

Die Artemis Mission im Unterricht

LFB Jena,
07.07.2026

Reiner Guse, Peine



**Erstes
größeres
Teleskop**

**Bausatz
11mm
Spiegel**

**Montierung
und Stativ
Eigenbau**

**Vöhrum
Brammer**





Größeres Teleskop Telgte



Vom September 2003 bis September 2008



Seit September 2008

Warum Artemis im Unterricht?

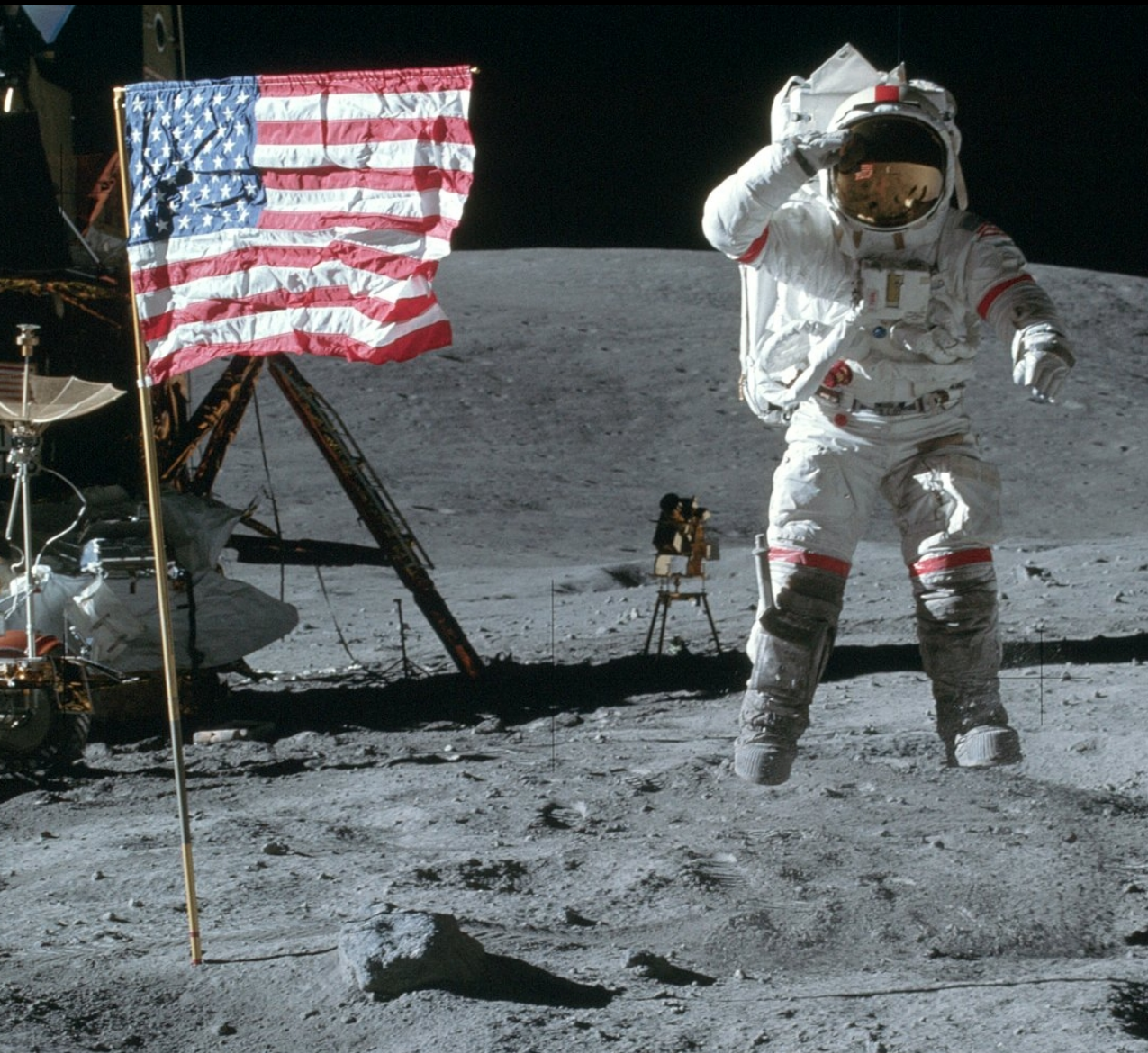
- aktuell**
- Einbindung in MINT Fächer und Astronomie**
- Sek. 1 und Sek. 2 geeignet**
- Material von ESA und NASA**
- Erkenntnisse bezüglich der Raumfahrt**

- 1. Wozu Artemis, hat Apollo nicht gereicht?**
- 2. Was wir vom Mond wissen sollten, um einen geeigneten Standort zu finden!**
- 3. Die größte Hürde, nicht nur dieser Mission!**
- 4. Wie weit sind wir mit Artemis und was ist noch geplant?**

Wozu Artemis, hat Apollo nicht gereicht?

Artemis – Programm

- bemanntes Raumfahrtprojekt der NASA in Zusammenarbeit mit ESA (europäisch), JAXA (japanisch) und CSA (Kanada)
- Initiator u. a. Trump 2019
- Finanzierung vorwiegend von der USA mit etwa 8 Milliarde Dollar jährlich (Summe ca. 41,5 Milliarde).

