. Dementsprechend wild kocht die Gerüchteküche. Vor allem die Spekulationen über mögliche „Feindeinwirkungen“ durch die vom rasenden Fortschritt bei SpaceX verstörten Mitbewerber auf dem Trägerraketenfeld machen in konspirativen Kreisen die Runde. Bis zur nächsten Ausgabe werden wir wissen, was los war. Bis dahin versorgen wir Sie mit einem Bildbericht am Schluss dieser Ausgabe.

Überhaupt beginnen sich die Ereignisse gerade in der privaten Raumfahrt in immer schnellerer Folge zu entwickeln und wir haben es noch nie so sehr bedauert wie in diesem Jahr, dass wir einfach irgendwo einen zeitlichen Schnitt machen müssen. Der ist am 31. August. Anders geht es nicht, um dieses Buch rechtzeitig zur Vorweihnachtszeit auf den Markt zu bringen.

Große Dinge bahnten sich in den Wochen nach dem Abschluss der redaktionellen Arbeiten an SPACE 2017 an. Sie werden unter anderem die Themen der nächsten Ausgabe bilden. Die USA haben am 8. September mit Osiris Rex eine Probenrückführmission zum Asteroiden Bennu gestartet, von der wir uns spektakuläre Resultate erwarten dürfen. Tags darauf stellte Jeff Bezos, der Chef von Amazon und Blue Origin, seine zukünftige orbitale Trägerrake vor, den „New Glenn“. Nur so viel vorneweg: Es ist ein gewaltiges Projektil, dem wir mit einiger Sicherheit bei der Realisierung der zukünftigen Mondprogramme wieder begegnen werden. Noch einmal wenige Tage später brachte China mit Tiangong 2 sein zweites experimentelles Orbitallabor in die Erdumlaufbahn, mit dem die praktische Technologie-Erprobung für die (auf der Erde) bereits in Bau befindliche große chinesische Raumstation durchgeführt wird.

An dieser Stelle ist auch der Platz um dem gesamten SPACE-Team zu danken. Allen voran den beiden Hauptprotagonisten Peter Schramm, dem „General Manager“ des Projektes und unserem Grafiker, Layouter und Ideengeber Stefan Schiessl, der dafür sorgt, dass dieses Werk von optisch herausragender Qualität ist, und der obendrein immer eine Druckerei findet, die das Buch schnell und günstig produziert. Reinhold Glasl organisierte wie jedes Jahr den Science-Fiction Wettbewerb. Einen herzlichen Dank auch an unsere Lektorin Margit Drexler.

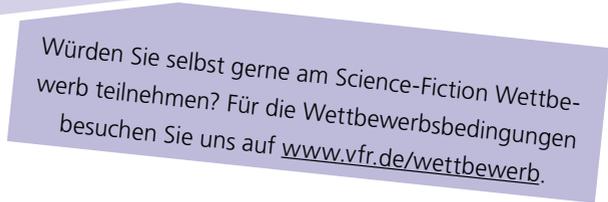
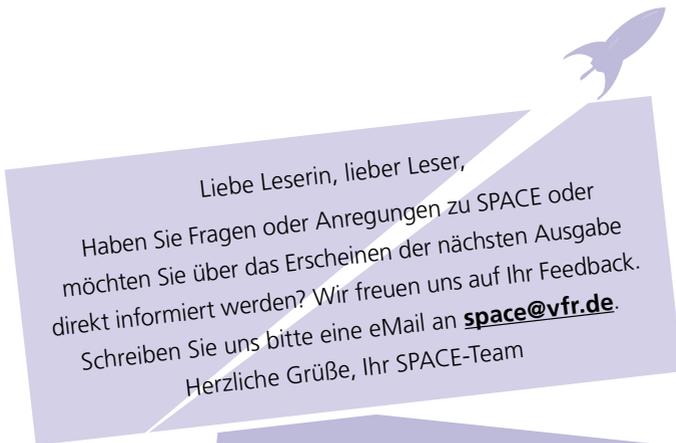
Großer Dank gilt wie immer auch unseren Sponsoren. Sie tragen jedes Jahr einen erheblichen Teil der Erstellungskosten, die mit den Verkäufen alleine nicht zu decken wären.

Wenn Sie Kritik 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 eins der Bücher schenken wollen, gerne auch signiert: Schreiben Sie uns einfach eine Mail. Wir freuen uns auf Ihre Nachricht.

Und jetzt hinein ins Raumfahrtgeschehen. Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre von SPACE 2017. Bleiben Sie uns treu und gewogen.

