

Bemannte Marsmission – Status und Perspektiven

DGLR Fachausschuss R1.2 „Raumtransportsysteme“

M. Obersteiner, R. Janovsky 1.10.2019, Darmstadt

Inhalt

- **Einleitung (Zusammenfassung von 2018)**
- **Marsmissionen – Aktuelle Missionen**
- **Bemannte Missionen - Reduzierter Aufwand**
 - **Treibstoffgewinnung auf dem Mars**
 - **Elektrische Antriebe**
- **Vorhandene Systeme und Technologien**
 - **SLS – Orion (mit ESM)**
 - **Habitate (ISS, Lunar Gateway)**
 - **Antriebe (LOX/Methan)**
- **Zusammenfassung**

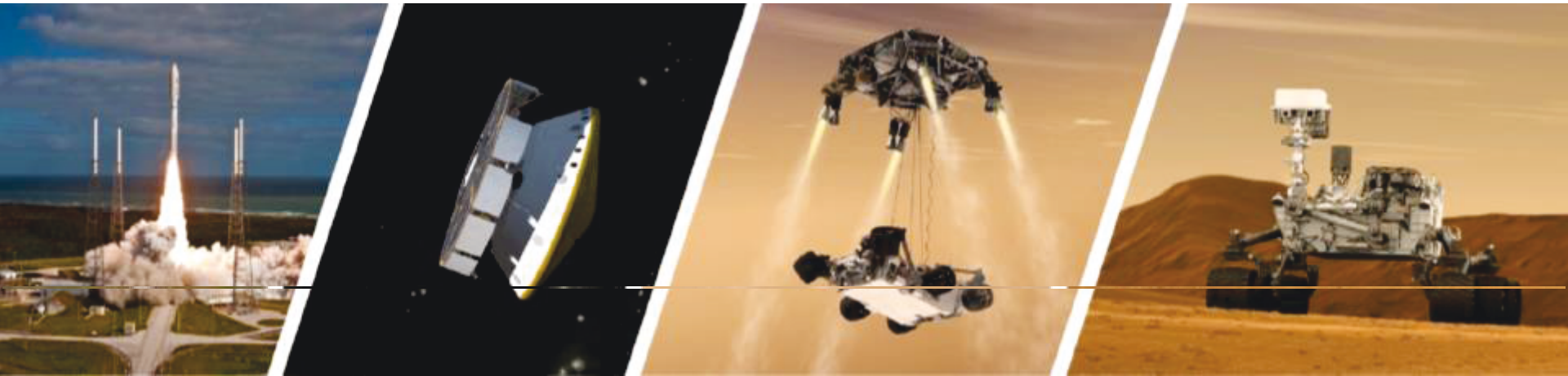
- Fazit der bisherigen Arbeit des DGLR-FAS Raumtransportsysteme

Die bemannte Marsmission ist weiterhin **das** herausragende Ziel der Raumfahrt, weltweit

- Viele Errungenschaften in verschiedenen Bereichen ermöglichen bereits heute sehr realistische Planungen
 - Kommerzielle Unternehmen bieten ihre Dienste an
 - Eine Vielzahl von Trägersystemen steht weltweit zur Verfügung
 - Vorbereitende Missionen auf der Erde, im LEO am Mond können kritische Systeme in relevanter Umgebung verifizieren
 - Eine Vielzahl von Technologien für die Durchführung von Marsmissionen stehen in unterschiedlichen Reifegraden zur Verfügung
- Eine international akzeptierte sichere Missionsdurchführung benötigt aber noch weitere Fortschritte
- Im Vordergrund stehen dabei:
 - Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Crew
 - Leistungsfähige Transportsysteme, ggf. mit verifizierten alternativen Antrieben (Start, Transfer, Landung, Rückkehr)
 - Leistungsfähige Habitate, Mobilität, Energieversorgung auf der Marsoberfläche
 - Querschnittliche Technologien: ISRU
- Bemannte und unbemannte vorbereitende Missionen stehen auf der Agenda der Raumfahrtnationen und die Machbarkeit der bemannten Marsmission wird dadurch wahrscheinlicher

Marsmissionen – Aktuelle Missionen

NASA – Mars 2020



LAUNCH

- Atlas V 541 vehicle
- Launch Readiness Date: July 2020
- Launch window: July/August 2020

CRUISE/APPROACH

- ~7 month cruise
- Arrive Feb 2021

ENTRY, DESCENT & LANDING

- MSL EDL system (+ Range Trigger and Terrain Relative Navigation): guided entry and powered descent/Sky Crane
- 16 x 14 km landing ellipse (range trigger baselined)
- Access to landing sites $\pm 30^\circ$ latitude, ≤ -0.5 km elevation
- Curiosity-class Rover