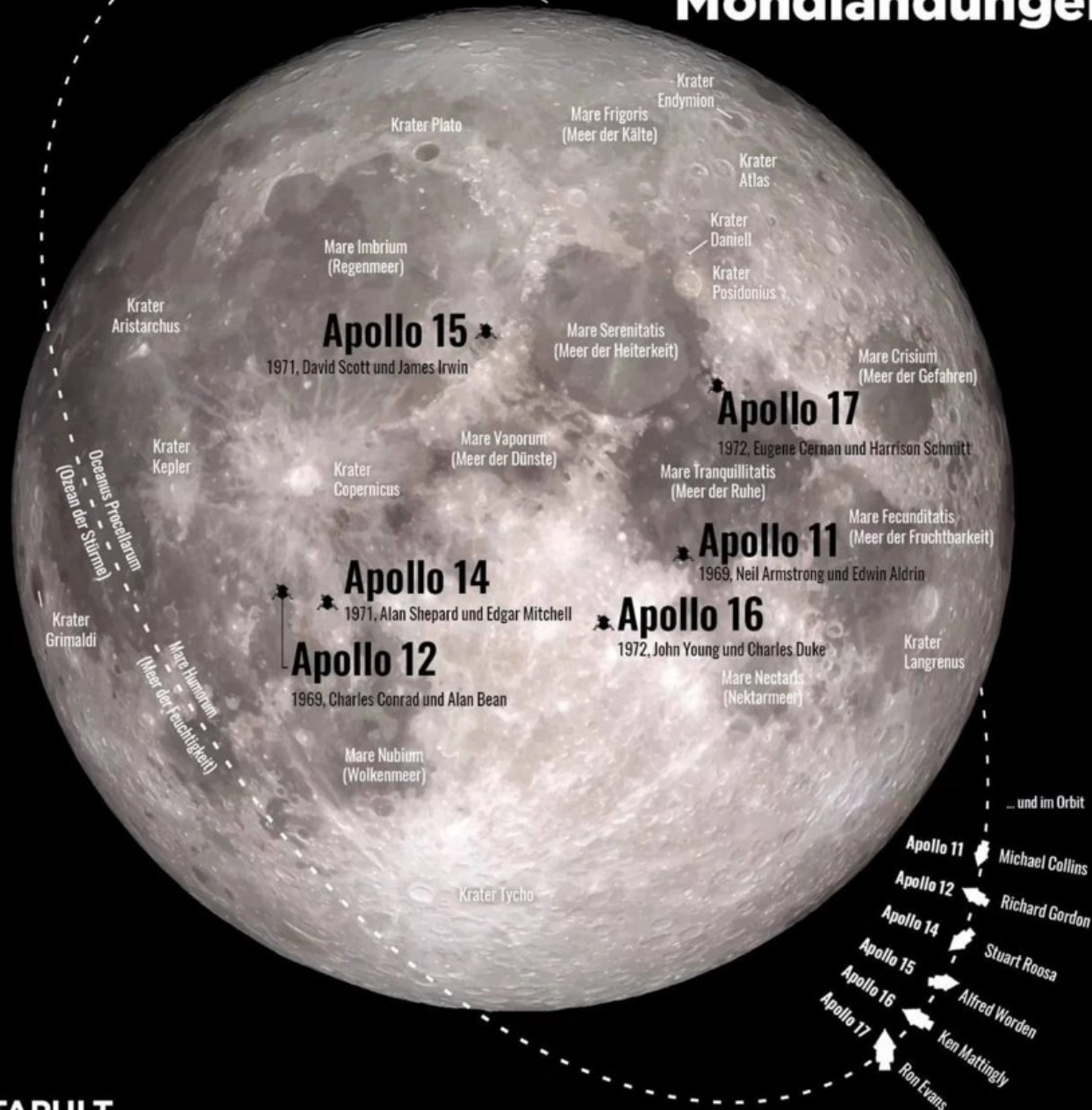


Apollo 11

20. Juli 1969

**Neil
Armstrong
betritt den
Mond**

Alle bemannten Mondlandungen



Gene Cernan: Letzter Mann am Mond

14.12.1972
Apollo 17

Ziele der Missionen

- Apollo

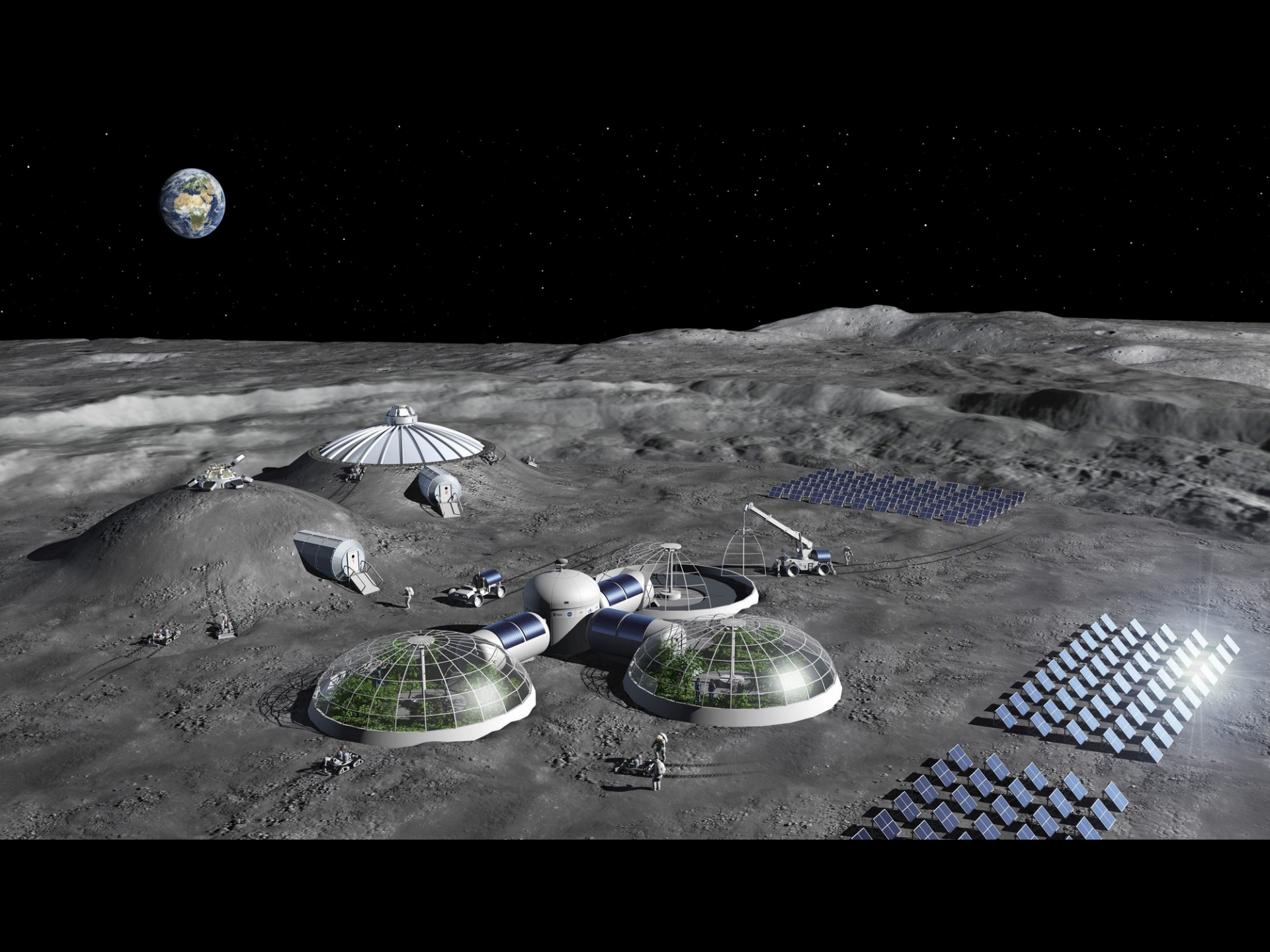
Erstbegehung des Mondes

Untersuchung von Mondgestein

- Artimes

Nachhaltige Mondpräsenz

**Errichten einer Basisstation
auf dem Mond**

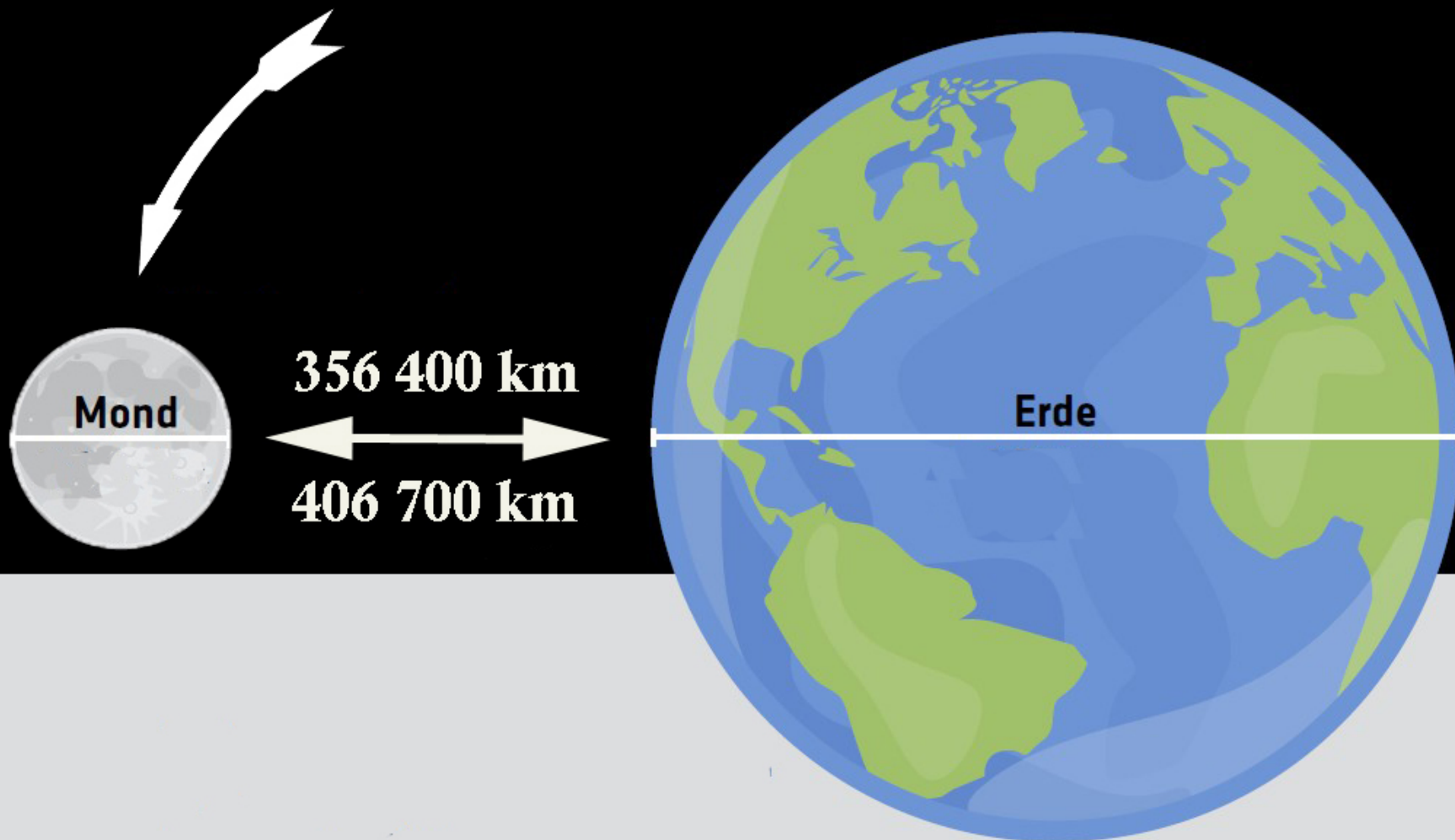


**Was wir vom Mond wissen sollten
um einen geeigneten Standort zu
finden!**



Mond am 16.04.2022 um 20:33 Uhr. Er befand sich $3,5^\circ$ über dem Horizont. Ort: Flugplatz Glindbruchkippe Telgte
Aufnahmedaten: Canon EOS100D; f = 300 mm; f/5,6; Belichtungszeit 1/80 s; ISO 400; Reiner Guse

- **Mondbewegung**
- **Mondentfernung**
- **Mondgröße**
- **Mondmasse**

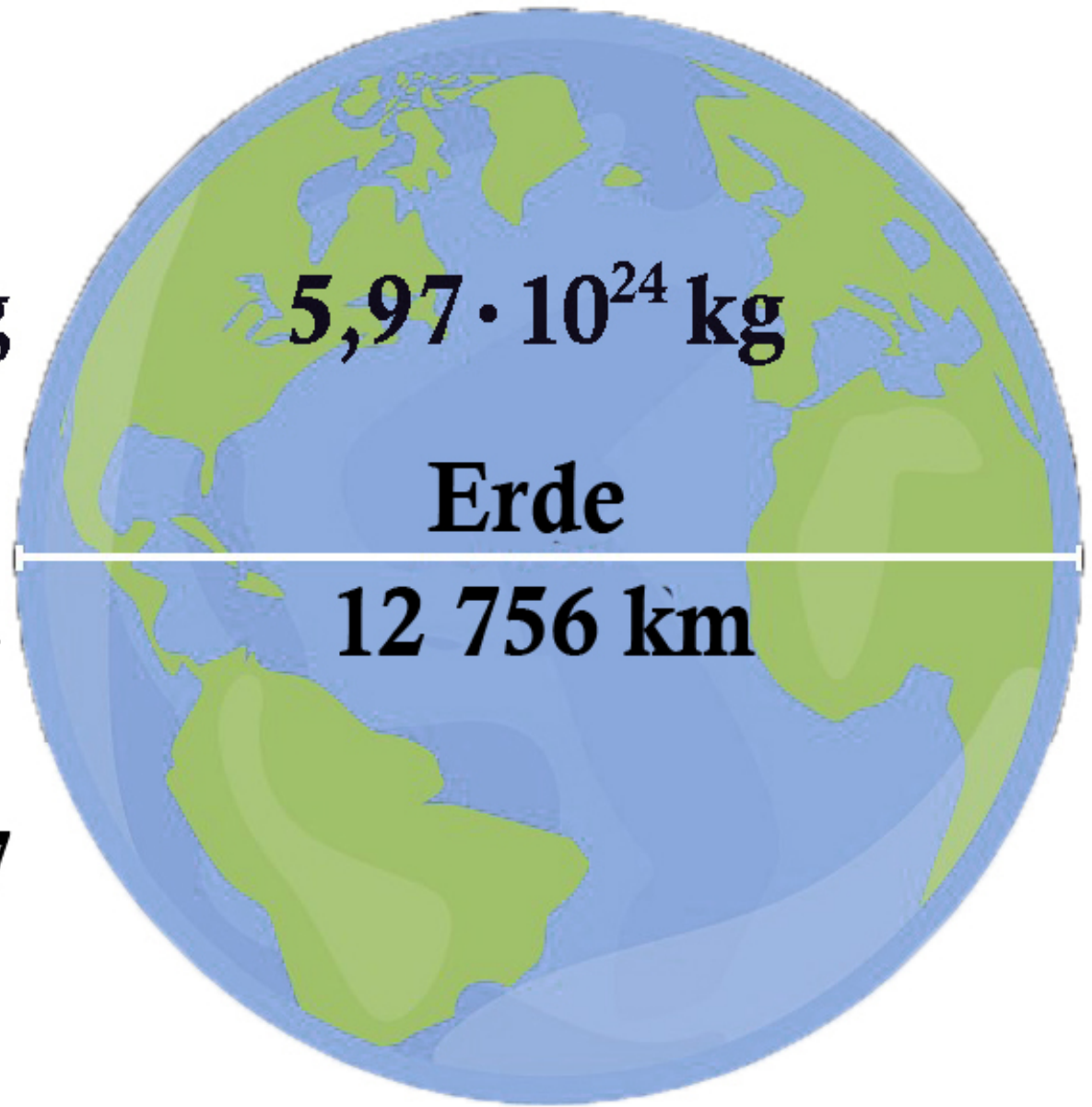


$$\frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}} = 81$$

$$7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$$



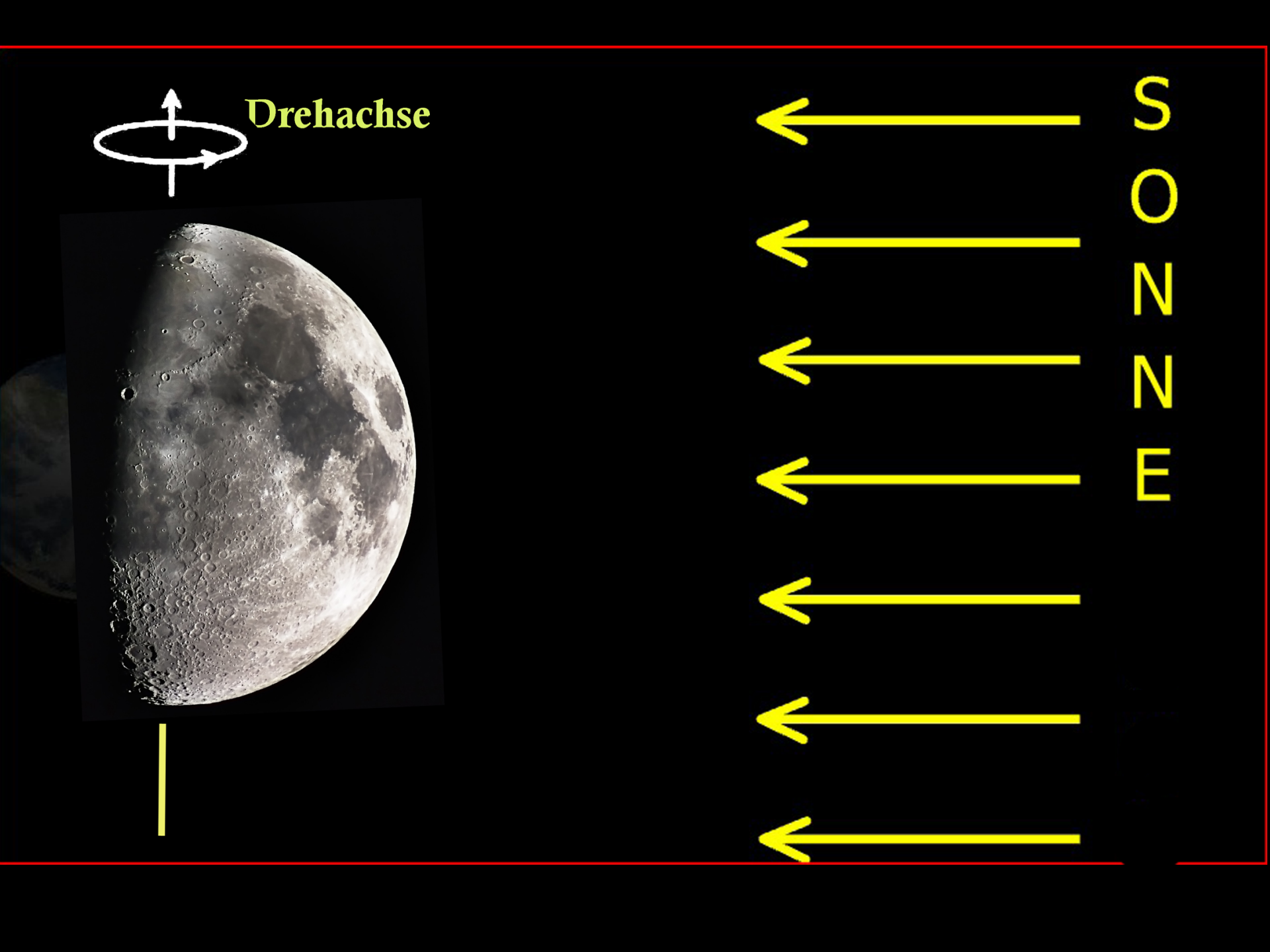
$$\frac{d_{\text{Erde}}}{d_{\text{Mond}}} = 3,67$$



Anziehungskraft auf dem Mond

Animation: Moonjump

Quelle: <https://mabo-physik.de>



Drehachse

SONNE

Mondphasen



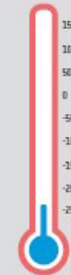
**Von einem Vollmond zum nächsten
dauert es 29,5 Tage**

Wie warm ist es auf dem Mond?

