

**»50 Jahre Mondlandung« mit Apollo-Astronaut gefeiert und der VDI war mit dabei**

**Am 29. und 30. Mai 2019 fanden vor großem Publikum die Feierlichkeiten des 50jährigen Jubiläums der ersten bemannten Mondlandung in einzigartiger Kulisse im Technik Museum Speyer statt. Ein besonderer Ehrengast war der Apollo 16-Astronaut und »Moonwalker« Charles Duke.**

Die Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) veranstaltete am **29. Mai 2019** in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) und dem Technik Museum Speyer ein **ganztägiges Fachsymposium mit dem Titel »First Moon Landing«** in der beeindruckenden Kulisse Europas größter Raumfahrt Ausstellung »Apollo and Beyond«. 250 Fachbesucher nahmen an der mit »hochkarätigen« Referenten und Gästen aus der Raumfahrtbranche besetzten Fachveranstaltung teil. Die Referenten kamen aus den verschiedensten Bereichen der deutschen, europäischen, russischen und amerikanischen Raumfahrt. Gäste waren beispielsweise die deutschen Astronauten Reinhold Ewald, Matthias Maurer, Ulf Merbold, Ernst Messerschmid und Ulrich Walter. Der besondere Ehrengast war der trotz seiner 83 Jahre junggebliebene US-Astronaut Charles Duke, der als so genannter »Capcom« (Capsule Communicator) bei der ersten bemannten Mondlandung von Apollo 11 fungierte und später selbst als 10. und jüngster Mensch auf dem Mond mit Apollo 16 landete.



Die Besucher/innen des Fachsymposiums verfolgten aufmerksam die Vorträge und hörten den Referenten gebannt zu (© DGLR/T. Henne)

Das Programm des Symposiums war aufgeteilt in vier thematische Blöcke:

- Historie der Mondlandungen
- Die Technik hinter und die Mondlandungen selbst
- Wissenschaftliche Ergebnisse
- Zukünftige Monderforschungen.

Anerkannte Wissenschaftler und Repräsentanten aus der Raumfahrtbranche referierten profund, spannend und kurzweilig zu diesen Themen. Selbst der deutsche ESA-Generaldirektor, Prof. Johann Dietrich Wörner, ließ es sich nicht nehmen, über die zukünftigen Raumfahrt-Explorationspläne der Europäer zu berichten, wobei eine ständige Besiedlung des Mondes, das so genannte »Moon Village« im Fokus steht.

Durch das ganztägige Programm führte kompetent der SWR-Moderator Patrick Neelmeier. Die Kongresssprache bei diesem Fachsymposium war Englisch.

### **Historischer Rückblick auf die Ursprünge**

Nach der Begrüßung durch die Organisatoren der Veranstaltung:

Hermann Layher, Präsident der Technik Museen Sinsheim und Speyer

Gerhard Daum, Direktor der Raumfahrtausstellung »Apollo and Beyond« im Technik Museum Speyer

Dr. Walther Pelzer, Mitglied des Vorstandes des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Rolf Henke, Präsident der DGLR

Dr. Rolf Janovsky, Vizepräsident der DGLR

referierte Lea-Melissa Vehling, freie Journalistin bei der FAZ, zum Thema »The Rise and Fall of the Paperclip Boys«. So berichtete sie über die frühen deutschen Raketenpioniere um Wernher von Braun, die im zweiten Weltkrieg die grundlegenden Techniken der Raumfahrt entwickelten, durch die später die Menschheit diesseits und jenseits des damaligen »Eisernen Vorhangs« den Weltraum und den Mond eroberten. Wernher von Braun und seine etwa 150 Mitarbeiter wurden in einer geheim gehaltenen Aktion unter dem Decknamen »Operation Paperclip« im Sommer 1945 als erste Gruppe von deutschen Wissenschaftlern in die USA gebracht. Der Name »Paperclip« (deutsch: Büroklammer) leitete sich von den in den entsprechenden Personalakten eingesteckten Büroklammern ab, welche die relevanten Wissenschaftler (»Paperclip Boys«) kennzeichneten, die in die USA gebracht werden sollten. Der letzte dieser Ingenieure und Wissenschaftler, Georg von Tiesenhausen, verstarb erst im letzten Jahr im Alter von 104 Jahren. Er war im Rahmen des Apollo-Programms maßgeblich an der Konstruktion des »Lunar Roving Vehicle (LRV)« – einem Fahrzeug für die Fahrt auf dem Mond - beteiligt.



Dr. Walther Pelzer, Vorstandsmitglied des DLR bei der Begrüßung der Teilnehmer/innen des Fachsymposiums (© DGLR/T. Henne)

## Die sowjetischen Mondprogramme

Im Anschluss an den Rückblick auf die Anfänge der US-amerikanischen Raumfahrt berichtete der russische Planetologe Alexander Basilewski über die »Soviet Studies of the Moon in the 1960s-70s«. Er ging dabei chronologisch auf die unbemannten sowjetischen Mondmissionen ein, und verhehlte nicht, dass diese nicht immer von Erfolg gekrönt waren. Interessanterweise berichtete er in diesem Zusammenhang, dass nicht die Astronauten von Apollo 8 die ersten Lebewesen waren, die den Mond umkreisten. Vielmehr waren es Schildkröten, die an Bord der Mondsonde »Zond 5« im September 1968 erfolgreich im Lunarorbit unterwegs waren. Die Kapsel mit den Schildkröten war zwar intakt vom Mond zurückgekehrt, jedoch bei der Landung vom erwünschten Pfad abgewichen und landete außerhalb des Zielgebiets. Basilewski wusste zudem zu berichten, dass das Personal eines US-Zerstörers die aufwändige Bergung der gepanzerten Tierchen im indischen Ozean interessiert beobachtete. Die Sache ging gut aus: Die Schildkröten an Bord hatten den Mondflug gut überstanden und ihr gesunder Appetit nach der Rückkehr zur Erde wurde als gutes Omen für zukünftige Missionen gewertet.

Nach den Raumsonden-Programmen »Lunik« ab 1959 und »Luna« ab 1963, sollte ein Kosmonaut als erster Mensch auf dem Mond landen und möglichen US-amerikanischen Astronauten zuvorkommen. Das sowjetische Mondprogramm war bis in die Glasnost-Zeit streng geheim. Details darüber wurden erst nach 1990 bekannt. Für den bemannten Flug zum Mond, sollte die der amerikanischen Saturn V-Mondrakete ähnliche sowjetische Trägerrakete »N1« zum Einsatz kommen. Nach vier Fehlstarts



in den Jahren 1969 bis 1972 wurden das Entwicklungsprogramm der N1 im Jahr 1974 und das darauf basierende bemannte Mondlandungsprojekt aber eingestellt.