SURFACE MISSION

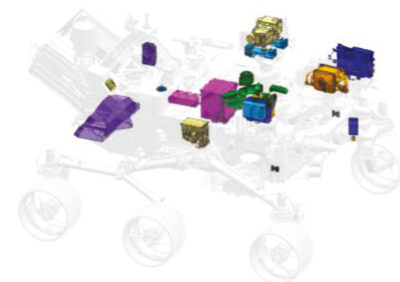
- 20 km traverse distance capability
- Enhanced surface productivity
- Qualified to 1.5 Martian year lifetime
- Seeking signs of past life
- Returnable cache of samples
- Prepare for human exploration of Mars








New science and technology instruments

NASA's Mars 2020 Comes Full Circle

Aiming to pinpoint the Martian vehicle's center of gravity, engineers took NASA's 2,300-pound Mars 2020 rover for a spin in the clean room at JPL.

JPL/NASA-CALTECH | September 12, 2019



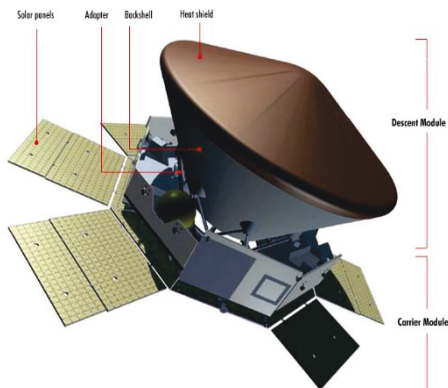
Instrument Key	
	Mastcam-Z Stereo Imager
	MECA Mars Environmental Measurement
	MOXIE In-Situ Oxygen Production
	PIXL Microbial X-ray Fluorescence spectrometer
	RAPIFAX Ground Penetrating Radar
	SHERLOC Fluorescence and Raman spectrometer and Visible context imaging
	SuperCam LIBS, VISIBLE, and Raman

- ALSO:
- new wheels
 - Terrain Relative Navigation and Range Trigger for EDL
 - new engineering cameras
 - enhanced autonomy capabilities
 - 5 hour ops timeline
 - enhanced EDL cameras, and microphone. Strengthened parachute.
 - helicopter (still being assessed)

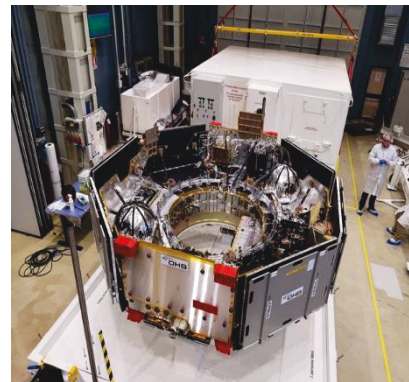


Exomars 2020

- Europas nächste Mission zum Mars wird einen mit einem **wissenschaftlichen Labor** ausgestatteten Rover (310 kg) zur Marsoberfläche bringen.
- Diese ExoMars 2020-Mission wird von **ESA** in Kooperation mit der russischen Raumfahrtagentur **Roscosmos** durchgeführt.
- Nach etwa 8 Monaten Transfer wird das Eintrittsmodul, durch die Atmosphäre, zwei Fallschirme und Triebwerke abgebremst, auf der Marsoberfläche an einem Ort mit sehr altem, möglicherweise organischem Material landen
- Der **Rover wird mehrere Kilometer auf der Marsoberfläche zurücklegen** und interessante Orte für Bohrungen erkunden.
- Der Rover wird **Bohrungen bis zu einer Tiefe von 2m** durchführen und die **Bodenproben in seinem Labor** unter anderem auf **Spuren von Leben analysieren**. Durch den Strahlungsschutz in 2 m Tiefe besteht eine größere Wahrscheinlichkeit, Spuren von Leben zu finden.
- Der Rover ist für eine operationelle **Lebensdauer von ca. 218 Tagen** ausgelegt