Der Mond hat so gut wie keine Atmosphäre

An seiner Oberfläche beträgt
die Temperatur

- nachts - 160°C
- tags + 130°C



- 160°C



+ 130°C

Mondoberfläche:

- Mare**
- Gebirge**
- Krater**

**Feiner
Mondstaub**

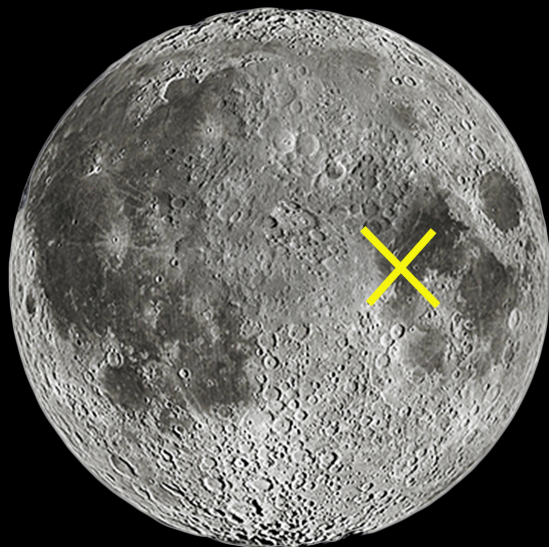


Mond nach 9,24 Tagen; 05.01.2009; Reiner Guse; Borg 101 ED 4" mit Barlow 2x f = 1280 mm; Canon EOS 1000D 1/90s

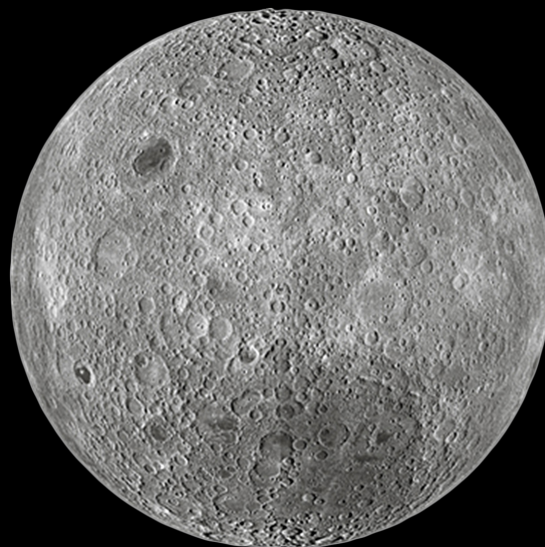


Mond

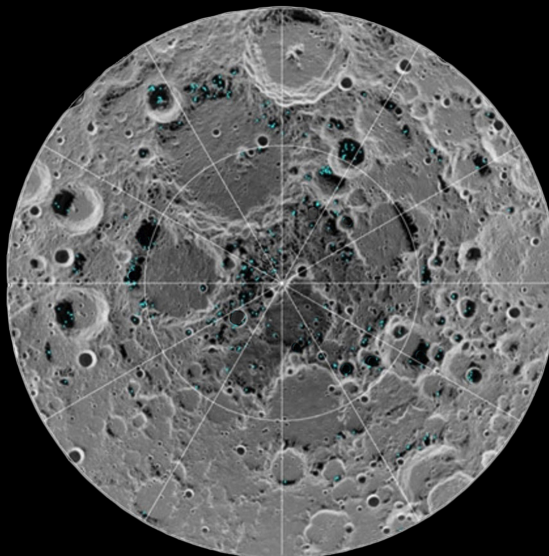
Kopernikus (rechts) und Eratosthenes (links). Aufnahme mit Meade 12 Zoll und ZWO ASI120 MC und SharpCap mit 0,015 s. Peine, 03.10.2014, Reiner Guse



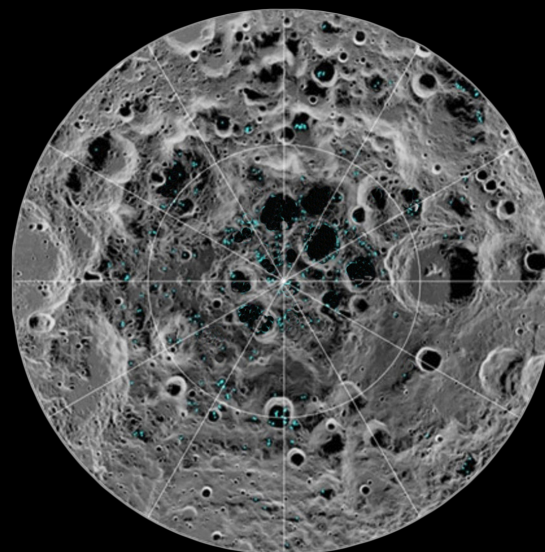
Vorderseite



Rückseite



Nordpol



Südpol

1. Mondentfernung, Mondgröße und Mondmasse

Der Mond umkreist in leicht elliptischer Form die Erde. Dabei schwankt die Entfernung zur Erde zwischen 363 300km und 405 500km. Gerundet geht man häufig von etwa 400 000km aus, gemittelt sind es 384 400km. Nebenstehendes Bild zeigt Mondmasse und Mondgröße im Vergleich zur Erde.

Aufgrund dieser Werte beträgt die Anziehungskraft auf dem Mond nur 1/6 der Anziehungskraft auf der Erde.

$$\frac{m_{\text{Erde}}}{m_{\text{Mond}}} = 81$$

$$7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$$

$$\frac{d_{\text{Erde}}}{d_{\text{Mond}}} = 3,67$$

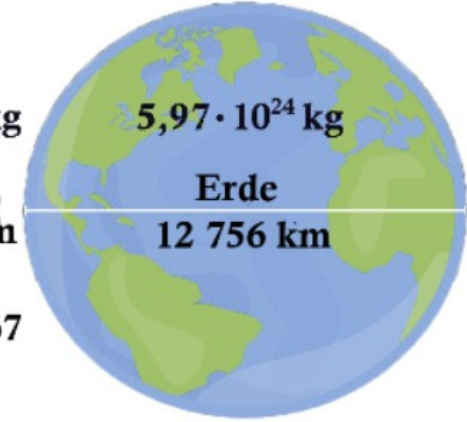
$$5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$$

Mond

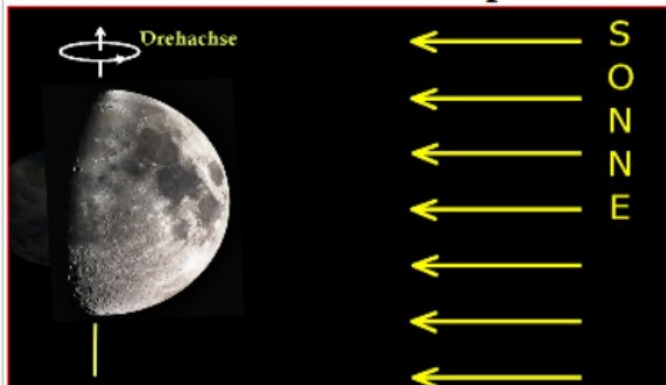
Erde

3 474 km

12 756 km



2. Mondrotation und Mondphasen



Der Mond rotiert um seine Drehachse, die bei einer maximalen Abweichung von nur 1,5° etwa senkrecht zur einfallenden Sonnenstrahlung steht (s. Bild links). Durch die Drehung um die Erde entstehen für Erdbeobachter Mondphasen

(s. Bild rechts oben). Von einem Vollmond zum nächsten dauert es 29,5 Tage.

3. Temperatur und Klima

Der Mond hat so gut wie keine Atmosphäre. Es gibt also keinen Wind, keine Wolken und keine Wärmespeicherung wie z. B. auf der Erde. An der Oberfläche beträgt die Temperatur

- **tags** bei Sonnenschein etwa + 130°C
- **nachts** ohne Sonnenschein etwa – 160°C und in manchen Kratern noch weniger.

3. Temperatur und Klima

Der Mond hat so gut wie keine Atmosphäre. Es gibt also keinen Wind, keine Wolken und keine Wärmespeicherung wie z. B. auf der Erde. An der Oberfläche beträgt die Temperatur

- **tags** bei Sonnenschein etwa + **130°C**
- **nachts** ohne Sonnenschein etwa – **160°C** und in manchen Kratern noch weniger.

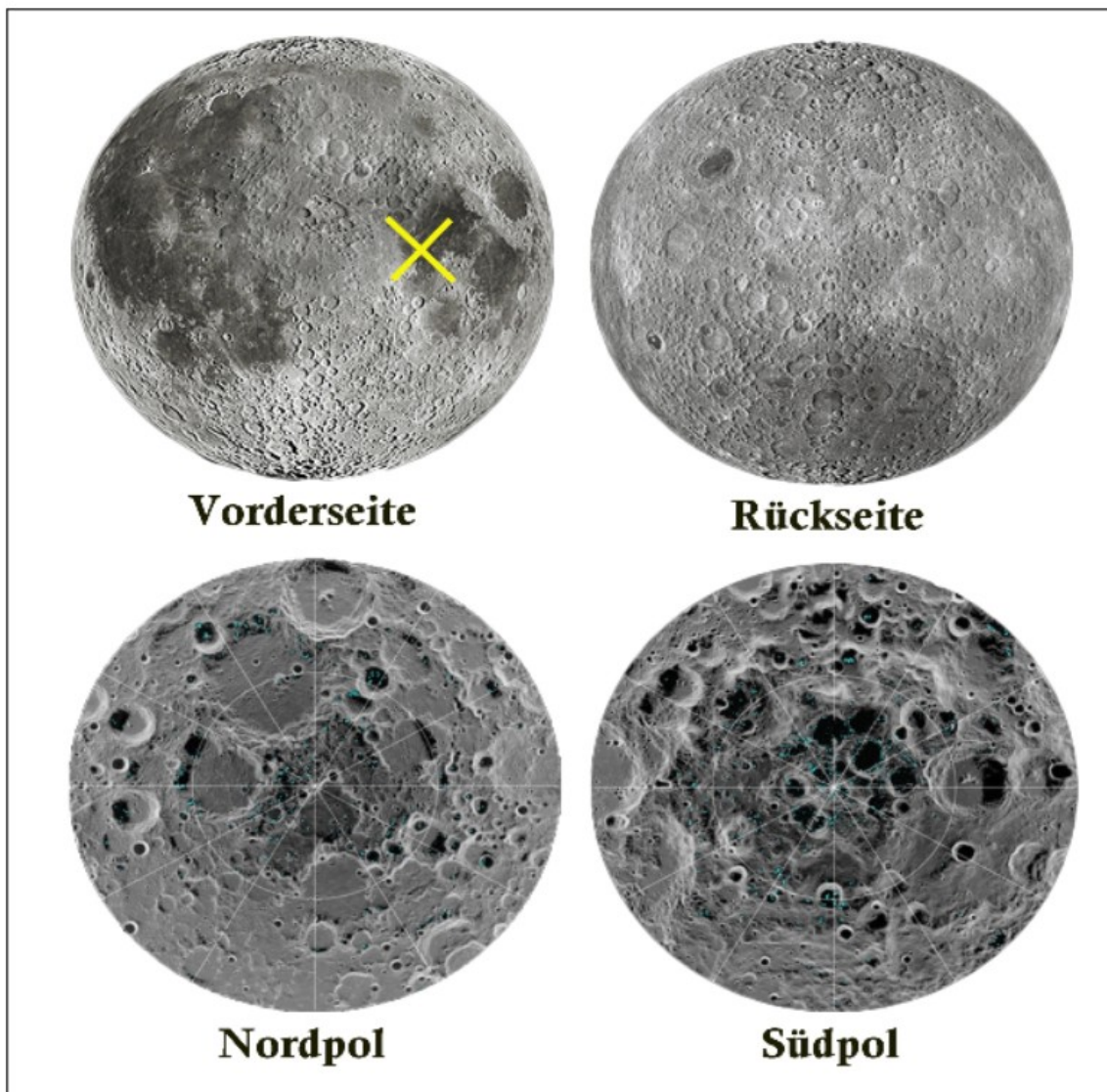
4. Oberfläche

Auf dem Mond findet man folgende Landschaftsformen:

- Dunkle Ebenen (Mare)
- Bergregionen
- Krater.