Im Namen des SPACE-Teams,

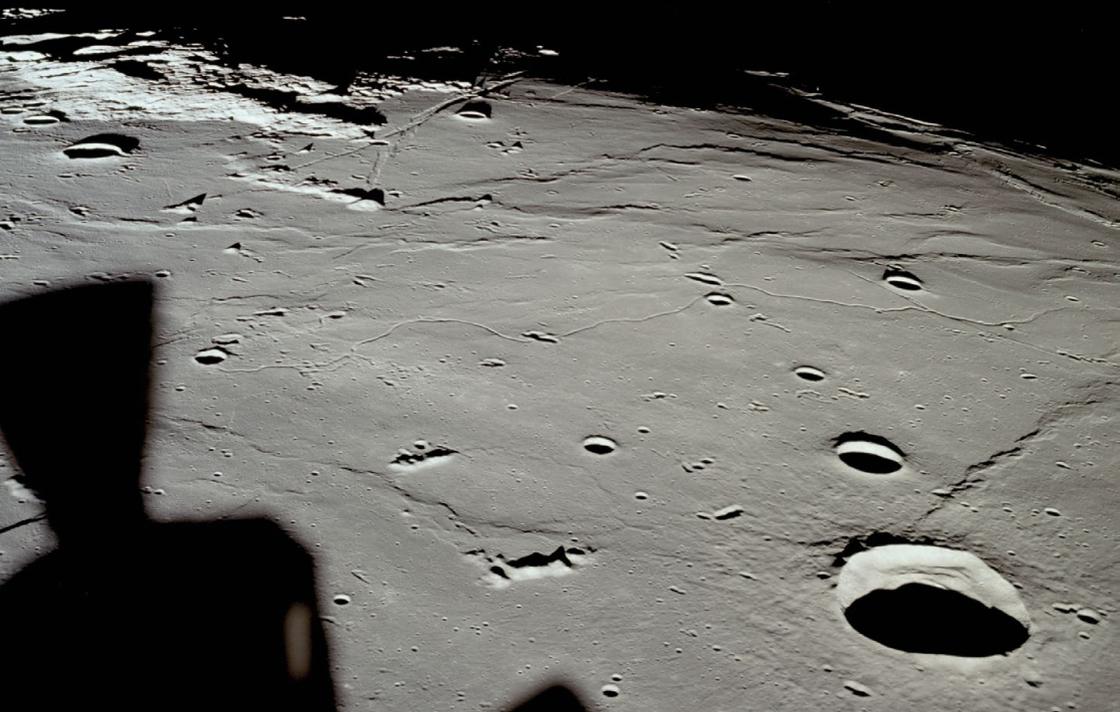
*Ihr **Eugen Reichl***





Cape Canaveral Air Force Station, 22. Dezember 2015. Auf diesem langzeitbelichteten Foto sind Start und Landung einer Falcon 9-Trägerrakete von SpaceX wiedergegeben. Der Lichtstrahl etwas weiter rechts (und tatsächlich etwa fünf Kilometer im Hintergrund) zeigt den Start um 1:29 Uhr UTC vom Startkomplex 40. Der Lichtstrahl links im Vordergrund zeigt den ehemaligen Startkomplex 13 und jetzige „Landing Zone 1“, an der die erste Stufe der Falcon 9 acht Minuten nach dem Start wieder landete.

THEMEN IM FOKUS

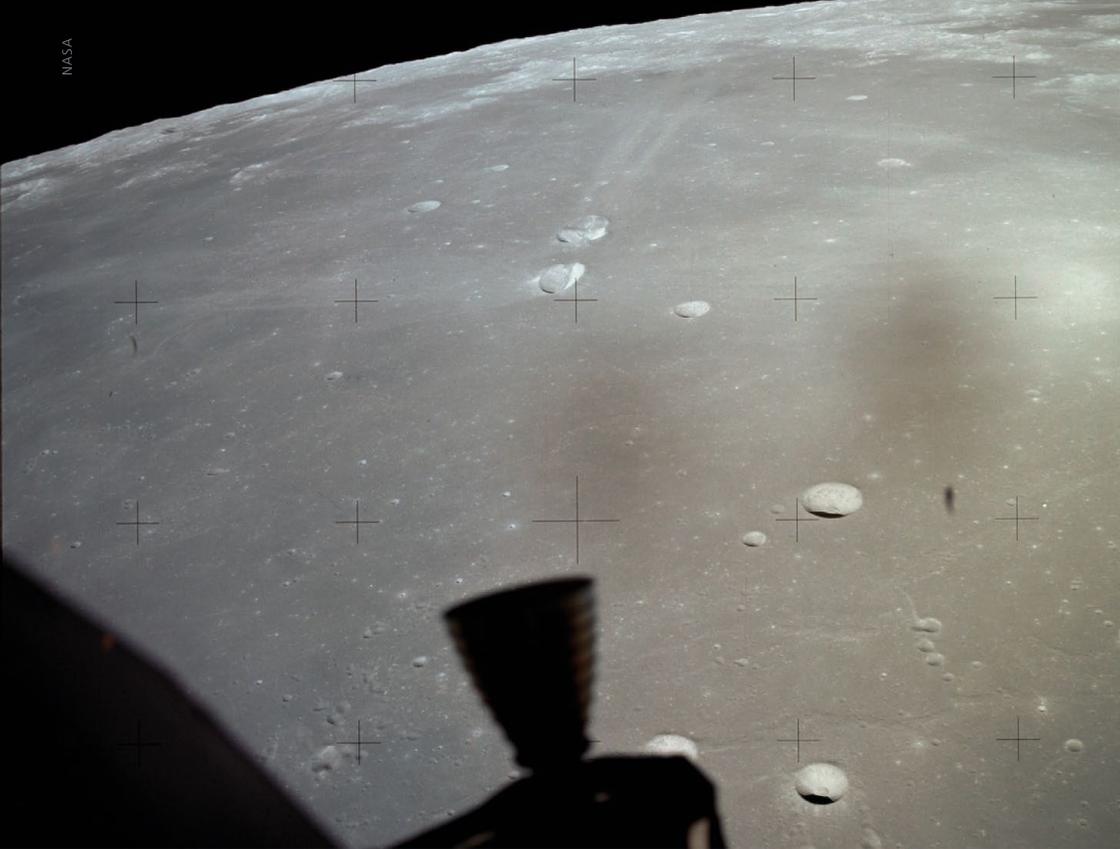


Ein Blick aus Neil Armstrongs Fenster während der historischen ersten Mondlandung. In der unteren rechten Ecke ist der große Krater Maskelyne und davon ausgehend die Rima Hypatia erkennbar. Links sieht man ein Triebwerk einer Lageregelungseinheit des Lunar Landers.

MOON VILLAGE 2069

Hallo beisammen und ein herzliches Dankeschön an unsere Zuschauer auf der Erde, im Weltraum und auf dem Mond dafür, dass Sie heute bei uns zu Gast sind. Ich bin Peter Ryan und werde hernach die Landung kommentieren.

Die Pegasus M-33 mit dem europäischen Präsidenten an Bord fliegt eben über dem lunaren Nordpol und ist – von der Erde aus gesehen – gerade hinter dem Horizont verschwunden. Sie wird jetzt etwa eine Stunde brauchen, um die Mondrückseite für ihre geplante Landung am „Moon Village“ zu umkreisen. Das liegt – wie wir alle wissen – am Südpol des Mondes. Es ist die erste Landung eines Spitzenpolitikers auf dem Mond. Und während wir auf dieses historische Ereignis warten, lassen Sie uns kurz einige der Schritte rekapitulieren, die uns hierher geführt haben.



View out of Neil Armstrong's window during the first historic Moon landing. In the lower right corner craters Messier and Messier A can be seen. In the foreground a nozzle of one of the Reaction Control System thruster quads is visible.

MOON VILLAGE 2069

Hello, and a big thank you for joining us today to all our viewers on Earth, in space and on the Moon. My name's Peter Ryan, and I'll be covering the Moon landing a little later today.

The Pegasus M-33 spacecraft carrying the European president is now flying over the lunar North Pole. It has just dipped out of sight of Earth, and will take about an hour to circle around the lunar farside for its scheduled landing at Moon Village, which as we all know is situated at the South Pole.

While we're waiting for this historic landing, the first of any political leader from Earth on the Moon, let's remember some of the steps that have brought us here today.



Diese Szene ist ein Kompositfoto, das aus mehreren Bildern zusammengesetzt wurde. Es zeigt die Vorderseite der Mondfähre, mit Blickrichtung direkt gegen die Sonne. Edwin Aldrin verlässt die Mondfähre gerade durch die Luke.