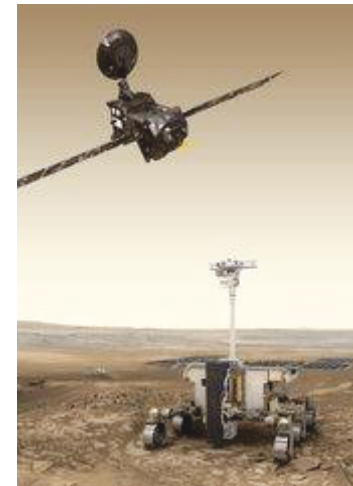
Exomars 2020



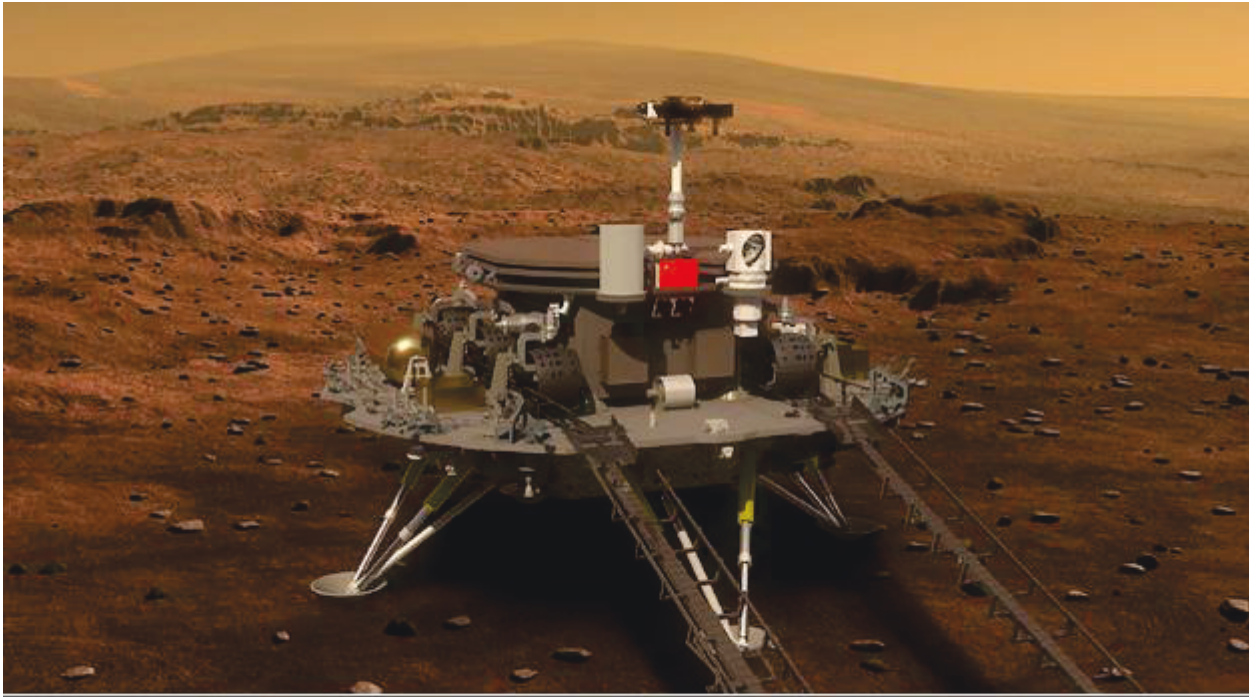
Carrier Module



Descent Module



Orbiter&Rover



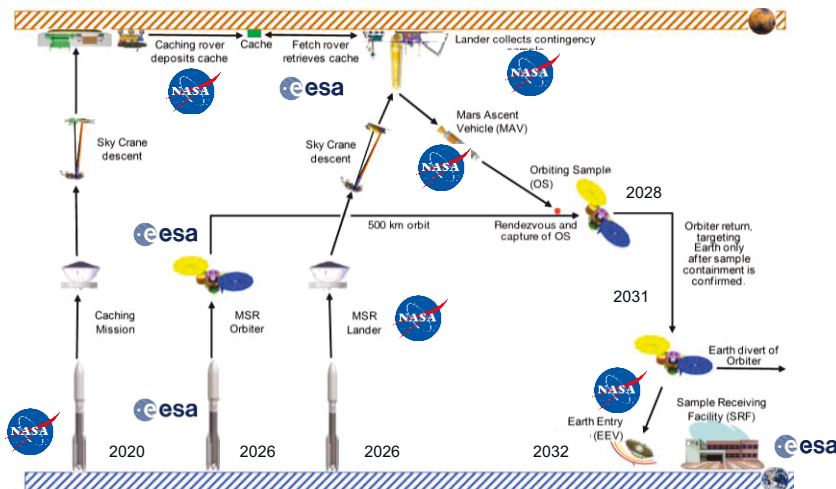
Render of China's Mars 2020 rover ahead of deployment. Credit: CNSA/Xinhua