Mit ersten Rückführungssonden sollte jedoch noch vor den Amerikanern Mondgestein zur Erde gebracht werden. Der erste Start dazu am 14. Juni 1969 (Luna 1969B) scheiterte am Versagen der Proton-Rakete. Die nächste Sonde, Luna 15, wurde zwar drei Tage vor der Apollo-11-Mission am 13. Juli 1969 gestartet, schlug aber beim Landeversuch am 21. Juli 1969, also einen Tag nach der amerikanischen Mondlandung, hart auf und zerschellte. Erst im Anschluss an diese Missionen erfolgten zwei erfolgreiche Landungen mit den sowjetischen Mondrovern »Lunochod«. Es waren die ersten ferngesteuerten Fahrzeuge auf einem anderen Himmelskörper. Lunochod 2 hielt, wie im Jahr 2013 auf Bildern des amerikanischen »Lunar Reconnaissance Orbiters (LRO)« festgestellt wurde, mit einer zurückgelegten Strecke von 42 km den damaligen Rekord für die zurückgelegte Strecke eines extraterrestrischen Fahrzeugs, bis dieser vom amerikanischen Rover »Opportunity« auf dem Mars gebrochen wurde.



Der russische Planetologe Alexander Basilewsky wusste viele Details zum sowjetischen Raumprogramm zu berichten (© DGLR/T. Henne)

### **Charles Duke - Apollo 11: First Moon Landing**

Der amerikanische Astronaut Charles Duke hat bei der ersten Mondlandung mit Apollo 11 im Kontrollzentrum in Houston gesessen und ist dort quasi aus erster Hand Zeuge geworden, wie Neil Armstrong und Edwin »Buzz« Aldrin nach einigen Anflugschwierigkeiten und mit den letzten Treibstoffreserven sicher auf dem Mond gelandet sind.

Knappe drei Jahre später flog er mit Apollo 16 selbst auf den Mond und fuhr dort, als jüngster »Moonwalker« überhaupt, mit einem »Lunar Rover« über die Oberfläche des Mondes mit dem Auftrag, diese weiter zu erkunden. Sie waren nicht nur dabei

erfolgreich. Vielmehr stellten Charles Duke und John Young mit diesem Rover den noch immer geltenden Mondgeschwindigkeitsrekord von etwa 18 km/h auf.

Duke war der Navigator an Bord des Lunar Rovers im Sitz neben seinem Kommandanten John Young und hat nicht zuletzt deshalb immer wieder Zeit gehabt, sich am Anblick des Mondes zu erfreuen. Dabei seien sie sich aber immer bewusst gewesen, merkte Duke in diesem Zusammenhang humorvoll an, dass sie bei einem Unfall keinen Automobilclub hätten anrufen können und im Notfall zur Mondfähre hätten zurücklaufen müssen. Duke lobte die »Mission Control« in Houston – „Es hat immer Probleme gegeben, aber diese Jungs haben es immer wieder hinbekommen“.

Die Astronauten hielten bei den Exkursionen stets Abstand zu den großen Mondkratern. Manche davon haben ein Kratertrichtergefälle von bis zu 30 Prozent und sind auch oft 100 Meter tief. Da nur das Nötigste bei jeder Tour mitgenommen wurde, und um mehr Platz bzw. freies Gewicht für Forschungsprojekte zu haben, war kein langes Seil mit an Bord des Mond-Rovers. „Rutscht man in einen tiefen Krater hinein, bedeutet dies den sicheren Tod“, waren sich Duke und Young bewusst.

Der Mondstaub ist zudem ein großes Problem. Er ist so fein, dass er sich überall hineinsetzt und dadurch die Betriebsfähigkeit der Mondanzüge wie auch des technischen Geräts erschwert.

Die Größe von Objekten ist auf dem Mond nicht einfach abzuschätzen. „Lass uns mal zu dem Stein dort hinten gehen“, schlug Duke seinem Kollegen vor. Nach dem - länger als gedachten – Hinweg, stand er vor einem 40 Meter breiten und 15 m hohen Felsmassiv, von dem er einen großen Gesteinsbrocken mit dem Hammer abschlug.

Ein kurzes Video zeigte den Zuhörern, wie schwierig es war, bei geringer Schwerkraft und schwer beweglichen Mondanzügen einen Stein in einen Beutel zu balancieren. Insgesamt brachte Apollo 16 etwa 95 kg Mondgestein zurück zur Erde.

Auch mit seinen 83 Jahren sei er noch immer der jüngste »Moonwalker« aller Zeiten scherzte Duke. Mit einem Augenzwinkern auf Matthias Maurer fügte er hinzu, dass sich dies wohl bald ändern werde. Der in den ESA-Astronautenkader berufene Matthias Maurer wird als eventuell erster Deutscher auf dem Mond angekündigt.



Charles Duke – der jüngste und 10. Mensch auf dem Mond berichtet auch heute noch so lebhaft über seine Mondexpedition als Apollo-16-Astronaut, als wäre »es erst gestern gewesen« (© DGLR/T. Henne)

## **Der Mond als Ausgangspunkt für die Exploration des Weltraums**

Dr. Jürgen Schlutz vom DLR berichtete in seinem Vortrag über die langfristige Explorationsstrategie der Raumfahrtnationen, beginnend mit der Internationalen Raumstation ISS und schrittweise erweitert in unserem Sonnensystem bis hin zu einer bemannten Erkundung der Marsoberfläche. Im Rahmen dieser Strategie stehen zwei alternative Explorationspfade mit dem Mond oder erdnahen Asteroiden als nächstes Ziel der bemannten Raumfahrt im Fokus einer gemeinsamen Roadmap. Jeder dieser Pfade beschreibt ein Missionsszenario mit einer logischen Folge von robotischen und bemannten Missionen. Gleichzeitig sprechen beide Pfade gemeinsame Explorationsziele der internationalen Raumfahrtagenturen an.

Die Roadmap nennt fünf Bereiche, in denen die internationale Abstimmung in Vorbereitung der langfristigen Explorationsstrategie verstärkt werden soll. Diese Bereiche umfassen die Nutzung der Internationalen Raumstation für Exploration, vorbereitende robotische Missionen, die zielgerichtete Technologieentwicklung und die Entwicklung neuer Raumfahrtsysteme.

In all diesen Bereichen ist das DLR bereits heute in nationalen Vorhaben und internationalen Partnerschaften eingebunden. Sie sollen durch intensive Zusammenarbeit weiter gestärkt und ausgeweitet werden. So treibt die Bundesrepublik im Sinne der deutschen Raumfahrtstrategie mit den internationalen Partnern den Betrieb und die umfassende Nutzung der Internationalen Raumstation als bemanntes Forschungslabor im All voran. Neue Technologien für die Erkundung des Weltraums bieten die Chance, deutsches Knowhow in geplante robotische Missionen zur wissenschaftlichen Erforschung des Sonnensystems und der Entstehung des Lebens einzubringen.

Das DLR unterstützt die internationale Abstimmung und beteiligt sich aktiv an der Arbeit in den Arbeitsgruppen. So kann sich die Bundesrepublik frühzeitig für strategische Partnerschaften in Position bringen und im Sinne der deutschen Raumfahrtstrategie die nationalen Interessen in die globale Zusammenarbeit einbringen.

### **»Lunar Gateway« und der Beitrag Europas**

Phillip Schoonejans, verantwortlicher Leiter für Robotik und Zukunftsprojekte bei der ESA, referierte über die projektierte Mondorbit-Station »Lunar Gateway«, die zur Weltraum-Exploration und -Forschung ab 2025 in Betrieb genommen werden soll.