In diesem Jahr begehen wir den hundertsten Jahrestag der historisch natürlich wesentlich bedeutsameren ersten Mondlandung von Neil Armstrong und Buzz Aldrin in ihrer Landefähre Eagle am 20. Juli 1969. Die Bilder, die Sie gerade sehen, wurden von den Astronauten gemacht, als sie ihren zerbrechlichen Lander nach unten in die Nähe des Mondäquators im Mare Tranquillitatis, dem Meer der

Ruhe, steuerten. Das dritte Mannschaftsmitglied, Michael Collins, verblieb damals im Orbit im Kommandomodul, das sie später wieder zur Erde zurückbringen sollte.

Der Navigationscomputer des Lunar Lander löste während des Abstiegs zur Oberfläche zweimal einen Alarm aus, doch ein geistesgegenwärtiger Flugcontroller erkannte, dass das Problem nicht missionsgefährdend war und riet den Astronauten, die Landung fortzusetzen. Als sie sich dem Boden näherten, sah Armstrong, dass der Eagle in einen großen Krater hineinflug, dessen Boden mit zahlreichen Felsen übersät war. Sie hätten den Lander ernsthaft beschädigen können, wäre er darin gelandet und mit einem der Brocken kollidiert. Die unvermeidbare Ungenauigkeit ihrer primitiven Computer hatte sich mit den Unregelmäßigkeiten des lunaren Gravitationsfeldes kombiniert und ihr Raumfahrzeug vom Kurs abgebracht. Armstrong musste deshalb in der letzten Phase des Abstiegs die Handsteuerung übernehmen und flog den Eagle soweit darüber hinweg, bis er einen perfekten Landeplatz erreicht hatte.

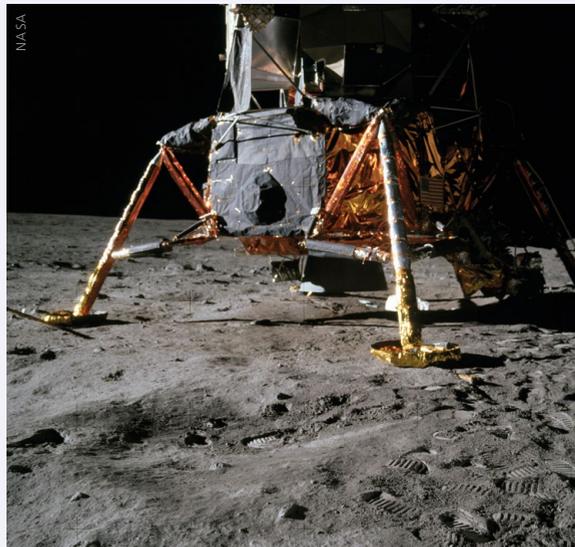
Armstrong und Aldrin verbrachten über 21 Stunden auf der Oberfläche. Zweieinhalb Stunden davon außerhalb der Mondfähre. Die Bilder, die Sie hier sehen, wurden während dieser historischen ersten Mondexkursion aufgenommen. Sie sammelten Gesteinsproben für die Analysen daheim, bauten einige wissenschaftliche Experimente auf, erprobten verschiedene Methoden, sich in der lunaren Schwerkraft zu bewegen und beantworteten sogar einen Telefonanruf von US-Präsident Richard Nixon. Sie enthüllten außerdem eine kleine Plakette an der Landestufe ihres Schiffs, die nach ihrem Abflug auf der Oberfläche zurückblieb. Darauf standen die Worte: „Wir kamen in Frieden für die gesamte Menschheit“.

Und tatsächlich war die Menschheit von diesem Ereignis fasziniert. Über eine

This year is of course the centenary of a far more historic landing on the Moon, by Neil Armstrong and Buzz Aldrin in their lunar module Eagle on 20 July 1969. The pictures you're seeing now were taken by the astronauts as they steered their fragile lander down towards a touchdown close to the lunar equator in Mare Tranquillitatis, the Sea of Tranquility. The third member of the crew, Michael Collins, remained in orbit in the command module, which would take them back to Earth afterwards.

The navigation computer twice sounded the alarm as the lunar module was descending, but a quick-witted flight controller realized that the problem was not serious and advised the astronauts they could continue. As they approached the ground Armstrong saw that Eagle was descending into a large crater littered with boulders, which could have fatally damaged the spacecraft if it hit one when it touched down. The inevitable inaccuracy of their primitive computers had combined with irregularities in the Moon's gravitational field to draw their spacecraft off course. So Armstrong had to take over manual control for the last few hundred metres of the descent and fly Eagle further downrange before he was satisfied that he had the perfect spot for a safe landing.

Armstrong and Aldrin spent over 21 hours on the surface, with two and a half hours actually walking on the Moon. These pictures were taken during that first historic moonwalk. They collected rock samples for analysis back on Earth, set up some scientific experiments, tried out different ways of walking in the low lunar gravity, and even answered a phone call from US President Richard Nixon. They also unveiled a small plaque on the descent stage of their ship, which would remain behind after they had left, which included the words: "We came in peace for all mankind."



The rear side of the Lunar Module Eagle. The sun is to the left of the observer. The slightly reddish colour of the moon surface directly beneath the engine bell of the lander comes from the exhaust gases during the final seconds of powered descent.

halbe Milliarde Menschen beobachteten ihre Exkursion an den Fernsehgeräten.

Aber die Pläne, die Mondexpeditionen weiterzuführen und eine permanente Basis zu errichten, blieben auf der Strecke. Nach nur sechs Landungen war das Apollo-Programm beendet. Der dritte Landeversuch mit Apollo 13 musste nach einer Explosion an Bord aufgegeben werden, und die Crew schaffte es nur knapp zur Erde zurück. Das machte jedem klar, wie gefährlich diese Mondflüge doch waren. Diese Lektion wurde noch verstärkt, als es 1972 zu einem heftigen Sonnensturm kam. Wäre zu diesem Zeitpunkt gerade eine Apollo zum Mond unterwegs gewesen, die Astronauten wären vermutlich den Strahlungstod gestorben.

Über ein halbes Jahrhundert unternahm danach niemand mehr eine Reise zum Erdtrabanten. Aber heute nun, einhundert Jahre nach der ersten wagemutigen Landung in diesem Lunar Module mit seinen papierdünnen Wänden, leben fünfzig Menschen gleichzeitig auf dem Mond. Die Geschichte, wie all die Hindernisse überwunden wurden, wie die wirtschaftlichen Probleme, die Fragen der Sicherheit und der Technologie gelöst wurden, damit die langersehnte Mondbasis endlich errichtet werden konnte, ist eine der großen Epen der Menschheitsgeschichte.