- 240kg Rover
- Photo-voltaische Energieversorgung

Mars Sample Return - 2026



- Der **Mars 2020** Rover (NASA) wird **Bodenproben sammeln** und für eine spätere Aufnahme auf der Marsoberfläche lagern
- Nach dem Start im Juli 2026 wird ein **Landefahrzeug mit einer Aufstiegsstufe (MAV)** (NASA) und einem **Probensammelfahrzeug (ESA)** in der Nähe des Mars 2020 Rover im August 2028 landen.
- Der ESA-Rover nimmt die vom Mars 2020 Rover zurück gelassenen Proben auf und bringt sie zu der Aufstiegsstufe.
- Sobald die Proben verladen sind, wird die **Aufstiegsstufe** mit dem Probenbehälter im Frühjahr 2029 in einen **niedrigen Marsorbit** aufsteigen
- Das **Rückkehrfahrzeug (MSRO, ESA)** startet im Oktober 2026 mit Ariane 6, erreicht den Mars in 2027, und wird seine Bahnhöhe mit elektrischen Antrieben schrittweise bis Juli 2028 reduzieren
- Der ESA-Orbiter wird den Probenbehälter im Orbit aufnehmen und während des Mars-Erde-Transferfensters im Jahr 2031 zur Erde zurück bringen
- Eine Wiedereintrittskapsel wird den Probenbehälter im Frühjahr 2032 zur Erdoberfläche bringen



© Richard L. Mattingly, Lisa Donette May

Mars Sample Return Missionsarchitektur

© NASA, JPL

Bemannte Marsmissionen – Reduzierter Aufwand

Reduzierter Aufwand (Startmasse vom Erdboden) **im Vergleich mit „klassischer“ Mission**
(2/3-Impuls Bahn (Hohmann Bahn), chemische Raketenantriebe)

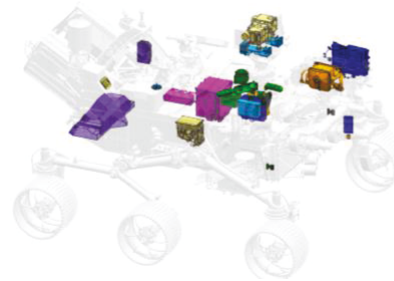
- **Gewinnung von Treibstoff auf dem Mars**
 - **NASA Mars 2020 – Moxie**
- **Elektrische Antriebe für den Erde-Mars-Erde Transfer**
 - **VASIMR (NASA)**
 - **SX3 MPD-Thruster (IRS)**

Bemannte Marsmissionen – Reduzierter Aufwand

Gewinnung von Treibstoff auf dem Mars

NASA Mars 2020 – Moxie

New science and technology instruments

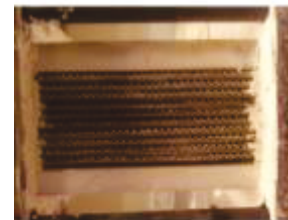
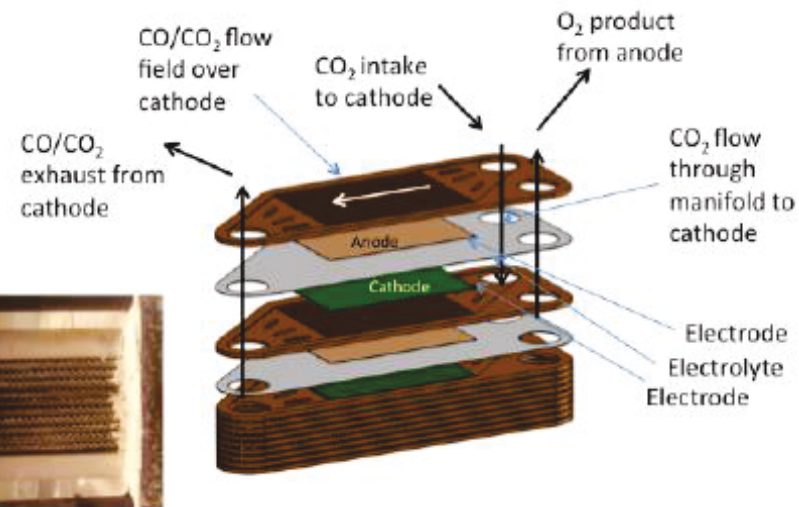


Instrument Key	
MASTC	Mars Advanced Stereo Camera
MI	Mars In Situ Oxygen Production
MOXIE	Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment
PIXL	Planetary X-ray Librations Spectrometer
RIMPAX	Ground Penetrating Radar
SHRDL	Fluorescence and Raman Spectrometer and Visible Coronal Imaging
SuperCam	LIDAR, VISIR, and Raman



Tech Specs

Main Job	To produce oxygen from the Martian carbon-dioxide atmosphere
Power	300 watts
Volume	9.4 x 9.4 x 12.2 inches (23.9 x 23.9 x 30.9 centimeters)
Oxygen Production Rate	About 10 grams per hour (About 0.022 pounds per hour)
Operation Time	Approximately two hours of oxygen (O ₂) production per experiment, which will be scheduled intermittently over the duration of the mission