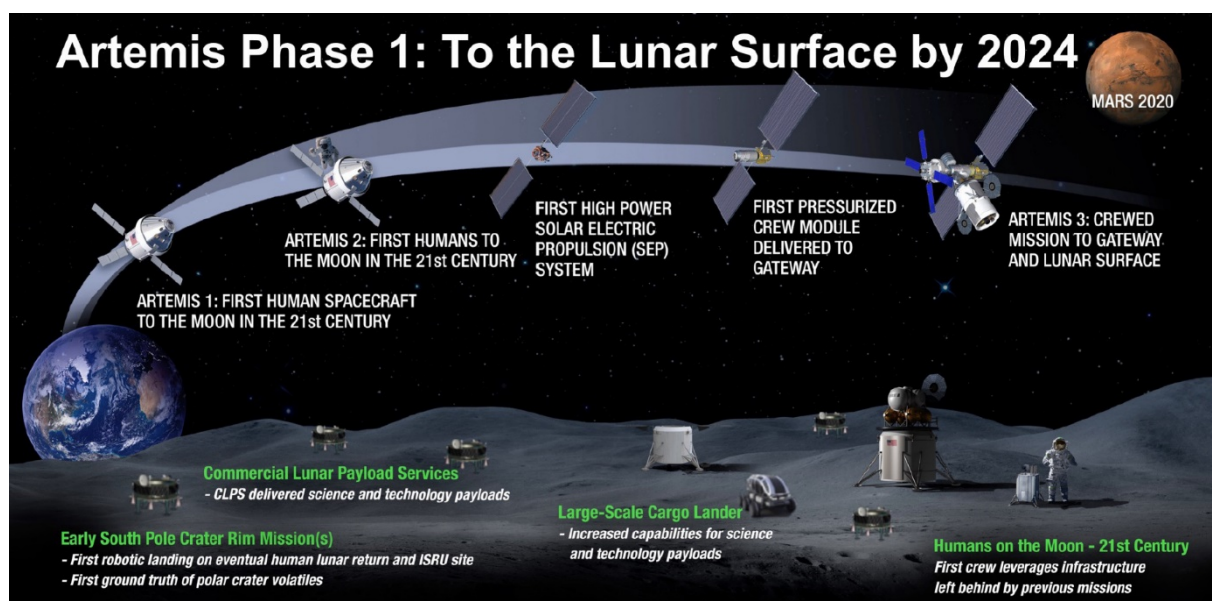
Die »Lunar Orbital Platform-Gateway (LOP-G)«, früher als »Deep Space Gateway (DSG)« bezeichnet, ist eine geplante gemeinsame Raumstation von NASA, ESA, Roskosmos, JAXA und CSA. Sie soll den Mond umkreisen und – anders als die ISS – nicht durchgängig besetzt sein. Vielmehr soll sie im Rahmen des »Artemis-Programms« als Zwischenstation für bemannte Missionen zum Mond dienen und Technologien für spätere Marsmissionen erproben. Der Aufbau der Station soll 2022 beginnen.

Das »Artemis-Programm« ist ein Raumfahrtprojekt der aktuellen Regierung der Vereinigten Staaten und der NASA. Ziel des Programms ist die Landung der ersten

Frau überhaupt sowie des ersten Manns seit Apollo 17 auf dem Mond im Jahr 2024, gefolgt von jährlichen Expeditionen zur Mondoberfläche.

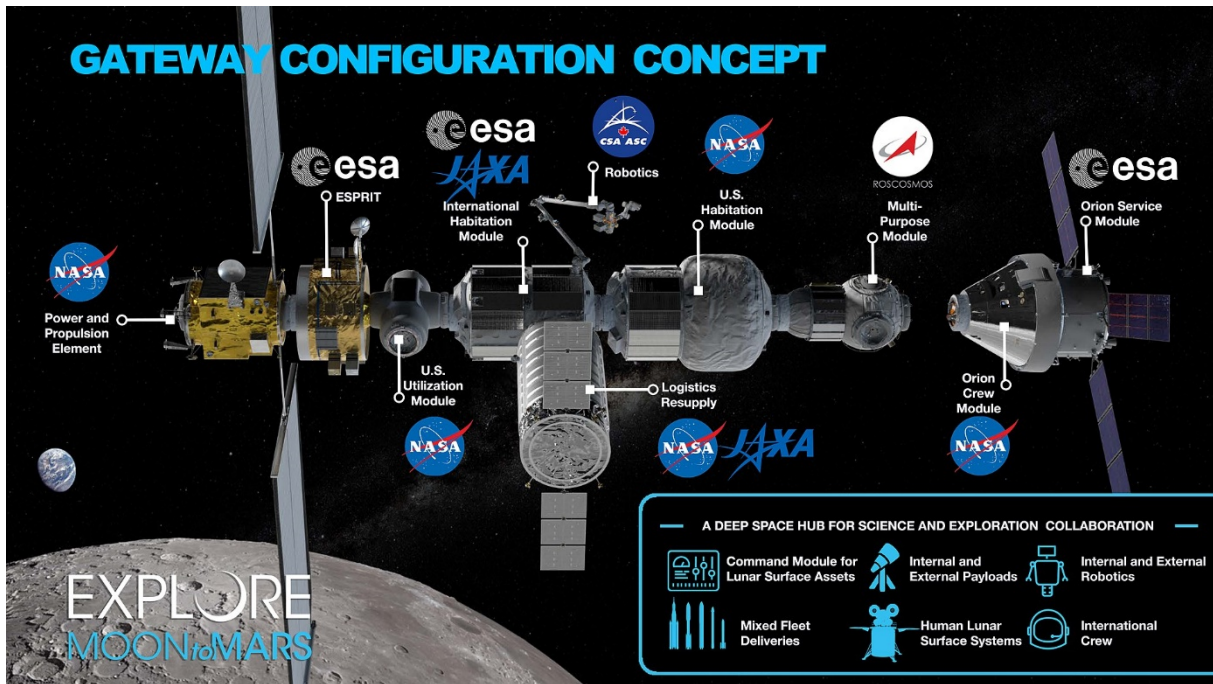
Das »Artemis-Programm« baut auf vier technischen Einheiten auf, deren Konzept überwiegend aus früheren US-Mondprogrammen stammt.

- Die Superschwerlastrakete »Space Launch System (SLS)« wird offiziell seit 2011 entwickelt. Sie soll zunächst bis zu 26 Tonnen Nutzlast auf den Weg zum Mond bringen können.
- Das »Orion-Raumschiff«, das für eine Besatzung von bis zu vier Astronauten ausgelegt ist. Orion besteht aus einer von Lockheed Martin gebauten Raumkapsel und dem europäischen Servicemodul, einer von Airbus Defence and Space in Bremen gefertigten Antriebs- und Versorgungseinheit. Das Gesamtsystem ist so schwer, dass es nur mit dem SLS transportiert werden kann.
- Die »Lunar Orbital Platform-Gateway (LOP-G)« ist seit 2017 geplant. Es handelt sich um eine modulare Raumstation, die in einer Umlaufbahn um den Mond platziert werden soll. Von dort aus sollen sowohl Mondlandungen als auch spätere Flüge zum Mars erfolgen. Außerdem soll sie als Kontrollzentrum für die Steuerung von Robotermissionen auf der Mondoberfläche dienen. Die Station soll nur zeitweise bewohnt sein. Getragen wird die Raumstation von einer internationalen Kooperation der ISS-Teilnehmerstaaten.
- Die Mondfähre soll, wie beim Apollo-Programm, aus einem Abstiegsmodul, welches auf der Mondoberfläche verbleibt, und aus einem Aufstiegsmodul bestehen. Eventuell wird auch ein zusätzliches Transfermodul benötigt, um die Fähre zwischen LOP-G und einem niedrigen Mondorbit zu bewegen. Aus Redundanzgründen plant die NASA die getrennte Beschaffung und den Start von zwei Fähren für die Mondlandung im Jahr 2024.