Die Oberfläche ist von feinem Mondstaub bedeckt.

Rechts: X Landeplatz von Apollo



Suche nach einem geeigneten Ort

Berücksichtigung von

- Tageszeiten**
- Temperatur**
- Sonneneinstrahlung (Energieversorgung)**
- Bodenbeschaffenheit (Wasservorkommen)**

Suche nach einem Ort

Wo könnte die Sonneneinstrahlung möglichst ohne Unterbrechungen eintreffen?

Wo könnte sich noch Wassereis befinden, d. h. an welchen Orten gibt es keine direkte Sonneneinstrahlung?

Ziel der Artemis Mission ist eine Station auf dem Mond zu errichten, auf der sich auch ständig Menschen aufhalten. Dafür soll ein geeigneter Ort auf dem Mond gefunden werden.

Der Standort benötigt zur Errichtung und Erhaltung unter anderem Energie und Rohstoffe, insbesondere auch Wasser. Bevor ein geeigneter Landeplatz auf dem Mond ausgemacht wird, sucht man nach einer größeren Gebiet, was für folgende Bedingungen in Frage kommt:

- **Die Sonne sollte zur Energieversorgung möglichst mit geringen Unterbrechungen einstrahlen.**
- **Im Gebiet sollte möglichst Zugang zu Wasser in Form von Eis sein, das nicht zu tief unter der Oberfläche liegt.**

1. Wie lang ist ein Mondtag und wie lange ist es dann hell und wie lange dunkel in dieser Zeit?
Gehe dabei vom gekennzeichneten Ort (Kreuz) von Apollo 11 auf Blatt 1 aus.

2. Weshalb ist dieser Ort (Apollo 11) als Standort für eine Artemis Basis Station nicht geeignet?

3. Zunächst sollen Orte gefunden werden, an denen die Sonne möglichst ohne längere Unterbrechungen zur Nutzung der Energie einstrahlt. An welchen Orten könnte das der Fall sein?

4. Warum kommt bei der Suche nach Wasser auf dem Mond nur ein Gebiet in Frage, in das keine Sonnenstrahlen eintreffen dürfen?

5. Krater verursachen Schatten und sollen näher betrachtet werden
Das nebenstehende Bild zeigt einen Mondkrater mit einem für tiefe Krater üblichen Tiefe vom Kraterrand von 4 km. Der Kraterboden steht etwa zur Hälfte im Schatten der Sonne.

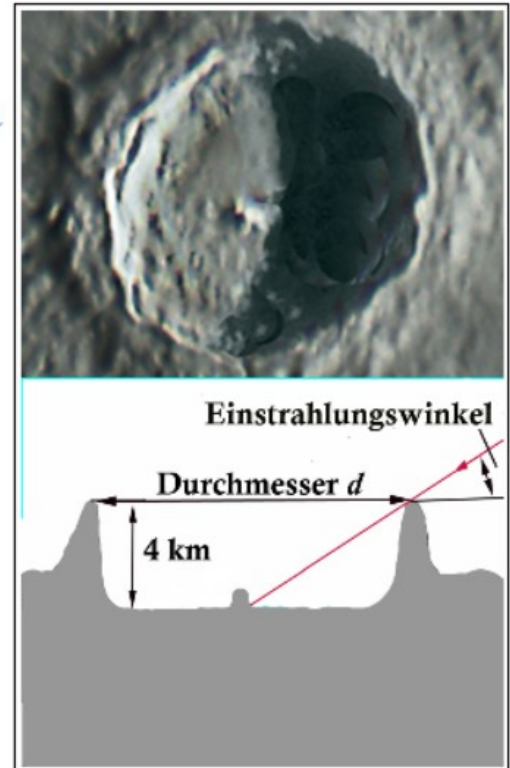
Wie groß müsste etwa diese Tiefe sein, damit der Kraterboden vollständig vom Schatten bedeckt ist (löse zeichnerisch)?

6. Wie müsste sich in nebenstehender Zeichnung der Einstrahlungswinkel verändern, damit der Schatten am Boden größer wird?

7. Welche Bedingungen gelten für Durchmesser, Tiefe und Einstrahlungswinkel, damit ein Kraterboden ständig im Schatten bleibt?
(Antwort mit *möglichst klein* , *möglichst groß*)?

8. In welcher Region auf dem Mond könnten die Bedingungen von Aufgabe 7 zutreffen?
(Verwende dazu u. a. die Mondansichten auf Blatt 1 und begründe das Ergebnis)

9. Gibt es eine Region, die beide Bedingungen (Sonneneinstrahlung und Wasserzugang) erfüllt und welche wäre das?



Ziel der Artemis Mission ist eine Station auf dem Mond zu errichten, auf der sich auch ständig Menschen aufhalten. Dafür soll ein geeigneter Ort auf dem Mond gefunden werden.

Der Standort benötigt zur Errichtung und Erhaltung unter anderem Energie und Rohstoffe, insbesondere auch Wasser. Bevor ein geeigneter Landeplatz auf dem Mond ausgemacht wird, sucht man nach einer größeren Gebiet, was für folgende Bedingungen in Frage kommt:

- **Die Sonne sollte zur Energieversorgung möglichst mit geringen Unterbrechungen einstrahlen.**
- **Im Gebiet sollte möglichst Zugang zu Wasser in Form von Eis sein, das nicht zu tief unter der Oberfläche liegt.**

1. Wie lang ist ein Mondtag und wie lange ist es dann hell und wie lange dunkel in dieser Zeit? Gehe dabei vom gekennzeichneten Ort (Kreuz) von Apollo 11 auf Blatt 1 aus.

Etwa 30 Erdtage (29,5), es wären dann etwa 15 Erdtage hell und 15 dunkel_____

2. Weshalb ist dieser Ort (Apollo 11) als Standort für eine Artemis Basis Station nicht geeignet?

Es ist zu lange dunkel und durch die Sonneneinstrahlung am Tage ist Wasser verdampft_____

3. Zunächst sollen Orte gefunden werden, an denen die Sonne möglichst ohne längere Unterbrechungen zur Nutzung der Energie einstrahlt. An welchen Orten könnte das der Fall sein?

An den Polen_____

4. Warum kommt bei der Suche nach Wasser auf dem Mond nur ein Gebiet in Frage, in das keine Sonnenstrahlen eintreffen dürfen?

Bei Sonnenstrahlung und der Oberflächentemperatur von 130°C verdampft das Wasser_____

5. Krater verursachen Schatten und sollen näher betrachtet werden
Das nebenstehende Bild zeigt einen Mondkrater mit einem für tiefe Krater üblichen Tiefe vom Kraterrand von 4 km. Der Kraterboden steht etwa zur Hälfte im Schatten der Sonne.

Wie groß müsste etwa diese Tiefe sein, damit der Kraterboden vollständig vom Schatten bedeckt ist (löse zeichnerisch)?

8 km

6. Wie müsste sich in nebenstehender Zeichnung der Einstrahlungswinkel verändern, damit der Schatten am Boden größer wird?

Er müsste kleiner werden

7. Welche Bedingungen gelten für Durchmesser, Tiefe und Einstrahlungswinkel, damit ein Kraterboden ständig im Schatten bleibt?
(Antwort mit *möglichst klein*, *möglichst groß*)?

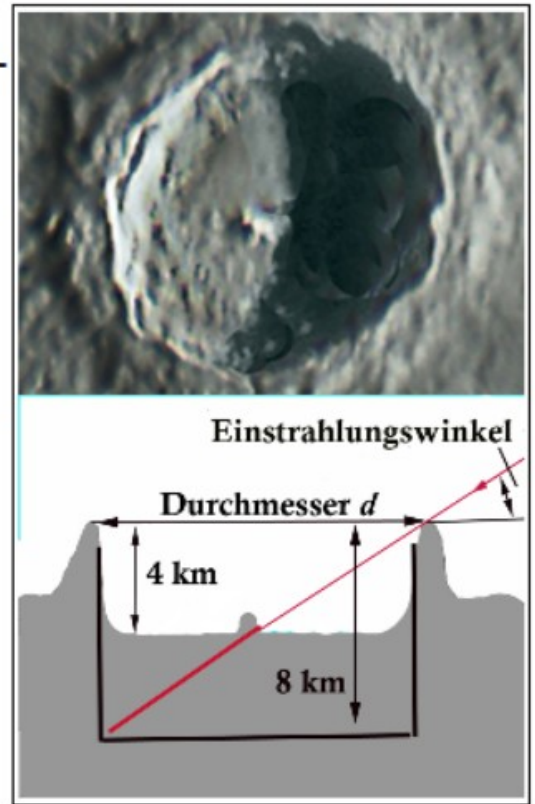
**Durchmesser und Einstrahlungswinkel möglichst klein,
Tiefe möglichst groß,**

8. In welcher Region auf dem Mond könnten die Bedingungen von Aufgabe 7 zutreffen?
(Verwende dazu u. a. die Mondansichten auf Blatt 1 und begründe das Ergebnis)

Südpol, da der Einstrahlungswinkel sehr klein ist, die Krater geringe Durchmesser haben und aufgrund der stärkeren Schatten tiefer sind als z. B. auf dem Nordpol