Aber jetzt zunächst einmal das Neueste von der Pegasus M-33 und ich sehe auf meinem Bildschirm, dass alle Systeme des Raumfahrzeugs normal funktionieren, während sich das Vehikel über der Mondrückseite von Norden nach Süden bewegt. Präsident Christiansson hat getweetet, dass er tief beeindruckt ist von der zerfurchten Kraterlandschaft, die nur 15 Kilometer unter ihm vorbeizieht. Er sagt wie sehr er sich darauf freut, die Bewohner von „Moon Village“ zu treffen und in weniger als einer Stunde persönlich die Mondoberfläche zu betreten.

Und damit zurück zu unserer Story. Wie sah nun der Finanzplan aus, um diesen neuen „Großen Schritt für die Menschheit“ dieses Mal ohne den Ansporn eines globalen kalten Krieges zu initiieren? Wie begegnete man den Gefahren durch technische Probleme und Sonnenstürme? Um diesen Teil der Geschichte aus seiner ganz persönlichen Sicht zu hören haben wir heute Frank Orley hier, den Chefkordinator der ESA, der die Planungen der Europäischen Weltraumbehörde mit den kommerziellen Partnern abstimmt. Wie war das, Frank?



And mankind was indeed fascinated by the event. Over half a billion people worldwide watched the televised moonwalk.

But plans to continue visiting the Moon and to build a permanent base on the surface fell by the wayside. The Apollo programme was discontinued after only six landings had been achieved. The third attempt, in Apollo 13, had to be aborted after an explosion on board, and the crew barely made it back to Earth. Everybody was made very aware how dangerous lunar space-flight was. The lesson was reinforced by a violent solar storm in 1972 which could have killed the astronauts with a radiation overdose if an Apollo flight had been visiting the Moon at the time.

So for half a century nobody ventured back to the Moon. Yet today, one hundred years after that first daring landing in the tissue-paper lunar module, there are now fifty people living on the Moon at any one time. The story of how the obstacles were overcome, how the problems of economics, safety and technology were solved so that the long-dreamed-of moonbase could at last be built, is one of the great epics of human history.

But first, an update on the Pegasus M-33, and I'm seeing on my screen that all spacecraft systems are nominal as the craft flies from north to south over the lunar farside. President Christiansson has tweeted that he's deeply impressed by his close-up view of the rugged desert landscapes passing by just 15 kilometres below him. He says how much he's looking forward to meeting the inhabitants of Moon Village and stepping out onto the lunar surface in person just under an hour from now.

So back to our story. How were the finances assembled to make another giant leap for mankind possible without the stimulus of a global cold war to drive progress? How were the perils of technical malfunctions and solar radiation storms overcome? Here to tell the story from his own perspective is Frank Orley, ESA's Chief Liaison Officer, who coordinates the European Space Agency's plans with its commercial partners. Frank.



Thank you, Peter, and hello to all you viewers. My name's Frank Orley, and my work puts me at the heart of the European space industry, particularly the Moon Village programme. When Moon Village was first proposed I was just beginning my career. The ESA Director General at the time, Professor Jan

Danke Peter und einen guten Tag an alle Zuschauer. Mein Name ist Frank Orley und meine Arbeit führt mich ins Herz der europäischen Raumfahrtindustrie, und hier vor allem in das „Moon Village“-Programm. Als diese Idee erstmals aufkam stand ich noch ganz am Anfang meiner Karriere. Der damalige ESA-Generaldirektor Jan Wörner hatte das Konzept erstmals Ende 2015 ins Gespräch gebracht. Der Gedanke war zwar sehr reizvoll, aber es gab auch eine Menge Skepsis. Sie erinnern sich: Die ESA war zu dieser Zeit noch nicht einmal in der Lage, ihre eigenen Astronauten mit eigenen Raumschiffen in den Orbit zu bringen. Sie musste sich dafür ganz auf die Unterstützung Russlands und der USA verlassen. Wie konnte da jemand daran denken, Astronauten noch über den Orbit hinaus, bis zum Mond, zu entsenden?

Zu diesem Zeitpunkt hatte die Internationale Raumstation noch eine verfügbare Lebensdauer von zehn Jahren und Jan Wörner wollte eine neue globale Vision für ein Nachfolgeprojekt ins Leben rufen. Er wollte die Debatte beleben und die Gedanken der Menschen auf ein inspirierendes neues Ziel fokussieren. Ein Ziel, zu dem verschiedene Länder entsprechend ihren jeweiligen Möglichkeiten beitragen konnten.

Unglücklicherweise kam diese Idee zur Zukunft der bemannten Raumfahrt bei den Europäischen Raumfahrtministern nicht besonders gut an. England hatte eben seinen berühmten „Brexit“ beschlossen und wollte die Europäische Union verlassen. Das Ergebnis war politische Instabilität und finan-



Der Skylon von Reaction Engines Ltd. könnte Möglichkeiten eröffnen, die Kosten für den Zugang zum Weltraum entscheidend zu senken.

Wörner, had raised the idea in 2015, and there was a lot of excitement about it, but also a lot of scepticism. Remember that in those days Europe didn't even have a rocket to carry its own astronauts into orbit. It had to rely on America or Russia. How then could it possibly be thinking of sending European astronauts out even further, to the Moon?

But the International Space Station had only ten years of its working life left, and Jan Wörner wanted to create a new global vision for a space project that would follow it. He wanted to energize the debate and focus people's minds on an inspiring common goal, to which different countries would contribute whatever they could.



The Reaction Engines Ltd. Skylon could be one of the "game changers" for solving the problem of cheap access to space.

Unfortunately, this didn't go down well with the European space ministers who were being asked to look to the future of human spaceflight. The UK had just made its infamous "Brexit" vote to leave the European Union, and the result was political turmoil and financial uncertainty. There was wild talk about the entire European Union falling apart. Space budgets across Europe were being squeezed. The space ministers who met that December had little interest in

zielle Unsicherheit und es gab wilde Spekulationen über das Auseinanderfallen der gesamten Europäischen Union. Die europäischen Raumfahrtbudgets wurden gekürzt. Die Raumfahrtminister, die sich in diesem Dezember trafen, hatten wenig Interesse am Moon Village, und Europa schien von seiner üblichen Juniorpartnerrolle bei internationalen Programmen in einen noch unbedeutenderen Status abzurutschen.

In der Zwischenzeit machten die Amerikaner und die Russen fortwährend neue Pläne, nur um sie gleich wieder aufzugeben, als sie auf die finanziellen Realitäten trafen. Dasselbe passierte den Chinesen, als ihre Wirtschaft in Schwierigkeiten geriet. Und so sah es ganz danach aus, dass nichts von der Inspiration zu den verantwortlichen Fachministern durchdringen würde, die den Klingelbeutel verwalteten.