»Artemis«-Planung bis 2024 (Grafik: NASA)





Geplante Module der »Lunar Orbital Platform-Gateway«, rechts im Bild das »Orion-Raumschiff« (Grafik: NASA)

Das »Lunar-Gateway« wird eine Plattform für wissenschaftliche Entdeckungen im Weltraum bieten und wertvolle Erfahrungen für die Herausforderungen zukünftiger bemannter Missionen zum Mars sammeln.

Die potenzielle Beteiligung der ESA umfasst das »ESPRIT-Modul« für die Kommunikation und Betankung des Gateways sowie eine spezielle Luftschleuse für die Bereitstellung wissenschaftlicher Nutzlasten und Kleinstsatelliten so genannter »Cubesats«. Die ESA prüft darüber hinaus ihre mögliche Beteiligung am internationalen Wohnmodul in Zusammenarbeit mit den internationalen Partnern. Ein mögliches Engagement für den Aufbau der europäischen Beiträge zum Gateway wird eine der wichtigsten Entscheidungen der europäischen Minister auf der »Space19+«-Konferenz im November 2019 sein.

## Die Geologie des Mondes – Schlüssel zum Verständnis der »frühen Erde« und unbeantwortete Fragen

Der Mond ist der Schlüssel zum Verständnis sowohl der Erde als auch unseres Sonnensystems im Hinblick auf planetare Prozesse und war über 4,5 Milliarden Jahre Zeuge der Geschichte des Sonnensystems, so die beiden Planetologen Prof. Harald Hiesinger von der Universität Münster und Prof. Ralf Jaumann vom DLR in Berlin bei Ihren Vorträgen.

Aufbauend auf früheren Teleskopbeobachtungen wurde unser Wissen über den Mond durch reichhaltige Informationen von Apollo und anderen Mondmissionen stetig erweitert. Diese demonstrierten den Wert des Mondes für das Verständnis der grundlegenden Prozesse, die die Planetenbildung und -entwicklung antreiben. Der Mond wurde geraume Zeit als inerter Körper verstanden, dessen Geologie hauptsäch-



lich auf Einschläge und Vulkanismus mit der damit verbundenen Tektonik und einer relativ einfachen Zusammensetzung beschränkt war. Im Gegensatz zur Erde, deren Geologie durch die Plattentektonik bestimmt wird, hat deren Abwesenheit auf dem Mond eine genau definierte geologische Evolutionsbilanz bewahrt. Die jüngsten Mondmissionen haben jedoch gezeigt, dass diese traditionelle Ansicht der Mondoberfläche mit Sicherheit eine Vereinfachung darstellt. Obwohl lange vermutet wurde, dass Eis in so genannten »Kühlfallen« an den Mondpolen vorhanden sein könnte, deuten die jüngsten Ergebnisse auch auf die Bildung von OH und H<sub>2</sub>O außerhalb der Polarregionen hin. Diese flüchtigen Bestandteile werden wahrscheinlich durch Hydratationsprozesse an der Mondoberfläche gebildet, einschließlich der Produktion von H<sub>2</sub>O und OH durch Sonnenwindprotonen, die mit sauerstoffreichen Gesteinsoberflächen wechselwirken, wie sie während des Einschlags von Mikrometeoriten auf Mondbodenpartikel entstehen.

Auf der Grundlage der Gammastrahlendaten der Mondsonde »Lunar Prospector« wurde festgestellt, dass die Mondkruste und der darunterliegende Mantel in verschiedene Bereiche mit einzigartigen geochemischen, geophysikalischen und geologischen Eigenschaften unterteilt ist. Die Konzentration von wärmeerzeugenden Elementen auf dem Mond, z. B. im »Meer der Stürme«, hat offenbar dazu geführt, dass die der Erde zugewandte Mondhälfte vulkanisch aktiver ist als die Rückseite. Jüngste Datierungen von Basalten haben gezeigt, dass der Mondvulkanismus für fast 3 Milliarden Jahre aktiv war, beginnend bei etwa 3,9 bis 4,0 Milliarden Jahre und endend bei etwa 1,2 Milliarden Jahre. Eine kürzlich durchgeführte Analyse seismischer Daten stützt das Vorhandensein einer teilweise geschmolzenen Schicht an der Basis des Mantels und zeigt nicht nur das Vorhandensein eines 330 km flüssigen Kerns, sondern auch einen kleinen festen inneren Kern.

Heutzutage hat der Mond kein »dynamogeneriertes« Magnetfeld mehr wie das der Erde. Die verbleibende Magnetisierung der Mondkruste und die paläomagnetische Aufzeichnung einiger Mondproben lassen jedoch vermuten, dass die Magnetisierung möglicherweise durch ein nach innen gerichtetes Magnetfeld erfolgte, das durch einen frühen »Dynamoeffekt« des Mondkerns verursacht wurde.

Zusammenfassend ist der Mond ein komplexes planetarisches Objekt. Der Vortrag zeigte: Es bleibt noch viel zu erforschen und zu entdecken, insbesondere in Bezug auf den Ursprung des Mondes, die Geschichte des Erde-Mond-Systems und die Prozesse, die im Inneren des Sonnensystems während der letzten 4,5 Milliarden Jahre abliefen. Die Rückkehr zum Mond ist daher der nächste entscheidende Schritt für die weitere Erforschung und das Verständnis unserer planetaren Nachbarschaft.

### **Why Human Lunar Exploration?**

Warum es in der Zukunft wieder astronautische Mondmissionen geben sollte und wie diese aussehen könnten, war auch Thema einer Podiumsdiskussion, die vom deutschen Astronauten Reinhold Ewald moderiert wurde. Neben Charles Duke nahmen auch Harald Hiesinger, ESA-Astronaut Matthias Maurer, Walther Pelzer (DLR) und ESA-Astronaut Frank de Winne (ESA) an der Diskussion teil. Matthias Maurer ist Leiter der Mond-Trainingsanlage LUNA, die als Vorbereitung zur nächsten

Mondlandung dienen soll. Maurer erklärte, dass dort unter anderem ein »Dust Lab« entsteht, in dem getestet wird, wie man Astronauten und Technik besser vor dem Mondstaub schützen kann. Die Runde war sich einig, dass der Mond der nächste Schritt in der astronautischen Raumfahrt sein wird. Ob er auch ein Sprungbrett zu weiter entfernten Zielen wie dem Mars sein kann, bleibt abzuwarten. Auf Reinhold Ewalds Frage, welche seine ersten Worte auf dem Mars wären, antwortete Matthias Maurer allerdings: „Don't fly back without me“ – „Fliegt nicht ohne mich zurück.“



Die Teilnehmerrunde der Podiumsdiskussion. Diskutiert wurde beispielsweise über die Frage, ob astronautische Mondmissionen sinnvoll seien und welches Ziel erreicht werden soll. (© DGLR/T. Henne)

### **Zurück zum Mond – Nachhaltig und mit internationaler Kooperation**

Dr. Oliver Jockenhöfel, der im Anschluss an die Podiumsdiskussion mit einem weiteren Vortrag die Thematik ergänzte, ist für die On-Orbit-Services und Explorationsaktivitäten bei Airbus Defence and Space in Bremen verantwortlich und leitet auch den Standort Bremen Space Systems (Deutschland).