9. Gibt es eine Region, die beide Bedingungen (Sonneneinstrahlung und Wasserzugang) erfüllt und welche wäre das?

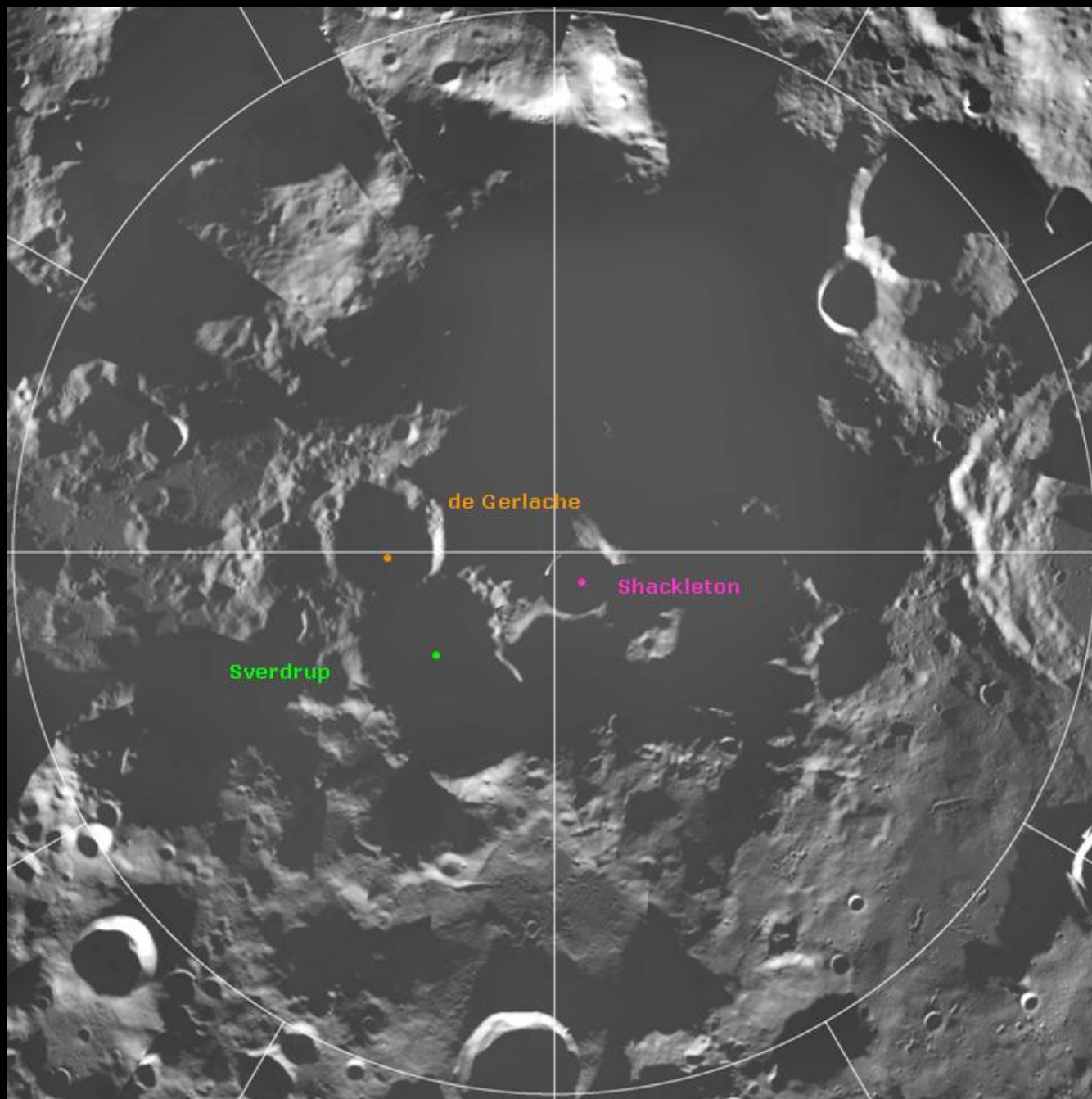
Ja, der Südpol

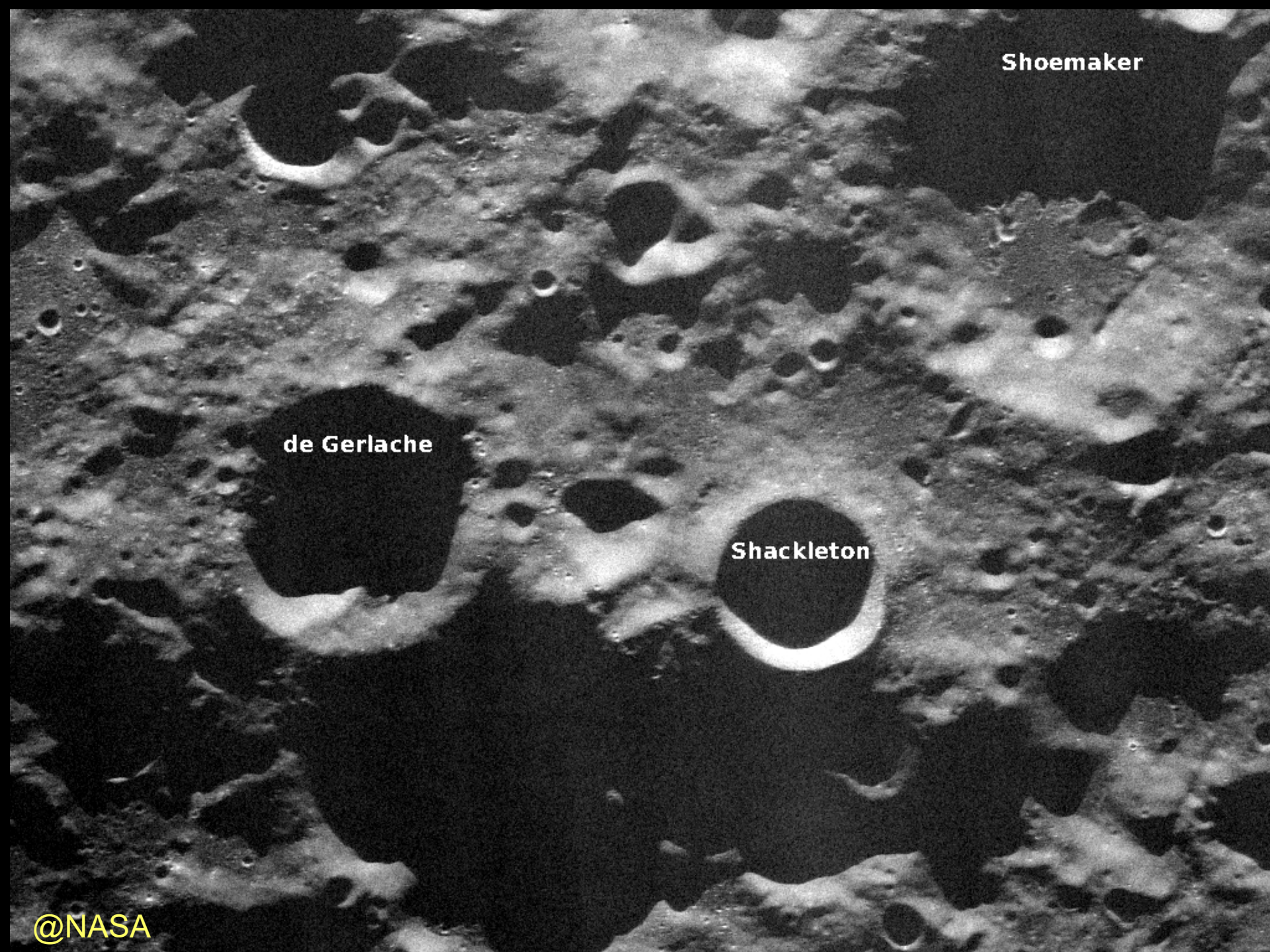


Shackleton Krater

Video

Quelle: Wikipedia.webm



A black and white photograph of the lunar surface, showing a dense field of craters of various sizes. Three specific craters are highlighted with white text labels. The terrain is rugged and covered in smaller craters and rocks.

Shoemaker

de Gerlache

Shackleton

Geeigneter Standort:

Südpol mit Shackleton Krater

Sonnenstrahlung u. a. durch hohe Kraterwände

Wasser als Eis in tiefen Kratern

Wie kommen wir zum Mond?

Eine große Hürde, nicht nur dieser Mission!

**Dieses war u. a. ein Grund für die
Entscheidung: Erst Artemis dann Mars**

**Um sich von der Erde zu entfernen,
muss die Geschwindigkeit in Erdnähe
bestimmte Werte erreichen, sonst fällt
man auf die Erde zurück**

Erdumlaufbahn: Kreisbahn- und Fluchtgeschwindigkeit

Animation: Umlauf

Quelle: <https://mabo-physik.de>

Kreisbahngeschwindigkeit

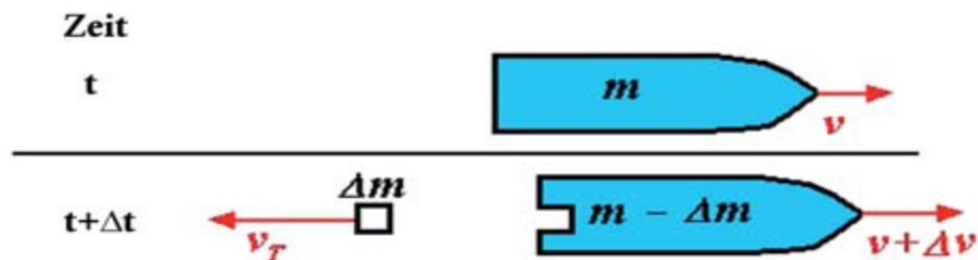
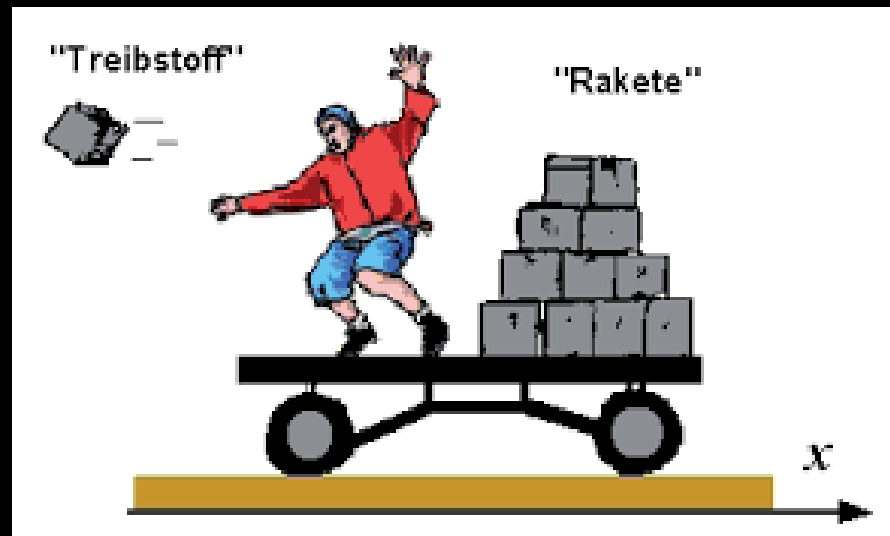
- für den Erdumlauf $7,9 \text{ km/s} = 28\,440 \text{ km/h}$

Fluchtgeschwindigkeiten

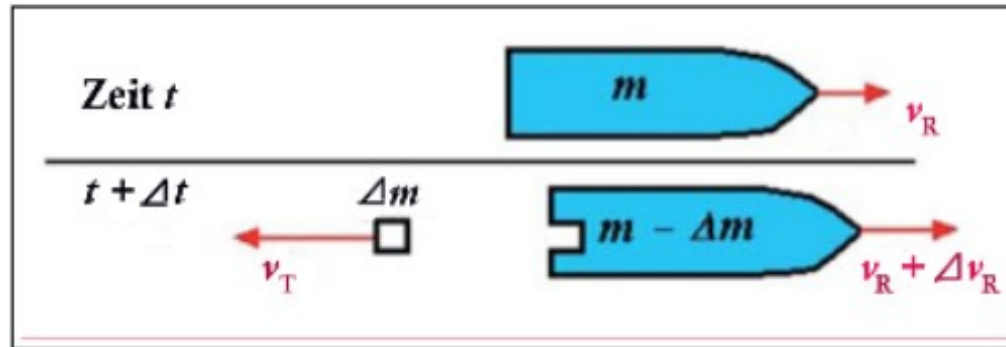
- für die Flucht von der Erde $11.2 \text{ km/s} = 40\,320 \text{ km/h}$

- für die Flucht vom Mond $2,4 \text{ km/s} = 8\,640 \text{ km/h}$

Antrieb nach dem Rückstoßprinzip:



Raketengleichung für einstufige Rakete ohne Gravitation



$$v_T \cdot \Delta m = -(m - \Delta m) \cdot \Delta v_R$$

$$v_T \cdot \Delta m = -m \cdot \Delta v_R + \Delta m \cdot \Delta v_R$$

$$v_T \cdot \Delta m = -m \cdot \Delta v_R$$

$$v_T \cdot dm = -m \cdot dv_R$$

m_0 Startmasse der Rakete

m_L Leere Rakete (ohne Treibstoff, mit Nutzlast)

$$dv_R = -v_T \frac{dm}{m}$$

$$\int_0^{v_R} dv_R = -v_T \int_{m_0}^{m_L} \frac{dm}{m}$$

$$v_R = v_T \cdot \ln \frac{m_0}{m_L}$$

$$\frac{m_0}{m_L} = e^{\frac{v_R}{v_T}}$$

$$v_R = v_T \cdot \ln \frac{m_0}{m_L}$$

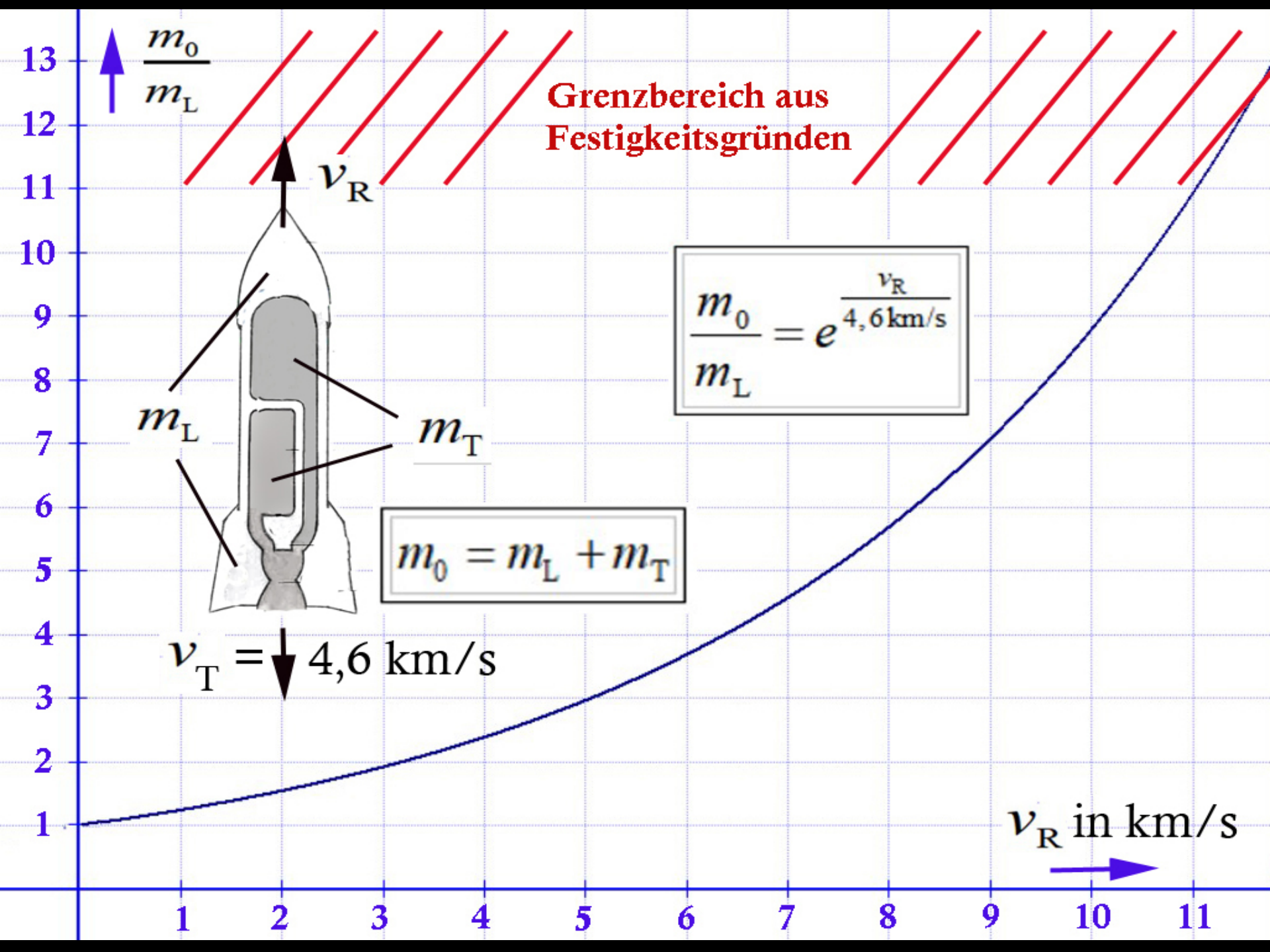
$$v_R = v_T \cdot \ln \frac{m_L + m_T}{m_L}$$

m_0 Startmasse der Rakete

m_T Treibstoffmasse

m_L Leere Rakete (ohne Treibstoff, mit Nutzlast)

- Die Raketengeschwindigkeit kann erhöht werden
- durch eine höhere Austrittsgeschwindigkeit vom Treibstoff
 - durch mehr Treibstoff, der ausgestoßen wird.



Transportmittel für den Flug zum Mond

Transportmittel, die für Mondflüge geeignet sind, müssen in der Atmosphäre und im luftleeren Raum über einen Antrieb verfügen, der die Anziehungskraft der Erde überwinden kann.

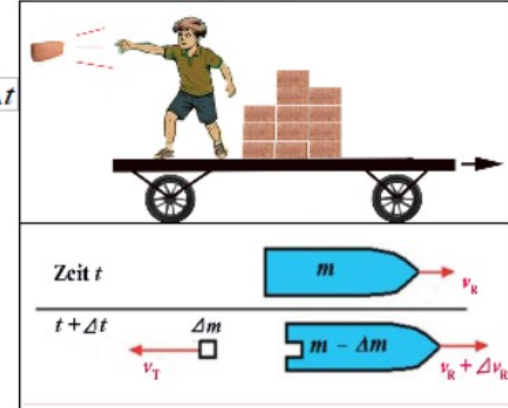
Raketenprinzip

Antrieb nach dem Rückstoßprinzip (Impulserhaltungssatz):

Die Rakete bewegt sich mit der Geschwindigkeit v_R . Im Zeitabschnitt Δt wird die Treibstoffmasse Δm mit der Geschwindigkeit v_T ausgestoßen. Dadurch nimmt die Raketengeschwindigkeit um Δv_R zu.

Die Geschwindigkeitszunahme und damit die Endgeschwindigkeit steigt

- mit der Ausstoßgeschwindigkeit des Treibstoffes,
- mit der Masse des austretenden Treibstoffes pro Zeiteinheit.



Für eine einstufige Rakete ohne Berücksichtigung der Erdgravitation gilt:

$$v_R = v_T \cdot \ln \frac{m_0}{m_L}$$

$$m_0 = m_L + m_T$$

v_R Endgeschwindigkeit der Rakete

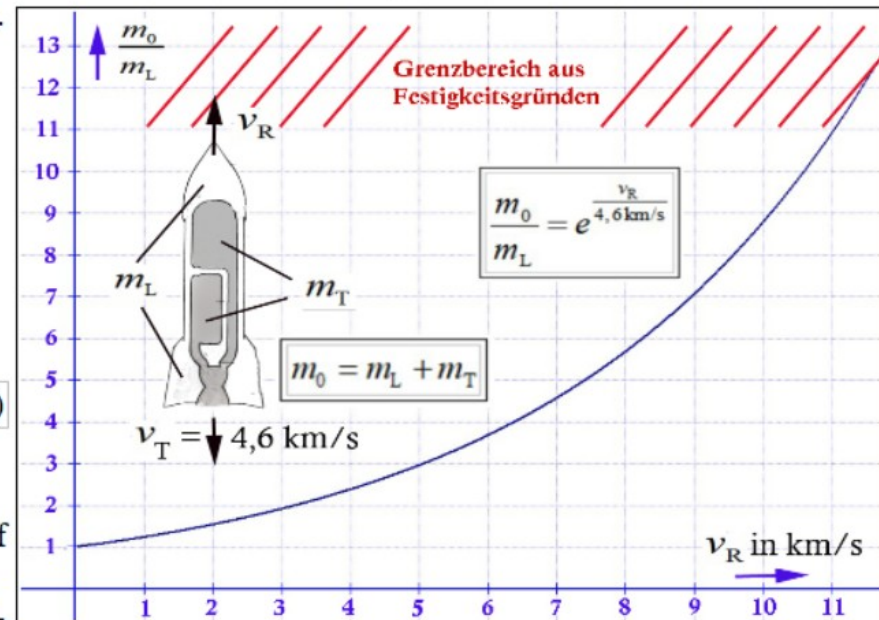
v_T Ausstoßgeschwindigkeit des Treibstoffes

m_0 Startmasse der Rakete

m_L Leere Rakete (ohne Treibstoff, mit Nutzlast)

m_T Treibstoffmasse

Die Masse der leeren Rakete ohne Treibstoff setzt sich noch aus der Nutzlast (Masse der Last, die befördert werden soll) und der restlichen Masse der Rakete, die die Komponenten zusammen hält, zusammen. Für eine typische Austrittsgeschwindigkeit von 4,6 km/s erhält man dann für das Massenverhältnis in Abhängigkeit der Geschwindigkeit den gezeichneten Zusammenhang.

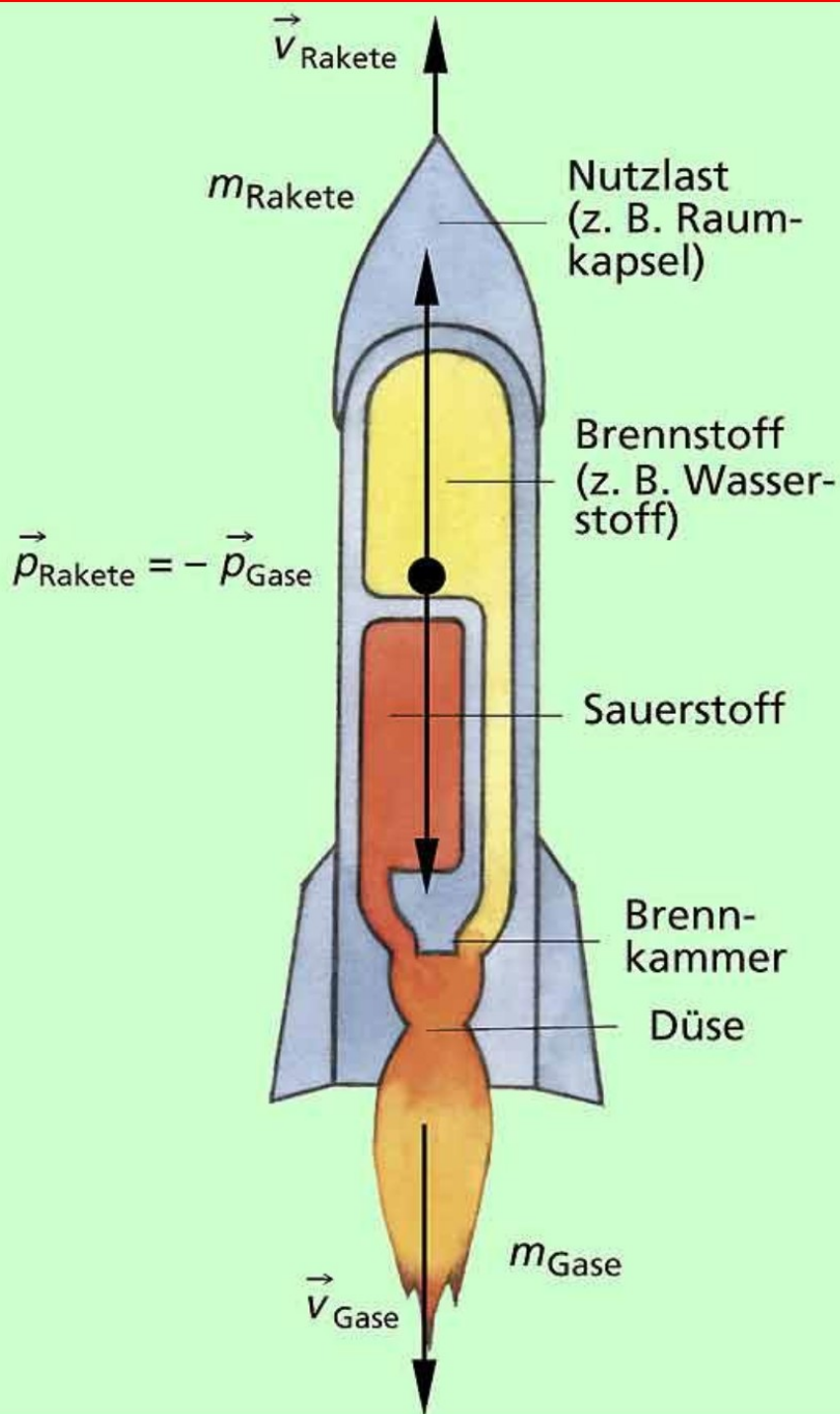


Kreisbahngeschwindigkeit und Fluchtgeschwindigkeit

Die Kreisbahngeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit, die ein Objekt benötigt, um einen Himmelskörper (z. B. Planet oder Mond) in etwa gleicher Höhe (um die Erde in etwa 200km) zu umkreisen ohne auf ihn zu fallen.