SOXE design and sample stack. The side view of an actual stack is shown at left

Bemannte Marsmissionen – Reduzierter Aufwand

(Beitrag G.Herdrich)

- Mars
- Jupiter Monde
- Saturn Monde

Anforderungen:

Schub bzw. Schubdichte: $> 25 \text{ N / MW}$ (Mars: 100 N)

Austrittsgeschwindigkeit: $10 - 100 \text{ km/s}$ (Mars: 30 km/s)

Schubwirkungsgrad: $> 50 \%$

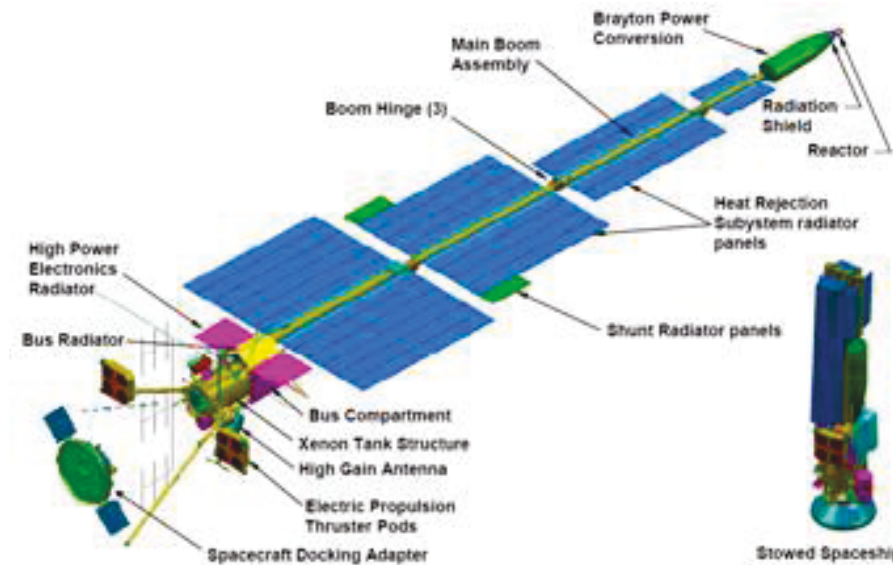
Energieversorgung: maximal, W/kg

Zusätzlich (oft vernachlässigt):

Lebensdauer: $> 40\,000 \text{ h}$ (8 760 h/a, 4,56 a)

Treibstoffverfügbarkeit: (Kosten)

ISRU Nachhaltigkeit



Jupiter Icy Moons Orbiter Concept (JIMO). JPL / NASA



Mars Atmosphäre

CO ₂	–	95 %
N ₂	–	2,7 %
Ar	–	1,6 %

Nur wenige Antriebskonzepte erfüllen alle Kriterien !!!

Bemannte Marsmissionen – Reduzierter Aufwand

(Beitrag G.Herdrich)

VASIMR

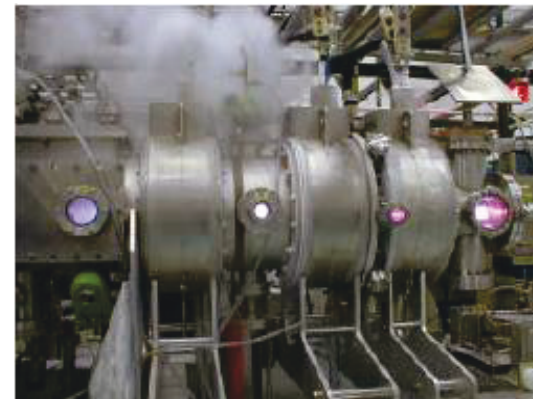
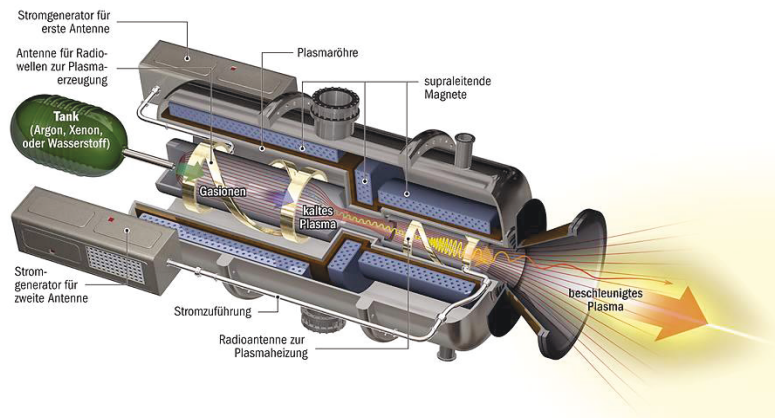
Variable Specific Impulse Rocket (Ad Astra Rocket Company)