Die NASA, die ESA, die europäische und die US-amerikanische Industrie haben sich zusammengeschlossen, um das Raumschiff »Orion« zu entwickeln. Gemäß einer Vereinbarung zwischen der NASA und der ESA, die im Dezember 2012 ratifiziert wurde, umfasst das neue Orion-Raumschiff, das für Missionen zur Erforschung des Mondes konzipiert wird, auch das »ESM (European Service Module)«, das auf dem Design und der Erfahrung des »ATV (Automated Transfer Vehicle)« der ESA, als Versorgungsschiff für die ISS Internationale Raumstation, beruht.

Der industrielle Hauptauftragnehmer der ESA für ATV, Airbus Defence and Space in Bremen, leitet ein europäisches Industriekonsortium, das dieses Raumschiff-Modul im Auftrag der ESA entwickelt und eng mit dem US-amerikanischen Orion-Hauptauftragnehmer Lockheed Martin Space Systems der NASA zusammenarbeitet.

Orion wird das Raumschiff sein, mit dem die NASA Menschen und Fracht in den Weltraum jenseits der Erdumlaufbahn schicken und wieder sicher zur Erde zurückbringen will. Es wird für bemannte Missionen zum Mond und dann später zum Mars entwickelt.

Im europäischen Part des Raumschiff Orion, dem Europäischen Service Modul ESM, sind vier wichtige Systemfunktionen für Orion integriert. Es:

- stellt den Schub für Orbitalmanöver und Lageregelung nach der Trennung von Oberstufe / Trägerrakete zur Verfügung
- erzeugt elektrischen Strom und verteilt ihn an die entsprechenden Verbraucher im ESM und in der Raumkapsel (Crew Modul CM)
- reguliert die Wärme für die lebenserhaltende und die Avionikausrüstung während der Umlaufbahnphasen der Mission und
- speichert sowie liefert dem Crew Modul Trinkwasser, Sauerstoff und Stickstoff.

Darüber hinaus gewährleistet es die strukturelle Integrität des Raumfahrzeugs beim Start und bei Manövern im Orbit. Das ESM kann auch zusätzliches Volumen und andere Ressourcen für ausgewählte Missionen bereitstellen, um wissenschaftliche, technische Demonstrationen, Entwicklungstestziele und den Einsatz von Mondinfrastrukturausrüstungen während des Fluges zum Mond und der Mondumläufe zu ermöglichen. Die Architektur des Moduls wurde auf der Grundlage des ATV-Raumfahrzeugkonzepts (fünf erfolgreiche Missionen zur ISS) entwickelt und an die unterschiedlichen Missionsanforderungen und die Mondmissionen angepasst.



Raumschiff Orion wird in der Zukunft Menschen und Fracht ins All befördern und zurückbringen. (Grafik: NASA)



## »The European Exploration Envelope Programme (E3P)« der ESA

Um Europas zentrale Rolle bei der globalen Weltraumforschung zu sichern, sollen neue Ergebnisse sowohl in der Grundlagenforschung als auch in der angewandten Wissenschaft gefunden sowie überzeugende Visionen von globalen Bemühungen angeboten werden. Es gelte, die Gesellschaft zu bereichern und die nächsten Generationen zu inspirieren, sich aktiv an der Erforschung des Weltraums zu beteiligen, so der Tenor des Vortrages des belgischen ESA-Astronauten Frank de Winne. In Reaktion auf die im Dezember 2014 in Luxemburg angenommene Entschließung zur europäischen Weltraumerkundungsstrategie wurde vorgeschlagen, die Explorationsaktivitäten und –ziele der ESA in einem einzigen »Europäischen Explorationshüllprogramm (E3P)« - so die deutsche Übersetzung - zusammenzufassen.



Zeigte die zentrale Rolle Europas bei der globalen Weltraumforschung:  
Der belgische ESA-Astronaut Frank de Winne (© DGLR/T. Henne)

Es sind die politischen Entscheidungen zu treffen, gemeinsam mit den internationalen Partnern den Betrieb der Internationalen Raumstation ISS bis 2024 zu verlängern und dessen Finanzierung zu genehmigen. E3P integriert die vorhandenen Bemühungen der ESA zur Erforschung des Weltraums in einem zielgerichteten und anspornenden Programm, dessen finanzieller Rahmen nicht Grenzen sprengen soll. Dabei soll die Kompetenz Europas in der Robotik und in der Erforschung des Weltraums auf der Grundlage der in der Vergangenheit erzielten Schlüsselerfolge verbessert werden. Strukturiert in eine Reihe von Schritten werden sieben Hauptthemen im Fokus stehen:

- ISS
- ExoMars
- Luna-Ressourcen-Lander



- Zukünftige bemannte Missionen zu fernen Himmelskörpern
- SciSpacE - Wissenschaft im Weltraum
- EXPERT - Explorationsvorbereitung, Forschung und Technologie
- Kommerzielle Partnerschaften

Ziel des Programms wird sein:

- neue Möglichkeiten zu bieten, die Industrie und solche Wissenschaftsgemeinschaften zu motivieren und zu engagieren, die noch nicht im Weltraumsektor tätig sind
- die europäische planetarische Wissenschaftsgemeinschaft zu stärken, um Entdeckungen zu forcieren und junge Forscher zu involvieren
- industrielle Fähigkeiten in Europa hinsichtlich Explorationstechnologien zu verbessern, insbesondere für Probenrückführungsmissionen, und
- die Positionierung einer breiten Palette industrieller Akteure in Europa für die Teilnahme an neuen Explorationsmissionen.

### »Moon Village«

Der Generaldirektor der Europäischen Raumfahrtorganisation ESA, Prof. Johann-Dietrich Wörner, schloss das Veranstaltungsprogramm mit einem Vortrag über die Idee einer permanenten Besiedlung des Mondes, dem Projekt »Moon Village«, eindrucksvoll ab.



ESA-Generaldirektor Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner über das Projekt »Moon Village«: Wird es in Zukunft eine permanente Besiedlung des Mondes geben?

(© DGLR/T. Henne)

Der Mond ist eines der wichtigsten Ziele und ein Schwerpunkt der europäischen Raumfahrt sowie der nächste Schritt in der menschlichen Exploration des Weltraums. Den Anstoß dazu gab Wörner mit seiner Vision vom »Moon Village«. In einem »Dorf«

auf dem Mond, so die Idee, sollen Astronauten leben und forschen und neue Erkundungsmöglichkeiten des Weltraums erschließen. ESA und DLR entwickelten daraufhin gemeinsam die Mondsimulationsanlage »LUNA«. Wörner hält es für besonders wichtig, „auf der Erde eine möglichst intensive Vorbereitung durchzuführen, nachdem der Mond endlich weltweit an Interesse für zukünftige Missionen gewonnen hat“. Dabei gelte nicht »back to the Moon«, sondern »forward to the Moon«. Er betonte: „Nicht der Wettlauf im All steht im Mittelpunkt, sondern die globale Kooperation“. Hier könne das LUNA-Projekt helfen, Astronauten verschiedener Länder gemeinsam zu trainieren.