Der Schlüsselmoment kam, glaube ich, bei einer Konferenz im Frühjahr nach diesem enttäuschenden Ministerratstreffen. Um die Stimmung ein wenig aufzubessern hielt die ESA dieses Treffen in der Ägäis ab, an Bord des Kreuzfahrtschiffes Gaia. Die Chefin der Kreuzfahrtgesellschaft war interessiert und wurde mit eingeladen. So kam Dr. Leia Harland in das Team von „Moon Village“.

Leia Harland erkannte das Problem sofort: zu viel Vertrauen auf öffentliche Mittel, zu wenig Verlass auf gesunden Geschäftssinn. So begann sie, das Programm auf den richtigen Weg zu bringen. Wie können wir daran denken, Menschen zum Mond zu schicken, so fragte sie, während wir gleichzeitig die Raumstation aufgeben und die Menschheit damit keinen Zugang mehr zur niedrigen Erdumlaufbahn hat? Das wäre gerade so, als wenn Christoph Kolumbus versucht hätte, den Atlantik zu überqueren nachdem man zuvor alle europäischen Schiffe abgewrackt hätte, was ihn dazu gezwungen hätte, für diese eine Forschungsmission Spezialschiffe zu bauen.

Dank Leia Harland richtete die ESA ihre Blickrichtung jetzt neu aus. Eine neue Station für den niedrigen Erdorbit wurde gebaut. Man nutzte dabei die Erfahrungen mit Columbus und den anderen Modulen, die Teil der ISS gewesen waren. Dieses Mal wurden diese Einheiten aber von Anfang an für die schnelle Übergabe an kommerzielle Eigentümer ausgelegt, für wachsende Märkte in der Weltraum-Fertigung und für den Weltraum-Tourismus. Gleichzeitig wurde ein anderes Problem der ISS angegangen. Um eine Raumstation sinnvoll betreiben zu können, braucht man einen regelmäßigen, bezahlbaren Zugang dazu. Zur ISS flogen die Astronauten in Abständen von drei Monaten: Leia Harland zwang uns, in Maßstäben von einem Besuch alle drei Tage zu denken.

Moon Village, and Europe seemed to be slipping from a junior partner in any international programme to a baby partner.

Meanwhile the Americans and Russians were constantly making new plans and then cancelling them as financial reality hit, the same with the Chinese as their economy ran into difficulties, and it seemed that none of the inspiration was getting through to the government ministers who held the purse-strings.

The key moment came, I think, at a conference the spring after that disappointing ministerial. In order to boost people's spirits, ESA held the conference on board the cruise liner Gaia in the Aegean Sea. The boss of the cruise company was interested and got an invitation to attend herself, and that's how Dr. Leia Harland became part of Moon Village.

Leia Harland saw straight off that the problem was too much reliance on public funding, and not enough hard-nosed business sense, and she proceeded to put the programme on the right track. How, she asked, could we possibly be thinking of sending astronauts to the Moon while astronaut visits to low Earth orbit would actually be in decline after the ISS ended? This would be like Christopher Columbus trying to cross the Atlantic after all Europe's ships had been allowed to rot away, forcing him to build special ships for that one exploration mission.

Thanks to Leia Harland, ESA readjusted its focus. A new station for low Earth orbit was built, using the experience from the Columbus and other modules of the ISS which had been part of the ISS. But this time the station modules were designed from the outset for a quick transfer to commercial ownership, for growing markets in space manufacturing and space tourism. At the same time another of the problems with the ISS was addressed. In order to operate a space station, you need to have regular, affordable access to it. Astronaut crews were flying to the ISS once every three months: Leia



A SpaceX Falcon 9 lands after an „accomplished“ mission on an unmanned drone ship in the Atlantic.



Nach einer Transportmission landet die erste Stufe einer SpaceX Falcon 9 auf einem unbemannten Bergungsschiff im Atlantik. Auch dies ist eine Möglichkeit, Kosten des Raumtransportes erschwinglicher zu machen.

Die ESA wollte wie gewohnt die Konstruktion einer neuen Version ihrer Ariane Rakete in Auftrag geben, aber Leia Harland öffnete uns die Augen für das amerikanische Vorgehen. In den USA hatte die NASA einige Firmen ermutigt, eigene Lösungen für das Problem des Zugangs zum Orbit zu finden und ihnen dann Verträge für die Versorgung der ISS gegeben. Im Gegenzug mussten diese Firmen für einen großen Teil der Entwicklungskosten ihr eigenes Geld einsetzen. Die Verträge dafür wurden auf Festpreisbasis abgeschlossen, nicht mehr auf Kostenerstattungsbasis.

Nachdem sich Europa dieses Vorgehen zu Eigen gemacht hatte,

wurden nun Ideen neu aufgegriffen, die jahrzehntelang auf Eis lagen. Die Sache wurde jetzt nicht mehr von der Politik und Steuergeldern bestimmt, sondern von Privat-Investoren, die wollten, dass ihre Projekte erfolgreich waren. Eine Vielzahl von Transportgeräten erschien nun auf dem Plan. Die Entwürfe wurden jetzt von der Notwendigkeit der Wiederverwendung, Robustheit, schnellen Umlaufzeiten zwischen den einzelnen Flügen und der Erschließung neuer Massenmärkte für die Raumfahrt bestimmt. Der Anblick riesiger Raketen, die wieder zum Startplatz zurückkehrten, nachdem sie ihre Nutzlasten ins All befördert hatten, um dann auf stelzenartigen Beinen zu landen, genauso wie es in Amerika schon zuvor demonstriert worden war, wurde nun alltäglich. Wenige Jahre später erschien eine neue Art von Raumflugzeugen. Sie starteten und landeten horizontal auf den Runways der Flughäfen. Namen wie Sänger, Skylon und der Bristol Spacebus gesellten sich nun zu den Arianes, Falcons, Deltas, Angaras und Long Marches aus dem traditionellen Trägergeschäft.

Harlands eigenes Unternehmen weitete seine Aktivitäten nun von Ozeankreuzfahrten auf Weltraumreisen aus. Innerhalb von zehn Jahren flogen jährlich tausend Menschen zu einer neuen Gattung von Weltraumhotels und

Harland forced us to think in terms of a visit once every three days. Bild 4A

ESA wanted to lead the design of a new version of its Ariane rocket. But Leia Harland opened our eyes to the American model. In the USA, NASA had been encouraging several different companies to develop their own solutions to the problem of getting into orbit, and then giving contracts for resupplying the ISS. But the companies had to be willing to pay a large part of the costs using their own money, and the contracts were for a fixed price, not cost-plus.