- Zweistufige Plasmaheizung – beide Stufen induktiv
- Forschung in USA seit ca. 1988
- Möglicherweise Probleme beim stationären Betrieb (Dauerbetrieb)



Vorteile:

- Variabler Spezifischer Impuls
- Hohe effektive Austrittsgeschwindigkeit durch magnetische Düse
- Die zweite Stufe ist so ausgelegt, dass die Ionen direkt geheizt werden



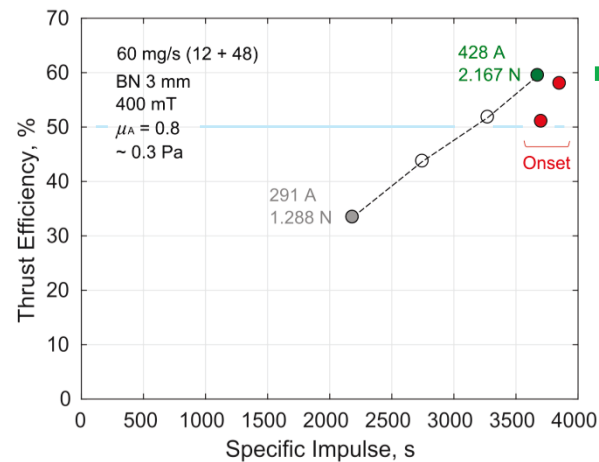
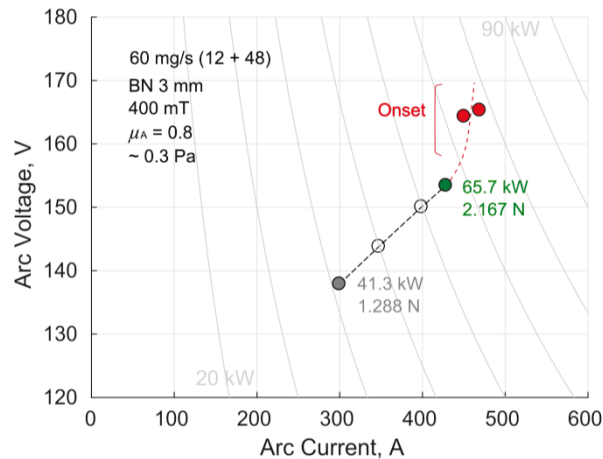
Entwicklungsstand: Gegenstand aktueller Arbeiten der NASA [F. Chang-Diaz et. al.]

Bemannte Marsmissionen – Reduzierter Aufwand

(Beitrag G.Herdrich)

Experimental Results using the 100 kW steady state Applied-field MPD Thruster SX3

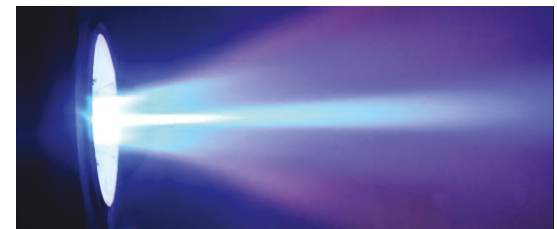
– Most Efficient Operation



→ 59 %
2.167 N
3670 s
32 mN/kW
1.095 kJ/mg

Arc current was limited by onset phenomenon above ~ 430 A
High voltage oscillations in the range of 150-200 V
Visual plume oscillations

Adam Boxberger, Peter Jüstel, Georg Herdrich, Performance of 100 kW Steady State Applied-Field MPD Thruster, 31st International Symposium on Space Technology and Science, Matsuyama, Japan, June 3-9, 2017.