Mit der geplanten LUNA-Trainingsanlage am Europäischen Astronautenzentrum (EAC) in Köln bereitet sich die ESA auf künftige Missionen zum Mond vor. Noch ist auf dem rund 50 Meter langen und 20 Meter breiten vorgesehenen Areal nicht viel mehr zu sehen als eine struppige Wiese und ein kniehohes grünes Zaun. Doch schon bald sollen an dieser Stelle die Bauarbeiten für die LUNA-Anlage beginnen. Wo jetzt grüne Halme sprießen, werden ab dem Jahr 2020 Sandhügel und Krater den Boden bedecken. In der geplanten rund 1000 Quadratmeter großen Halle will die Europäische Raumfahrtagentur eine Landschaft und Umgebung wie auf dem Mond schaffen. Hier sollen Astronauten der ESA und anderer Weltraumagenturen für künftige Missionen trainieren können, technische Verfahren und Equipment erproben und auch die geplante Mondbasis »FlexHab« (Futur Lunar Exploration Habitat) soll hier einmal aufgebaut werden. Im Kern heißt das: LUNA holt den Mond auf die Erde.

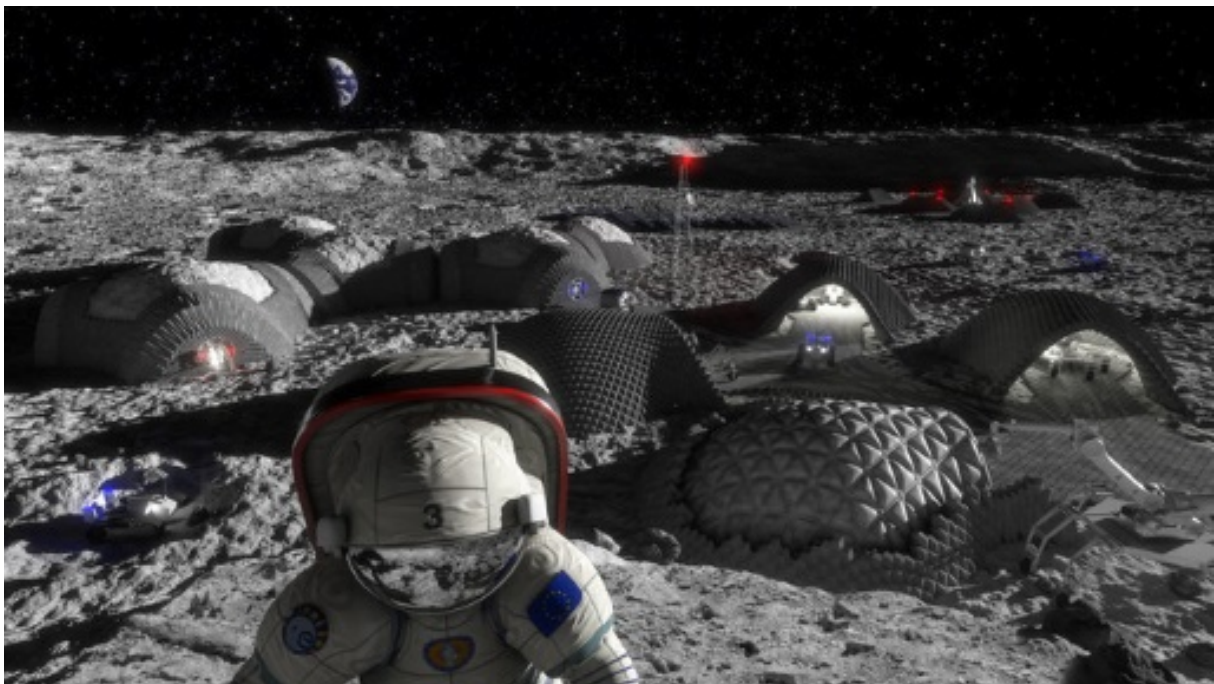
Dafür müssen künftige Mondfahrer jedoch erst lernen, sich in der lebensfeindlichen Umgebung des Mondes zurechtzufinden. Das fängt schon bei der Fortbewegung an. Die Schwerelosigkeit lässt sich auf der Erde nur wenige Sekunden lang bei Parabelflügen oder Tauchgängen unter Wasser nachempfinden. Für das LUNA-Projekt haben sich die ESA-Wissenschaftler jedoch etwas anderes einfallen lassen. Die Astronauten werden in der Halle an Seilen hängen, die ihr Gewicht um 5/6 entlasten, ohne dass sie dabei den Kontakt zum Mondboden verlieren. Dadurch lässt sich, wie in der Schwerelosigkeit im All, das Körpergewicht auf rund ein Sechstel reduzieren, was den Mondbedingungen entspricht.

Eine große Herausforderung wird der graue Mondstaub sein, der die Mondoberfläche bedeckt. Er enthält Siliziumpartikel mit Eisen-, Calcium- und Aluminiumanteilen und ist auf dem Mond infolge unendlich vieler Einschläge von Mikrometeoriten in seiner 4,5 Milliarden Jahre langen Geschichte nicht nur feinkörnig gemahlen, sondern auch extrem scharfkantig. Schon nach kürzester Zeit beschädigt er Raumanzüge, Ausrüstung, setzt sich in Dichtungen und Getriebe technischer Geräte. Das haben schon die Apollo-Raumfahrer zu spüren bekommen, aber auch die Chinesen, deren Rover »Jadehase« nach wenigen Tagen deswegen den Betrieb einstellte. Die LUNA-Anlage wird daher mit Mondstaubersatz aus Vulkanpulver ausgelegt werden, das 45 Millionen Jahre alt ist und von Vulkaneruptionen aus der nahen Eifel stammt. Dieses Material ist dem Mondstaub sehr ähnlich und somit ideal für Trainings- und Vorbereitungsziele auf der Erde.

Doch der Staub auf dem Mond birgt nicht nur Probleme, sondern auch Chancen. Aus ihm lassen sich beispielsweise Bausteine für eine Mondstation bauen. Und das ist notwendig; denn: Schwere Baumaterialien auf den Mond zu schaffen, ist zu teuer. Eine

Lösung vor Ort könnte deshalb die Nutzung des Mondstaubes sein. Denkbar wäre, in einem Verfahren ähnlich dem 3D-Drucken, aus dem Sand Bausteine zu brennen bzw. zu sintern. Die notwendige Energie könnte mit Hilfe großer Spiegel gewonnen werden, die Sonnenstrahlen bündeln und Temperaturen von über 2000 Grad erzeugen. Ein Forschungsprojekt des DLR befasst sich bereits damit.

Neben der Besiedelung des Mondes ist dessen wissenschaftliche Nutzung ein weiteres Ziel. So könnte der geplante Außenposten der Menschen zu einer Art Tankstelle oder Zwischenstation für Raumfahrzeuge werden, die auf ihrem Weg ins All neuen Treibstoff brauchen. Die erdabgewandte Seite könnte zu einer Plattform für Radioteleskope werden, die ins Universum horchen. Auf diese Art und Weise können auf dem Mond Frequenzen empfangen werden, die auf der Erde nicht ankommen, da sie von der Erdatmosphäre geschluckt werden.