Once Europe had adopted this approach, ideas that had lain dormant for decades were revived. Driven by private investors keen on making their projects a success rather than by politics and taxpayers' money, a variety of transport vehicles made their appearance. Designs were driven by the need for reusability, robustness, quick turnaround between flights, and cultivation of new mass markets for spaceflight. The sight of enormous rockets coming back to land on spindly legs after launching their payloads, already demonstrated in America, now became commonplace. A few years later, the first of a new breed of spaceplanes made their appearance, launching and landing horizontally on runways. Names such as Sänger, Skylon and the Bristol Spacebus joined the Arianes, Falcons, Deltas, Angaras and Long Marches of the space launch business.

Harland's own company expanded its activities from ocean cruises to space cruises, and within ten years a thousand people a year were flying to and from the new breed of space hotels and space laboratories. The fliers were a mixture of government scientists, commercial researchers developing new manufacturing techniques in weightlessness, and private passengers who simply wanted to enjoy the experience of living in weightlessness and seeing their home planet from space: the first space tourists.

As numbers went up, the price of a ticket to space began to fall, opening up opportunities to more and more people. At the same time the lure of the Moon proved irresistible to some travellers. American companies had already flown some courageous private explorers around the Moon and back to Earth. Jan Wörner wanted ESA to leap ahead now. He was eager to lead a new programme to send the first astronauts for half a century back to the lunar surface, but Harland said no, not yet, the time is not yet ripe. The costs had not yet fallen far enough, or the technologies matured enough, for a robust, sustainable programme.



Der nächste Schritt wäre eine kleine lunare Basis, die mit dem 3D-Drucker hergestellt wird.

Raumlaboratorien. Die Passagiere waren eine Mischung aus institutionellen Wissenschaftlern, Forschern aus der Privatindustrie, die neue Fertigungstechnologien in der Schwerelosigkeit entwickelten und Privatleuten, die einfach nur einmal die Schwerelosigkeit erleben und ihren Heimatplaneten aus dem Weltraum sehen wollten: Die ersten Weltraumtouristen.

Mit dem Anstieg der Passagierzahlen fielen die Ticketpreise. Und das wiederum eröffnete die Flugmöglichkeiten für immer mehr Menschen. Gleichzeitig wurde die Verlockung des Mondes für einige der Reisenden unwiderstehlich. Amerikanische Firmen hatten bereits die ersten mutigen Privatforscher um den Mond und wieder zurück zur Erde gebracht. Jan Wörner wollte nun, dass die ESA die Führung übernahm. Er wollte ein neues Programm ins Leben rufen, in dem zum ersten Mal seit mehr als einem halben Jahrhundert wieder Menschen auf die Oberfläche des Mondes zurückkehrten. Aber Harland meinte: „Nein, jetzt noch nicht. Die Zeit ist noch nicht reif dafür“. Weder waren die Kosten dafür weit genug gefallen, noch waren die Technologien für ein robustes, nachhaltiges Programm weit genug entwickelt.

Sie überzeugte die ESA, zunächst eine neue Art von Raumstation, den „Pendler“, auf einer speziellen hoch elliptischen Erdumlaufbahn zu stationieren, einer Bahn, die ihn jeden Monat einmal in die Nähe des Mondes bringen würde. Das war im Jahr 2030. Im Verlauf der nächsten fünf Jahre wurde diese Pendelstation nach und nach mit weiteren Modulen ausgerüstet, mit

So she persuaded ESA that it should first establish a new space station on a cycling trajectory: a permanent highly elliptical Earth orbit that would take it close to the Moon once every month. This happened in the year 2030. Over the next five years the cyclor was gradually built up with additional modules, stocks of spare parts and reserves of food, water, fuel and oxygen, and plastic panels for radiation protection. Small ferry spacecraft were used to shuttle to and from the cyclor. They made quick transfers between a low Earth orbit station and the cyclor, and today between the cyclor and other stations out near the Moon and at the Lagrange points, minimizing people's exposure to harmful radiation.

By the time the station was handed over to fully commercial operation in 2035, it was large enough to provide a secure haven for travelers on the long haul flight from the Earth out to the Moon and back. As ESA signed off on the cyclor station, at last Leia Harland agreed it was ready to solicit designs from industry for a lunar lander which would take astronauts back to the surface of the Moon. But again the partner companies were required to shoulder a share of the development costs, in return for the commercial benefits from the lunar landers once they had been put into operation.

By the mid-2040s there were several cyclor stations in operation, in addition to more than a dozen stations in low Earth orbit. Station modules continued to be launched at regular intervals, as they still are today, sometimes to build a new station, sometimes to replace worn-out modules on an existing one. A vigorous market for rocket propellants had grown up in low Earth or-



The first habitats on the Moon will be self-deployable and very small.



Die Habitate müssen mit einer Schicht aus lunarem Regolith vor der Strahlung geschützt werden. Diese Schicht muss zwei bis drei Meter dick sein.

Ersatzteilen und Nahrungsreserven bestückt, mit Wasser, Treibstoff und Sauerstoff versehen und mit Kunststoffpaneelen zur Strahlungsabschirmung ausgestattet. Kleine Raumfähren wurden für den Verkehr zum und vom „Pendler“ eingesetzt. Sie sorgten für einen schnellen Transfer zwischen der Raumstation im niedrigen Erdorbit und dem „Pendler“. Heute wickeln sie zusätzlich auch den Verkehr zwischen der Pendelstation und anderen Stationen in der Nähe des Mondes und an den Librationspunkten ab und minimieren so die Strahlungsbelastung der Reisenden.

Als die Station im Jahre 2035 den kommerziellen Betreibern übergeben wurde, war sie groß genug, um einen sicheren Hafen für die Reisenden auf dem Langstreckenflug von der Erde hinaus zum Mond und zurück zu bilden. Als sich die ESA zurückzog, war schließlich auch Leia Harland der Meinung, dass nun von der Industrie Angebote für eine Landefähre eingeholt werden konnten, um Astronauten zur Oberfläche des Mondes zu bringen. Und wieder waren die Partner-Unternehmen gefragt, um als Gegenleistung für die künftigen kommerziellen Erträge der Mondlander einen Teil der Entwicklungskosten zu schultern.

Mitte der 2040iger Jahre waren mehrere Pender in Betrieb, zusätzlich zu den mehr als einem Dutzend Stationen im niedrigen Erdorbit. Raumstationsmodule wurden jetzt in regelmäßigen Intervallen gestartet. Manchmal um neue Stationen zu bauen, manchmal um ausgediente Module bereits existierender Stationen auszutauschen. In der niedrigen Erdumlaufbahn hatte sich ein lebhafter Markt für Raketentreibstoff entwickelt und die ESA arbeitete an neuen Partnerschaften mit Explorations-Unternehmen für die Erschließung geeigneter Asteroiden, mit dem Ziel, künftig den gesamten Raketentreibstoff im Weltraum selbst zu gewinnen und ihn nicht von der Erde herauf zu transportieren. Bestimmt erinnern Sie sich noch alle an die 2040iger Jahre mit ihren internatio-



In order to protect the habitat from radiation it has to be covered with a blanket of two to three meters of lunar regolith.

bit, and ESA was again partnering with exploration companies on prospecting near-Earth asteroids, with the object of eventually supplying all the fuel needed from space, not from Earth.