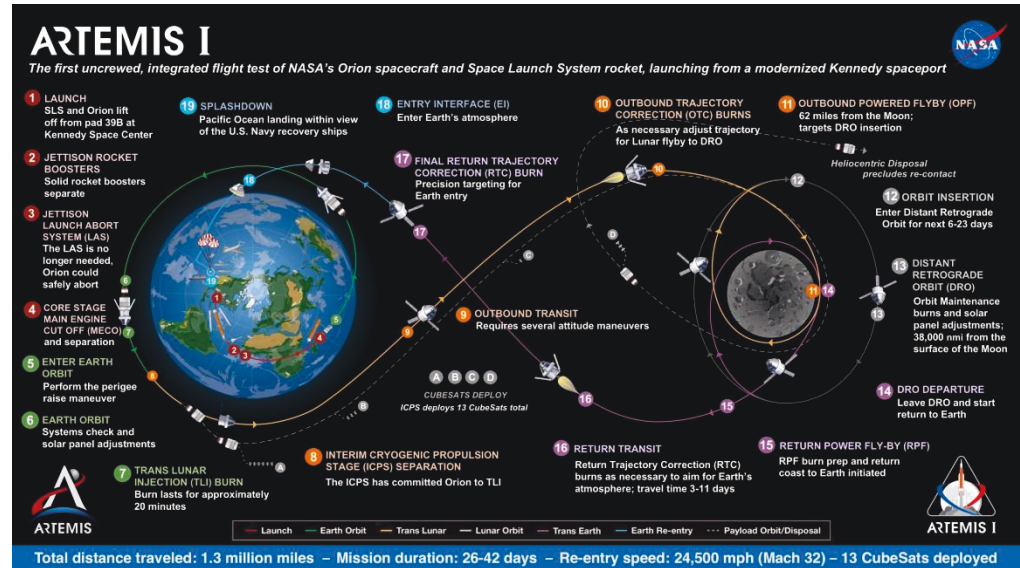
University of Stuttgart

Vorhandene Systeme und Technologien

- **SLS – Orion (mit ESM)**
- **Habitate (Lunar Gateway)**
- **Antriebe (LOX/Methan)**

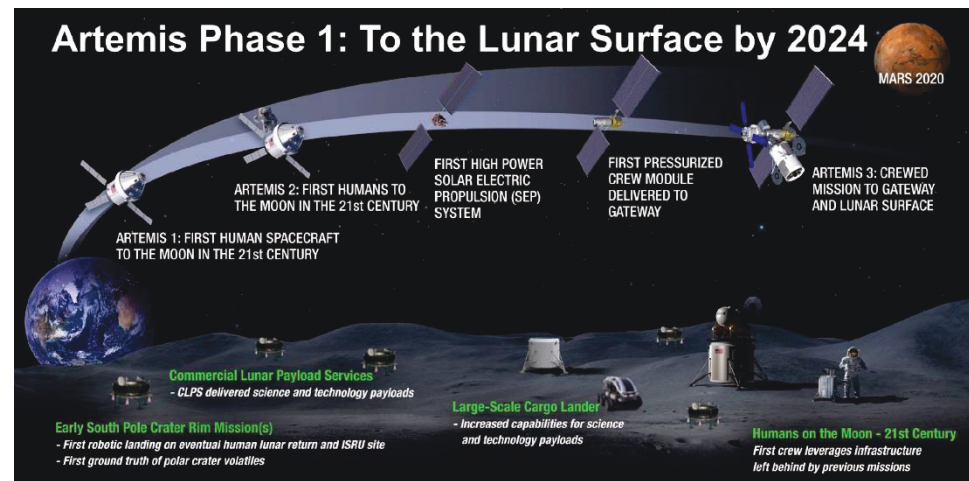
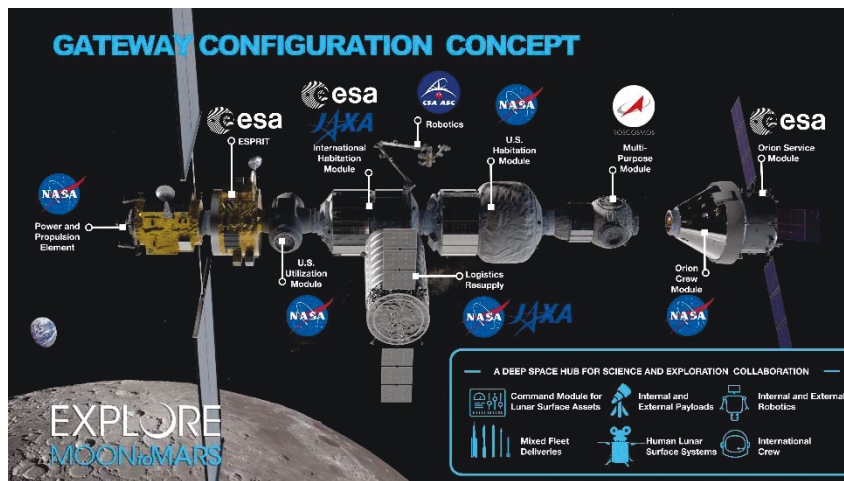
Vorhandene Systeme SLS und Orion mit europäischem ESM

- Artemis hat der NASA-Planung einen neuen Fokus gegeben: Dauerhafte bemannte Rückkehr zum Mond
- Mars ist weiterhin als Ziel in der Planung
- Eine Vielzahl an Technologiethematen erhalten neuen Schwung
- (Kommerzielle bemannte RF)