Zuhause auf Zeit im All: So könnte das zukünftige »Moon Village« aussehen

(Grafik: ESA)

Ein paar Jahre müssen noch überbrückt werden, bis die LUNA-Anlage fertiggestellt ist. Solange testen potenzielle Mondastronauten-Kandidaten Geräte und Anwendungen auf Lanzarote. Der schwarze Lavasand der kanarischen Insel bietet ebenfalls gute Bedingungen für geologische und technologische Testläufe mit der Ausrüstung.

Das Interesse von Raumfahrtagenturen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen weltweit ist groß. Sollte es zum »Moon Village« kommen, wäre es der Beginn einer neuen Ära der Weltraumforschung. In jedem Fall – so waren sich die Teilnehmer des Jubiläumssymposiums einig – kann die Zukunft der astronautischen Raumfahrt nur in enger internationaler Kooperation gestaltet werden.



## Öffentlicher »Raumfahrtaktionstag« am 30. Mai 2019

Am folgenden Tag fand der öffentliche »Raumfahrt-Aktionstag« zum Mondlandejubiläum im Technik Museum Speyer statt. Vor mehr als 1200 Besuchern, die nicht nur auf der vorgesehenen Bestuhlung Platz, sondern auch an deren Rand und auf den Emporen der Raumfahrthalle standen, eröffnete der Leiter der Raumfahrt-Ausstellung »Apollo and Beyond«, Gerhard Daum, nach den Begrüßungsworten des Museumspräsidenten, Hermann Layher, das nachmittägliche Programm mit seinem Vortrag »Der Wettlauf zum Mond«. Daum brachte sein »All«-umfassendes Raumfahrt-Wissen ein und begeisterte mit zahlreichen Informationen und Fakten rund um das Thema. Er zeigte die einzelnen Entwicklungsprogramme und -schritte der Raumfahrt auf - beginnend beim Mercury- und Gemini-Programm bis hin zur Apollo-Mondlandung. Auch streute er immer wieder kleine Anekdoten ein, die zum Staunen und auch zum Schmunzeln anregten. Ein Beispiel hierfür ist die Geschichte der verlorenen Zahnbürste in der Gemini-7 Mission im Jahr 1965. Der spätere Apollo 13 Astronaut Jim Lovell und sein Kollege Frank Borman haben zwar je eine Zahnbürste auf die Mission mitgebracht, jedoch ist eine davon bereits kurz nach dem Start verloren gegangen. Somit haben sich beide Raumfahrer 13 Tage lang dieselbe Zahnbürste teilen müssen.



Rege Teilnahme am Raumfahrtaktionstag: Wer keinen Sitzplatz ergattern konnte, folgte den Vorträgen und der Gesprächsrunde von den verschiedenen Emporen der Ausstellungsflächen der Raumfahrthalle aus (© DGLR/T. Henne)





Der Initiator und Leiter der Raumfahrt Ausstellung »Apollo and Beyond« im Technik Museum Speyer: Gerhard Daum (Foto: Dr. H. Warth/VDI/DGLR)

Besonderes Highlight dieses Publikums-Tages war der Vortrag von Charles Duke, der »First Lunar Landing & My Adventures with Apollo 16« betitelt war. Erfrischend lebendig, und so als ob es erst gestern gewesen wäre, berichtete er vor begeisterten geladenen Gästen und Museumsbesuchern über seine Aufgabe als Verbindungssprecher (Capcom) bei der ersten Mondlande-Mission von Apollo 11 und über seine aufregenden Erlebnisse als »Moonwalker« mit Apollo 16. Die Zuhörer dankten ihm dafür mit großem Applaus und würdigten ihn mit minutenlangen »Standing Ovations«.

Daran anschließend referierte der neu ins ESA-Astronautenteam berufene deutsche ESA-Astronaut, Matthias Mauer, über die »zukünftige Mondexploration« und die Rolle Europas. In diesem Rahmen berichtete er auch über den sich im Bau befindlichen Mondsimulator LUNA der ESA am Europäischen Astronauten Zentrum EAC in Köln, wo zukünftige europäische »Moonwalker« auf ihre Reise sowie den Aufenthalt auf dem Mond trainiert und vorbereitet werden. Matthias Maurer ist ein potenzieller Kandidat, der als erster deutscher und europäischer Astronaut den Mond betreten könnte.

In seinem Vortrag berichtete er den Zuschauern spannende Neuigkeiten der Europäischen Weltraumorganisation:

Maurer begründet zunächst, warum es immer noch Sinn macht, weiter auf den Mond zu reisen. Beispielsweise kann dort, im Gegensatz zur Erde, ungestört ins Weltall gehorcht werden. Auf dessen Rückseite soll deshalb ein Radioteleskop errichtet werden, mit dem Radiowellen von 30 Megahertz störungsfrei empfangbar sind.

Er sprach auch vom Projekt »Lunar Orbital Platform-Gateway«, der Raumstation, die als Zwischenstation für bemannte Missionen zum Mond und später sogar als Ausgangspunkt für Reisen zum Mars dienen soll.

Das Antriebsmodul des neuen US-Raumschiffs »Orion« wurde mit Know-How aus Bremen entwickelt. Demzufolge sind die Europäer bei kommenden Weltraummissionen selbstverständlich mit dabei.

In tiefen Kratern des Mondes, speziell in den Polarregionen, soll bei minus 230 Grad Celsius Wasser gebunden sein. Dies kann entscheidend bei der Herstellung von Treibstoffen für den Rückflug zur Erde oder weiteren Missionen helfen.

Die Astronauten bereiten sich beispielsweise auf Lanzarote auf ihre Mondmission vor, da das dortige vulkanische Gestein dem des Mondes ähnelt. Bei Expeditionen in die dort zahlreich vorhandenen Lavahöhlen wird die Kommunikation des Teams trainiert, falls bei einem realen Einsatz im All kein Kontakt mehr zur Außenwelt bestehen sollte. Außerdem sind solche Hohlräume als eine potenzielle Wohnmöglichkeit auf dem Mond anzusehen, da man dort vor der gefährlichen Weltraumstrahlung geschützt ist.

Am Ende der Veranstaltung gab es eine Gesprächsrunde zwischen beiden Astronauten und dem Ausstellungsleiter Gerhard Daum. Sie vertieften mit Hilfe von Filmausschnitten manche Punkte der vorherigen Vorträge. Zum Beispiel wurde verraten, dass die Idee der Trainingsmethode im Schwimmbad, mit der das Arbeiten in Schwerelosigkeit relativ gut simuliert wird, von Apollo 11 »Moonwalker« Edwin »Buzz« Aldrin stammt.

Interessant war auch an dieser Stelle der Austausch zwischen den Generationen. Eine Begegnung von Theorie mit der Praxis. Die »Zukunft« in Person von Matthias Maurer mit visionären Ideen fragte den erfahrenen Astronauten Charles Duke beispielsweise, wie er die Erforschung der Krater (Stichwort Wassergewinnung und Wohnort) einschätzen würde. Der 83jährige findet dies sehr ambitioniert. Er könnte es sich höchstens ein paar Meter mit einer Leiter vorstellen. Es sei sehr gefährlich dort.