Die Fluchtgeschwindigkeit ist die Mindestgeschwindigkeit, die ein Objekt benötigt, um von einem Himmelskörper (z. B. Planet oder Mond) die Anziehungskraft zu überwinden um ihn zu verlassen.

<i>Himmelskörper</i>	<i>Kreisbahngeschwindigkeit</i>	<i>Fluchtgeschwindigkeit</i>
Erde	etwa 7,9 km/s = 28 400 km/h	11,2 km/s = 40 320 km/h
Mond	etwa 1,7 km/s = 6 120 km/h	2,3 km/s = 8 280 km/h
Mars	etwa 3,4 km/s = 12 240 km/h	5 km/s = 18 000 km/h



Flüssigkeitsrakete

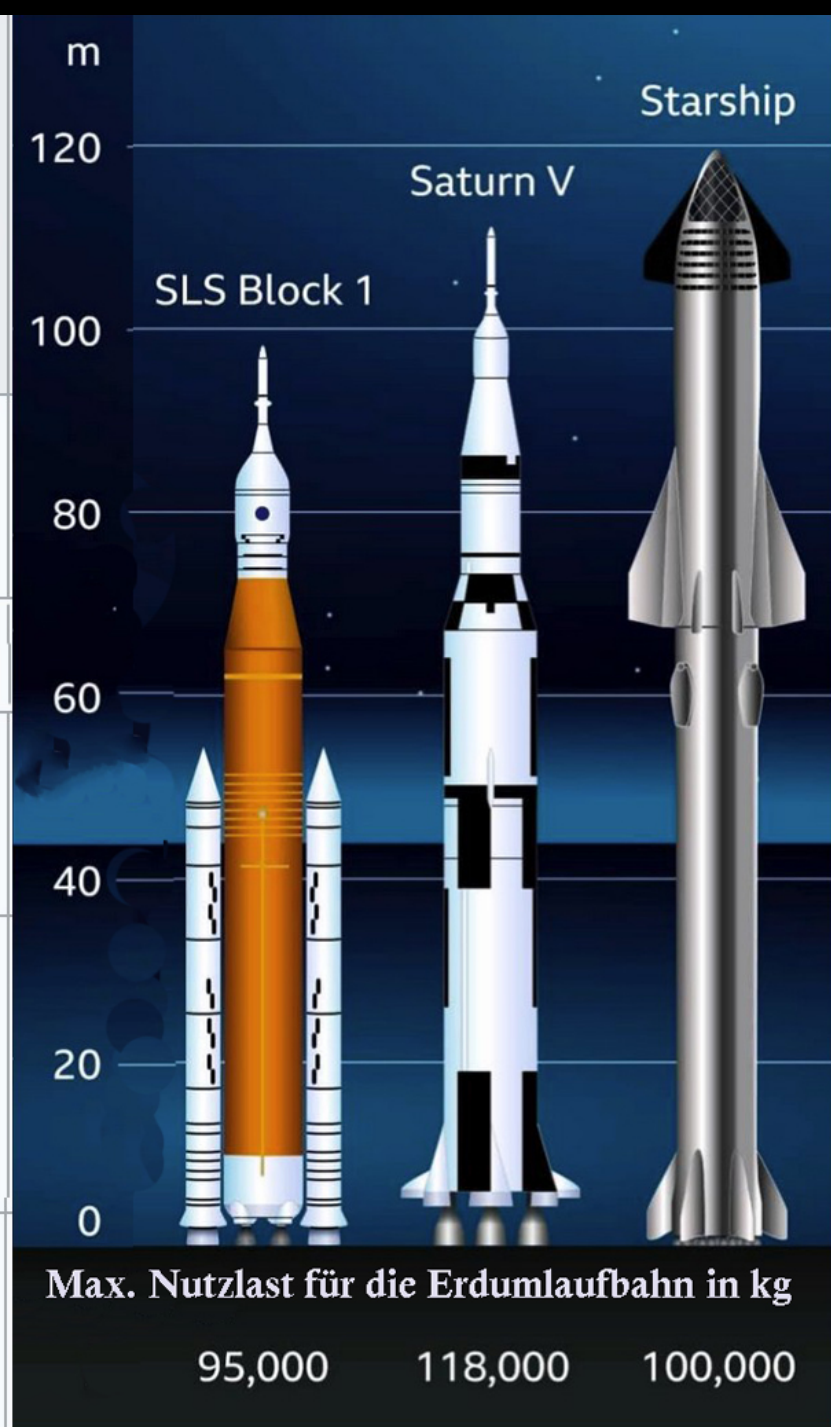
Wasserstoff und Sauerstoff stehen in flüssiger Form nach dem Auftanken bereit.

Wasserstoff (auch Kerosin) verbrennt in der Brennkammer mit dem notwendigen Sauerstoff als Oxidator.

Es werden Verbrennungstemperaturen von 4500 K erreicht und damit Ausströmgeschwindigkeiten von 4,6 km/s.

Um die Fluchtgeschwindigkeit zu erreichen, wird das Gewicht der Rakete durch Abwurf der Stufen verringert (hier nicht eingezeichnet).

	Apollo Saturn V	Artemis SLS	Starship V2 (2023)
Höhe	110 m	98 m	124 m
Durchmesser	10,1 m	8,4 m	9 m
Startmasse	2.934 t	2.500 t	> 5.000 t
Nutzlast (LEO)	133 t	95 t	100–150 t (250 t ¹)
Im Einsatz	1967– 1972	seit 2022	Testflüge 2025



Der Flug von Artemis 2 zum Mond

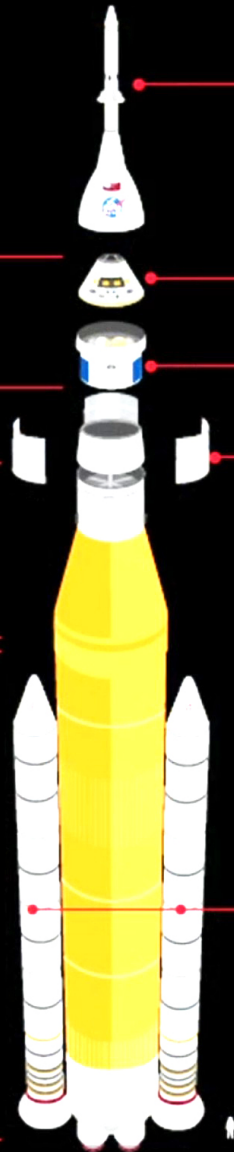
SLS

Das Raumschiff Orion

Obere Stufe

Hauptstufe

Höhe: 98 m
Durchmesser: 8,4 m



Startabbruchsystem

Wenn während des Starts etwas schief gehen sollte, wird die Besatzungskapsel durch einen Abbruch von der Gefahr weggetrieben und mit dem Fallschirm auf den Boden zurückgebracht.

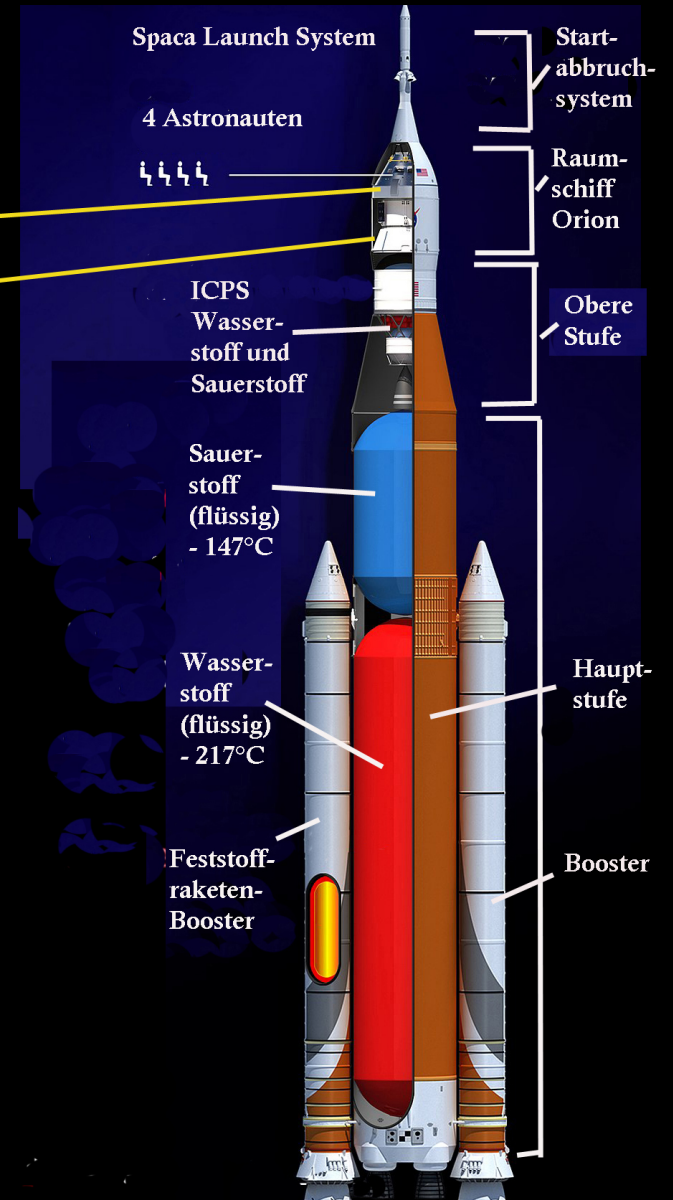
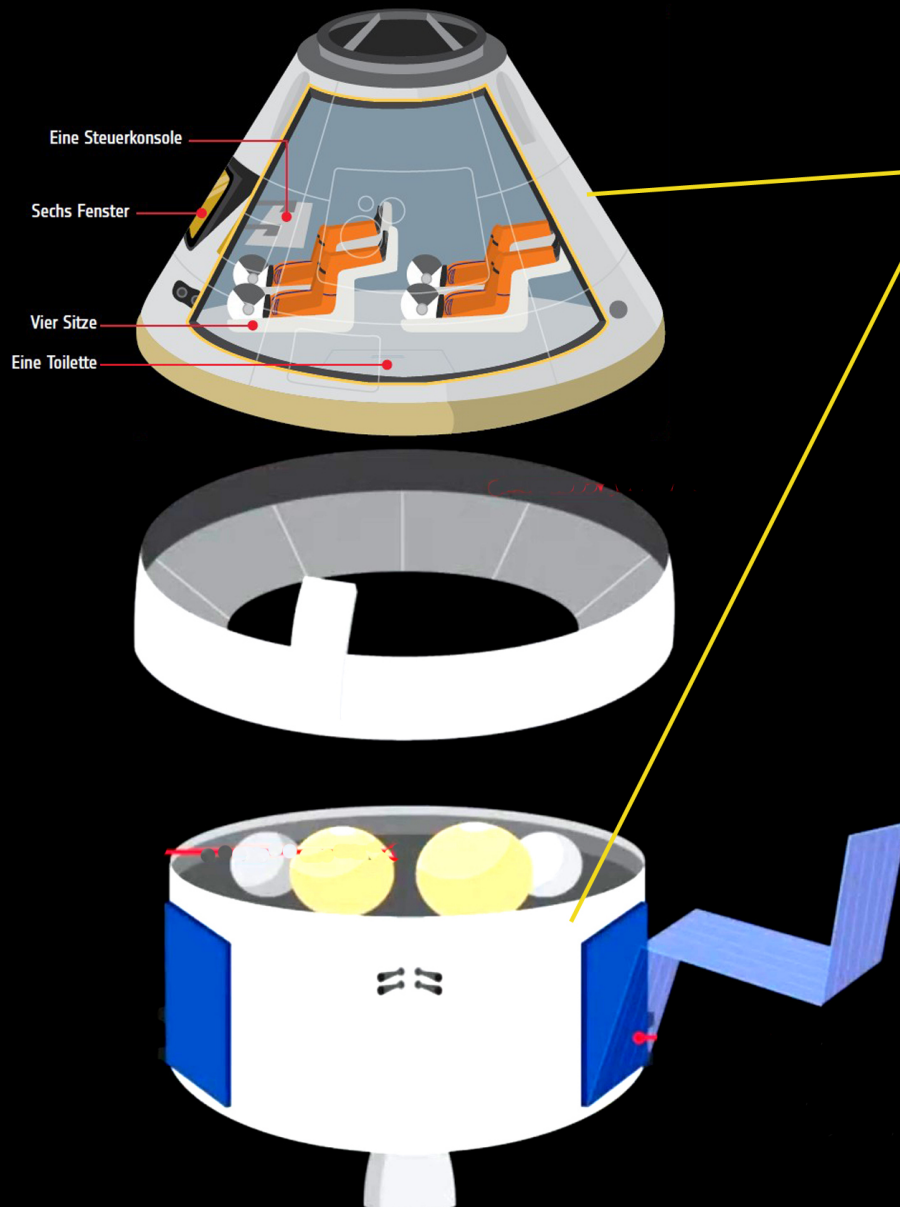
Besatzungsmodul

Europäisches Servicemodul und Besatzungsmoduladapter

Raumschiffadapter

Zum Befestigen von Orion an der Rakete.
Wenn das Raumschiff auf dem Weg ins All ist, werden die Verkleidungen abgeworfen.