Of course we all remember the 2040s for the international Ares missions to Mars. The Americans partnered with the Russians for these flights, with one guest astronaut from China and one from Japan. Harland advised ESA to focus on the Moon, but the lure of the red planet was too great. A single European astronaut joined one of the three successful international Mars expeditions.

Meanwhile the price of travel to Earth orbit and to the Moon was still falling as the numbers of people flying increased year by year. The first European astronauts stepped at last onto the lunar surface in 2042, in a public-private partnership which saw their lunar landing vehicles carried out to the Moon on the commercial cyclor stations. There was an American astronaut on one flight, a Chinese on another, and other international partner astronauts followed.

It was not always plain sailing. One of the landers suffered an explosion on the way to the Moon in 2047, but because it was docked to a cyclor station there were sufficient resources on hand to return the astronauts to Earth without any difficulty. The great solar storm of 2051 might have been fatal back in the Apollo days, but now all the space travellers were well protected from radiation, either in their well shielded cyclor stations, or on the lunar surface under a thick layer of moon dust.

nenalen Ares Mars-Missionen. Die Amerikaner taten sich für diese Flüge mit den Russen zusammen, mit je einem Gast-Astronauten aus China und einem aus Japan. Harland riet der ESA, sich auf den Mond zu fokussieren, aber die Verlockung des Roten Planeten war allzu groß. So beteiligte sich auch die ESA mit einem einzelnen Astronauten an einer der drei erfolgreichen internationalen Mars-Expeditionen.

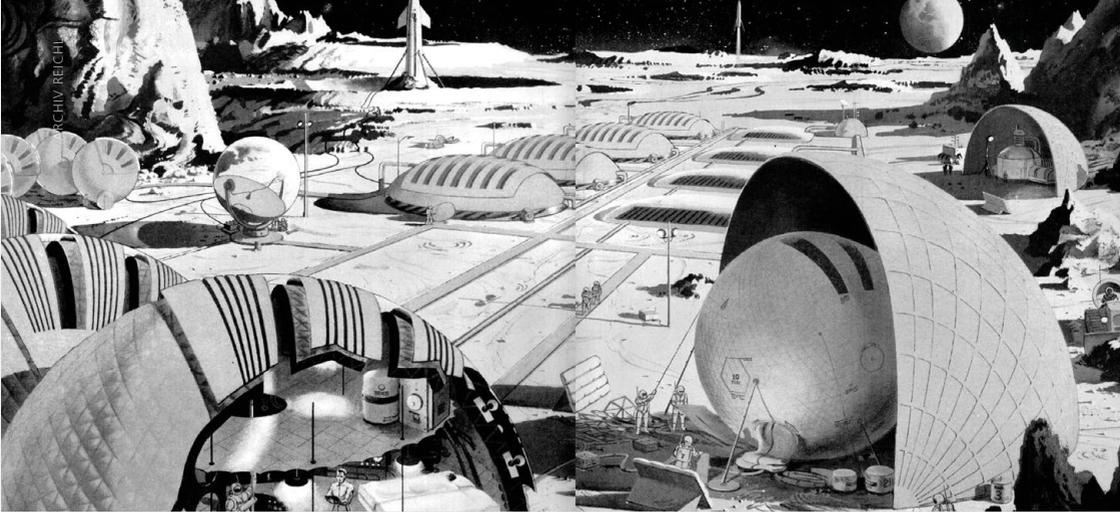
Nachdem die Anzahl der Menschen, die in den Orbit und zum Mond reisten, laufend stieg, fielen die Preise für die Flüge dorthin immer weiter. Die ersten europäischen Astronauten betraten schließlich 2042 den Mond. Dies geschah im Rahmen einer Public-Private- Partnerschaft, bei der Landehelikopter der ESA mit den kommerziellen Pendelstationen zum Mond transportiert wurden. Bei einem dieser Flüge war ein amerikanischer Astronaut mit dabei, bei einem anderen ein Chinese. Weitere internationale Gast-Astronauten folgten.

Es lief nicht immer in ruhigem Fahrwasser. Einer der Lander erlitt 2047 auf dem Weg zum Mond eine Explosion. Weil er aber noch an der Cyclo-Station angedockt war, gab es genügend Ressourcen, um die Astronauten problemlos wieder zur Erde zurückzubringen. Der große Sonnensturm des Jahres 2051 wäre in den Apollo-Tagen tödlich gewesen, aber nun waren die Weltraumreisenden gut vor der Strahlung geschützt, entweder in ihren abgeschirmten Pendelstationen oder auf der Mondoberfläche unter einer dicken Schicht aus Mondstaub.

Ein weiteres potentielles Problem ergab sich durch die Finanzkrise des Jahres 2052. Sie entstand durch den zunehmenden Gebrauch quasi-intelligenter Computersysteme und den Zusammenbruch der Beschäftigung in so traditionellen Bereichen wie Taxifahren und im Einzelhandel. Eine Zeit lang konnte es sich keine Regierung weltweit leisten, überhaupt Astronauten zum Mond zu senden. Das unterbrach aber nicht das Wachstum des Moon Village.



Dieser Blick auf die Besiedelung des Mondes wurde bereits in den sechziger Jahren gemacht. Vielleicht wird der Traum jetzt endlich wahr.

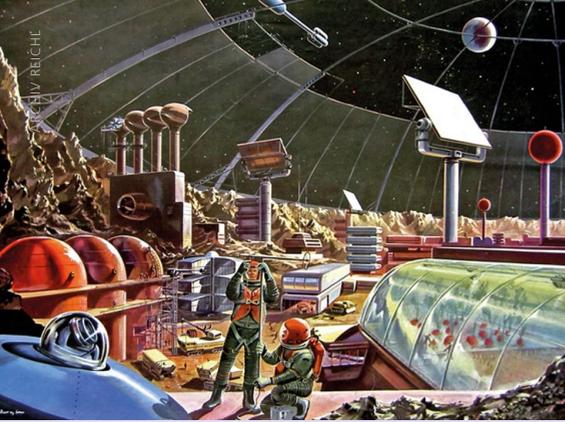


This look into the future was already made back in the sixties. Maybe this time the dream comes true.