Hermann Layher, Charles Duke, Gerhard Daum, Dr. Matthias Maurer (v.l.n.r):  
Enthusiasten, Kenner der Raumfahrt, Zukunft und Vergangenheit sowie eine  
Inspiration für viele (© DGLR/T. Henne)



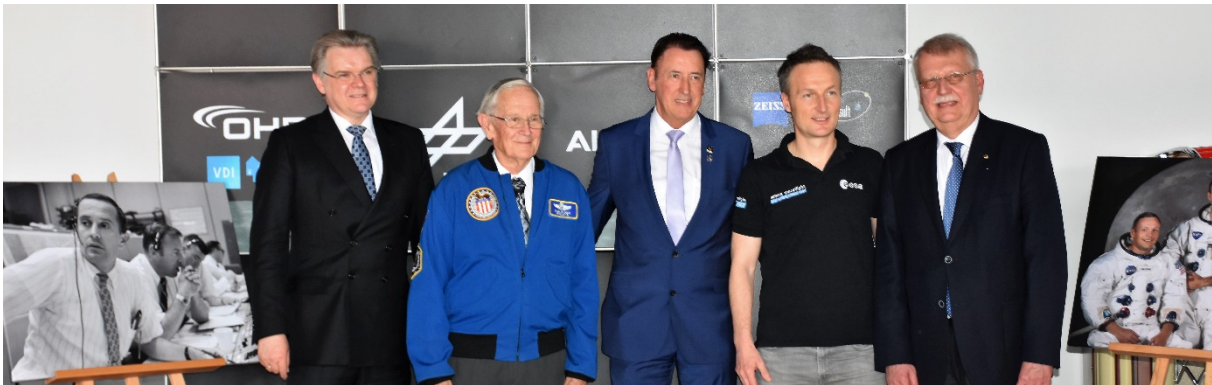
»Standing Ovations« für den »Moonwalker« Charles Duke (© DGLR/T. Henne)

## **VDI/VDE-technikforum mit »unserem Moonwalker« auf dem Weg in die USA**

Bei der Veranstaltung in Speyer hatte Dr. Helmut Warth, VDI Nordbaden-Pfalz und DGLR Mannheim, Gelegenheit, mit dem Apollo 16 Astronauten Charles Duke ein Gespräch zu führen. Hier ging er auch auf die Rolle des VDI in Deutschland ein. Warth konnte Herrn Duke die beiden jüngsten Ausgaben unseres Mitgliedermagazins technikforum überreichen. Besonderer Schwerpunkt war dabei natürlich die in der Ausgabe technikforum 2/2018 veröffentlichte Berichterstattung zum Mondlande-Jubiläum.

Den VDI in Deutschland, dessen beachtliche Mitgliederzahl und seine Bedeutung als größte Ingenieurvereinigung in Deutschland und Europa, hatte der Ehrengast so noch gar nicht wahrgenommen. Als »ehemaliger Mitarbeiter der KSB AG in Frankenthal in unserer Region« konnte das Dr. Helmut Warth noch mit dem Hinweis auf den Artikel »KSB und die Raumfahrt« fachkundig ergänzen. Die Entwicklung und Bedeutung der »KSB-Turbopumpe« für die frühe Raketentechnik und die Raumfahrt sind direkt mit der technischen Kompetenz und Leistungsfähigkeit hier bei uns in der Region Nordbaden-Pfalz verankert.

Charles Duke war sichtlich beeindruckt über diese Leistungen, hatte er doch bisher keine Information zu diesen Themen. Er nahm die beiden Magazine sehr gerne entgegen.



V.l.n.r.: Dr. Helmut Warth (VDI/DGLR), Charles Duke (ehem. NASA), Gerhard Daum (Technik Museum Speyer), Dr. Matthias Maurer (ESA), Dr. Rainer Kuntz (VDI)  
(Foto: Dr. Warth/VDI/DGLR)

## **Gespräch unter Ehefrauen**

Ein weiteres interessantes Gespräch ergab sich zwischen der ehemaligen VDI-Geschäftsstellenleiterin beim VDI Nordbaden-Pfalz in Mannheim, Sybille Breunig, und der Ehefrau von Charles Duke, Dorothy Duke. Sybille Breunig fragte Dorothy Duke, ob sie sich nicht »wahnsinnige Sorgen« gemacht und Angst um Ihren Mann hatte, als er damals zum Mond flog. Darauf antwortete sie sehr gelassen und überzeugend: „Wissen Sie, mein Mann war von Beruf Pilot. 400.000 NASA- und Raumfahrtmitarbeiter haben sich damals darum gekümmert und auf meinen Mann und seine beide Astronauten-Kollegen aufgepasst, dass alles gut geht. Man darf nicht vergessen, dass die Mission noch zu Zeiten des Krieges in Vietnam stattfand, und da hätten auch



genauso viele Menschen, aber feindlich gesinnte, nur auf die Chance gewartet, ihn in seinem Flugzeug abschießen zu können.“



Im Gespräch: „Wie fühlt es sich an, wenn der Ehemann auf eine so außergewöhnliche und doch auch gefährliche Mission aufbricht“, wollte Sybille Breunig (rechts) von Dorothy Duke erfahren, und die Antwort war beeindruckend.  
(Foto Dr. Warth/VDI/DGLR)

## Resümee

Die beiden Veranstaltungstage seien rundherum gelungen gewesen, zeigten sich die Organisatoren zufrieden, was auf die professionelle und erfahrene Vorbereitung des Organisationsteams bestehend aus DGLR und Technikmuseum Speyer – stellvertretend seien hier genannt der DGLR-Vizepräsident Dr. Rolf Janovsky und der Direktor der Raumfahrtausstellung »Apollo and Beyond« im Technik Museum Speyer Gerhard Daum – zurückzuführen ist.

Gerhard Daum bekam in diesem Zusammenhang vom VDI-BV Vorstandsmitglied, Herrn Dr. Rainer Kuntz, für seine besonderen Leistungen um den VDI BV Nordbaden-Pfalz ein Präsent der besonderen Art, das man nirgendwo kaufen kann. Es handelte sich um etwas »Prickelndes« aus der privaten Weinkellerei der Fa. Freudenberg in Weinheim. Herr Dr. Kuntz überreichte es mit den Worten: „Es ist manchmal ein kleiner Schritt, eine Entscheidung zu treffen, aber danach ist es ein großer, diese auch umzusetzen. Dieser große Schritt, lieber Herr Daum, ist Ihnen mit der Organisation und Durchführung Ihrer Veranstaltungen zu 50 Jahre Mondlandung gelungen. Vielen Dank dafür.“



Dr. Rainer Kuntz und Dr. Helmut Warth bei der Präsentübergabe  
(Foto: Dr. H. Warth/VDI/DGLR)

Dem begeisterten Publikum war ein unvergesslicher Nachmittag beschert worden, und die Mondlandung von 1969 wurde wieder ein Stück näher gebracht „Diese Veranstaltungen waren die größten Feierlichkeiten zum 50jährigen Mondlande-



Jubiläum in Deutschland“ berichtete Gerhard Daum - und der VDI BV Nordbaden-Pfalz war als Sponsor-Partner mit dabei.



VDI-Präsenz an den beiden Veranstaltungstagen  
(Fotos: Dres. Rainer Kuntz/VDI und Helmut Warth/VDI/DGLR)



Autoren: Dr. Helmut Warth (VDI/DGLR), Sybille Breunig AdL (ehemals VDI),  
Dr. Rainer Kuntz (VDI), Gerhard Daum (Technik Museum Speyer und Space  
Consult)