Lunar Gateway

- Seit 2014 untersuchen die Partner der ISS (ESA, NASA, CSA, JAXA, Roscosmos) ein Konzept für eine bemannte Station „Gateway“ in einem Mondorbit
- Das Gateway wird ein **zeitweise bemannter Außenposten** in einem hochelliptischen Mondorbit (NRO, 2000km*75000 km, Umlaufzeit 6-8 Tage) sein
- Es unterstützt die Entwicklung und den **Langzeittest von Systemen und Technologien für den Zugang zur Mondoberfläche**, dem **Transfer zum Mars** und den **Zugang zur Marsoberfläche**
- Im März 2019 hat NASA in ihrem **Artemis-Programm** ihre Pläne dahingehend konkretisiert, **bis 2024 einen Astronauten auf der Mondoberfläche** zu landen
- Das Gateway spielt im Artemis-Programm eine zentrale Rolle für das Andocken des Lande- und des Aufstiegsfahrzeuges, des Crewmoduls, Logistik etc.
- Stand heute wird sich **Europa mit zwei Modulen (International Habitat 2025, ESPRIT 2027)** und dem **Servicemodul** des Transferfahrzeugs Orion am Aufbau des Gateway beteiligen



LOX/CH₄ – Die Treibstoffalternative:

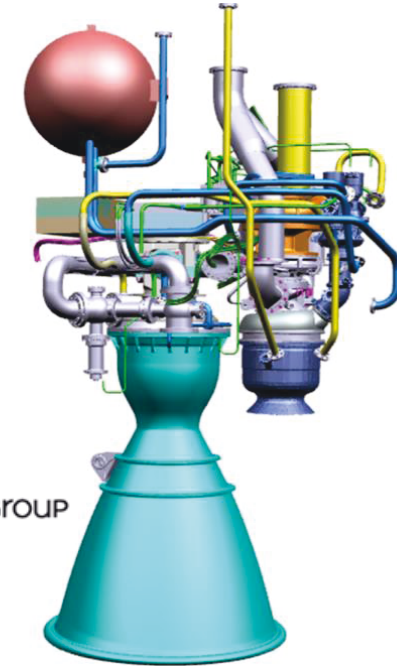
- BK-Versuche in 2015/2016
- Triebwerks-Architektur (Prometheus)
- weitere Komponenten inkl. Test (Gasgenerator, Ventile etc.)
- Erweiterung der CH₄-Kenntnisse (Anwendung in unterschiedlichen Schubklassen möglich)

LOX/CH₄ - Triebwerk

Ventile im Vibrationstest



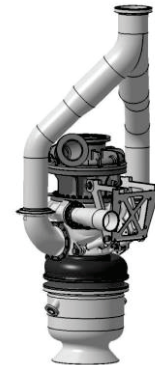
 arianeGROUP



Brennkammer Test LOX/CH₄



 arianeGROUP



Turbopump LOX/CH₄

Gasgenerator Test LOX/CH₄



- Fazit der bisherigen Arbeit des DGLR-FAS Raumtransportsysteme:
Die bemannte Marsmission ist weiterhin das herausragende Ziel der Raumfahrt, weltweit

- Neben der „klassischen“ Mission gibt es Ansätze zur Aufwandsreduzierung
 - **Treibstoffgewinnung auf dem Mars für den Rückflug**
 - **Elektrische Antriebe für den Transfer Erde-Mars**

- Ein Workshop wird eine erweiterte Möglichkeit zur Präsentation und Diskussion der Thematik bieten:
 - **LST f. Raumfahrttechnik der TU München (Prof. U.Walter)**
 - **2.-3.4.2020**
 - **Inhalte**
 - **Planungshorizont (Historie, Heute)**
 - **Zielsetzung und Missionsvarianten (ISECG / Roadmap, Integration LEO, Hohmann Transfer, Alternative Missionskonzepte)**
 - **Vorbereitende Missionen / Zwischenschritte (Space Station, SLS-Orion (NASA/ESA), Lunar Gateway, Analog-Mission z.B. Mars 500)**
 - **Systeme (Start von Erdoberfläche mit Trägerraketen, Interplanetarer Flug, Kommunikation und Autonomie, Landung auf dem Mars, Nutzung von Mars-Ressourcen)**
 - **Technologien (Antriebe und Treibstoffe, Habitate und Strahlenschutz, Hochleistungsfähige Solarpaneele, Autonomes Systemmanagement, Zuverlässige Lebenserhaltungssysteme, Geschlossene Lebenserhaltungssysteme, Kommunikation)**

- Teilnahmewünsche und Themenvorschläge sind willkommen:
Michael.Obersteiner@airbus.com oder Rolf.Janovsky@ohb.de