Another potential problem was faced during the financial crisis of 2052, due to the increasing use of quasi-intelligent computer systems and the collapse of employment in such traditional jobs as driving and shopkeeping. For a while no government around the world was able to afford to send its astronauts to the Moon at all. But this did not disturb the growth of Moon Village. Thanks to the wise decision to attract travelers to the Moon for a variety of purposes, the traffic between the Earth and Moon continued, based on commercial and tourist markets. Whatever pressures there were on the public finances – there were always rich people looking for ways to spend their money!

The Ares programme, too, was too expensive to maintain, and was cancelled after only three manned landings on Mars, at Chryse, Hellas and in the Valles Marineris. The huge, and hugely expensive, Ares rockets flew no more, because their only purpose had been to take astronauts to Mars. But the smaller, more versatile, reusable rockets used in the Earth-Moon system thrived, as Leia Harland had foreseen. They supplied transport services to a wide variety of customers, and have now become as indispensable as any aircraft or ships on Earth.

As the space economy continued to grow, more people were able to enjoy the experience of flying in space personally, and more products were manufactured in the microgravity factories, including drugs and ultrapure crystals. Today over ten thousand people fly to orbit and back every year, that's forty space passengers every working day of the week. They pay a ticket price of only a few hundred thousand euros, compared with the tens of millions it cost fifty years ago. A thousand people a year join the Earth-Moon cyclers and see the Moon from close up, and several hundred a year use the lunar landers



Und auch dieser Traum einer noch fernerer Zukunft, in der ganze Städte auf dem Mond entstehen, stammt aus den Sechzigern.

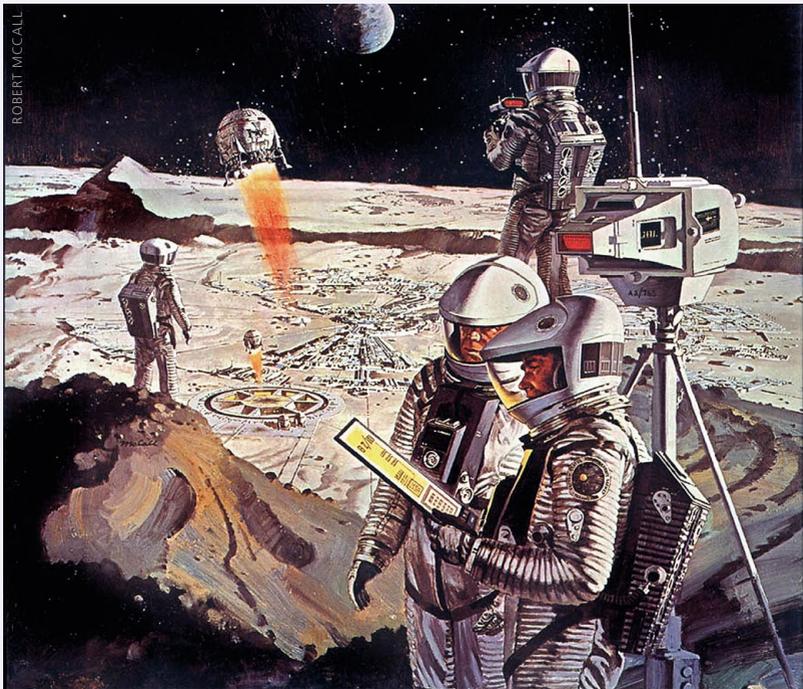
Dank der weisen Entscheidung, das Reisen zum Mond aus einer Vielzahl von Gründen attraktiv zu machen, hielt der kommerzielle Betrieb und der Touristenstrom zwischen Erde und Mond weiterhin an. Ganz gleich, was für ein Druck auf den öffentlichen Finanzen lag, es gab immer genug reiche Leute, die nach Möglichkeiten suchten, ihr Geld auszugeben.

Auch das Ares-Programm erwies sich als zu teuer, um es weiterzuführen. Nach nur drei Landungen auf dem Mars, in den Gebieten Chryse, Hellas und dem Vallis Marineris wurde es wieder aufgegeben. Die gewaltigen und extrem teuren Ares-Träger flogen nie wieder. Ihr einziger Zweck war es gewesen, Astronauten zum Mars zu bringen. Aber die kleineren, vielseitigeren wiederverwendbaren Raketen des Erde-Mond Systems waren so erfolgreich, wie Leia Harland es vorausgesehen hatte. Sie stellten Transportleistungen für eine Vielzahl von Kunden zur Verfügung und sind heute im Weltraum so unentbehrlich wie Flugzeuge und Schiffe auf der Erde.

Mit dem Wachsen der Raumfahrtwirtschaft konnten es sich immer mehr Menschen leisten, ins All zu reisen. Immer mehr Produkte wurden in orbitalen Fertigungsanlagen hergestellt, darunter Medikamente und ultrareine Kristalle. Heute fliegen jedes Jahr mehr als zehntausend Menschen in die Erdumlaufbahn und zurück. Das sind vierzig Weltraumpassagiere an jedem Werktag des Jahres. Sie zahlen für ihre Tickets nur noch einige hunderttausend Euros, verglichen mit den mehreren zehn Millionen fünfzig Jahre zuvor. Etwa tausend Menschen pro Jahr sind mit den Erde-Mond Pendlern unterwegs und sehen sich den Erdtrabanten aus der Nähe an, und mehrere hundert Menschen pro Jahr nutzen die Lander, um zum Moon Village zu gelangen.

So wie Apollo durch das Moon Village ersetzt werden musste, bevor eine dauerhafte menschliche Präsenz auf dem Mond möglich und erschwinglich wurde, war auch ein neuer Anlauf für die Rückkehr zum Mars notwendig. Der erste dieser neuen Art von Mars-Erkundern, dessen Start für den August geplant ist, baut auf der jahrzehntelangen Erfahrung des Flugbetriebs im Erde-Mond System auf.

to reach Moon Village. Just as Apollo had to be replaced by Moon Village before a human presence on the Moon became affordable and sustainable, so too a new approach was needed in order to return to Mars. The first of the new breed of Mars explorers, due to launch this August, are using a heritage of decades of spaceflight experience in the Earth-Moon system. All this has only been made possible by finding the right balance between government and commercial activities in space, and I've been privileged to play a key role in this process over the years, together with Jan Wörner and the other leaders of ESA, and with Leia Harland and the CEOs of many other companies which pursued the visionary ideals of extending our economy into space. Thank you, Frank, and now we're very close to seeing the Pegasus M-33 appear over Moon Village today. All systems are still nominal, and the final descent burn started eight minutes ago, with a landing expected in just over one minute from now.



Here an even more distant future, where large lunar cities are under construction. In Fact, this future once was envisioned for the year 2001...