Feststoffraketen-Booster



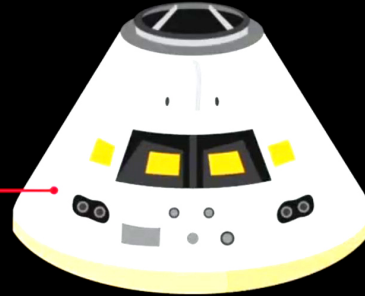
ORION

Das Raumschiff

Das Besatzungsmodul

Habitat für vier Astronauten und Astronautinnen samt Fracht vom Start bis zur Landung.

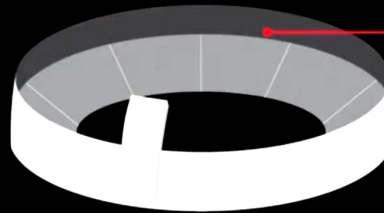
Nur ein Teil des Raumschiffs landet wieder auf der Erde.



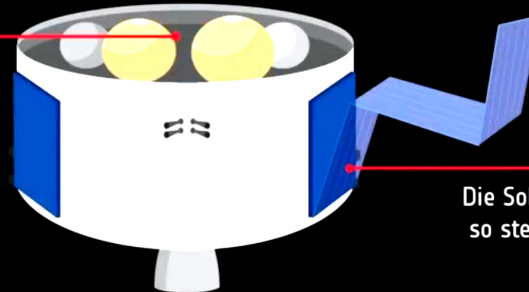
Besatzungsmoduladapter

Verbindet die elektrischen, Daten- und Flüssigkeitssysteme zwischen den Hauptmodulen miteinander.

Enthält Batterien und elektronische Ausrüstung zur Kommunikation, Energieversorgung und Steuerung.



Servicemodul

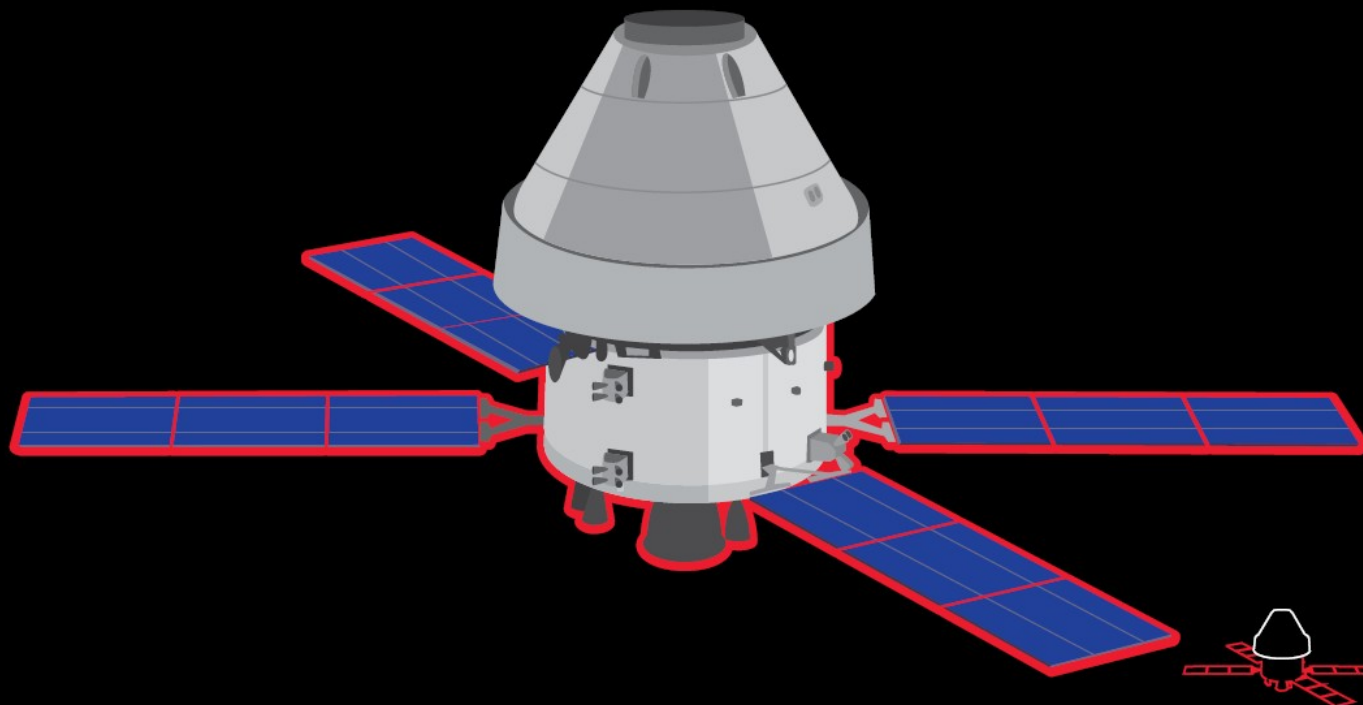


Solarpaneele

Die Solarpaneele drehen sich um zwei Achsen, um so stets auf die Sonne ausgerichtet zu liefern und bei Triebwerkszündungen zu schützen.

ORION

Europäisches Servicemodul



Ziel

Der Mond

Beschreibung

Das europäische Servicemodul für die NASA-Raumsonde Orion wird die nächsten Astronauten und Astronautinnen zur Landung auf dem Mond befördern.

Warum

Um sich an der Erforschung des Mondes zu beteiligen und Europa eine Schlüsselrolle in den Explorationsprogrammen der Menschheit zu geben.

Hauptauftragnehmer

Airbus, Deutschland

Subunternehmer aus:



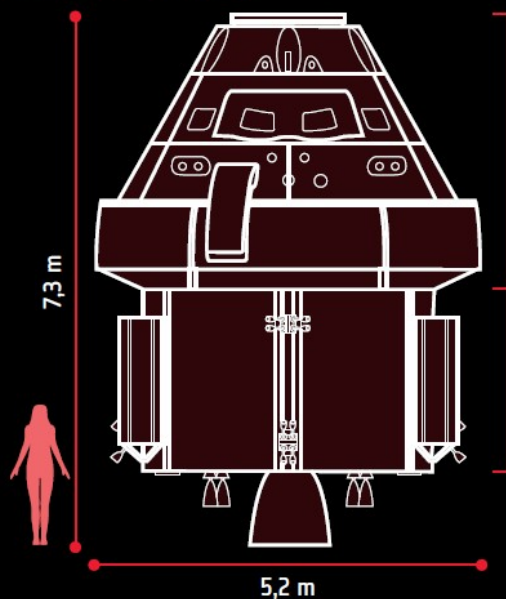
□ Besatzungsmodul (NASA)

□ Europäisches Servicemodul (ESA)

Beteiligte Staaten: Deutschland, Italien, Schweiz, Frankreich, Belgien, Dänemark, Schweden, Norwegen, Niederlande, Spanien

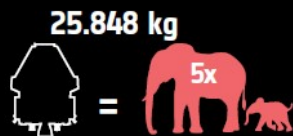
ORION

Abmessungen



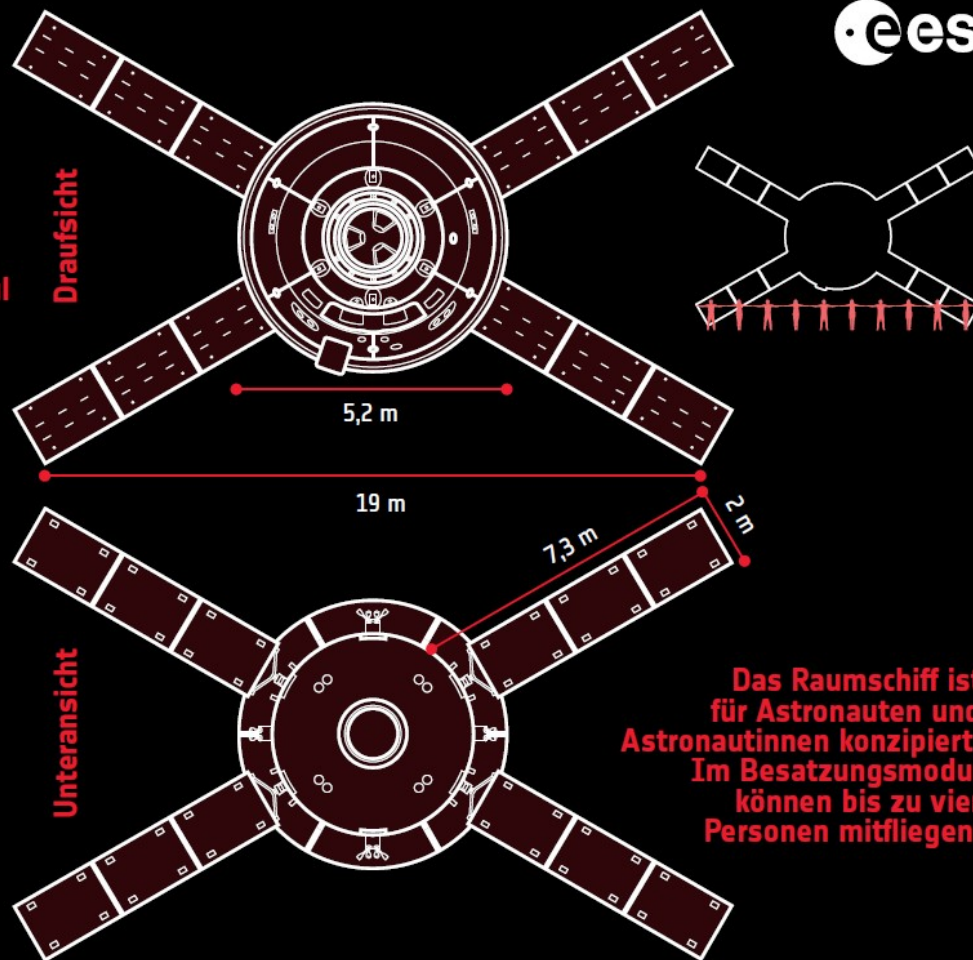
Besatzungsmodul
10.387 kg

Europäisches Servicemodul
15.461 kg



25.848 kg

Höhe: 7,3 m



Das Raumschiff ist für Astronauten und Astronautinnen konzipiert. Im Besatzungsmodul können bis zu vier Personen mitfliegen.

ORION

Das Besatzungsmodul – ein Sitzplatz auf der Reise zum Mond

Das Besatzungsmodul des Raumschiffs Orion ist die einzige Komponente des Raumschiffs, die nach jeder Mission **zur Erde zurückkehrt** und wiederverwendet werden kann.



Maximale
Missionsdauer



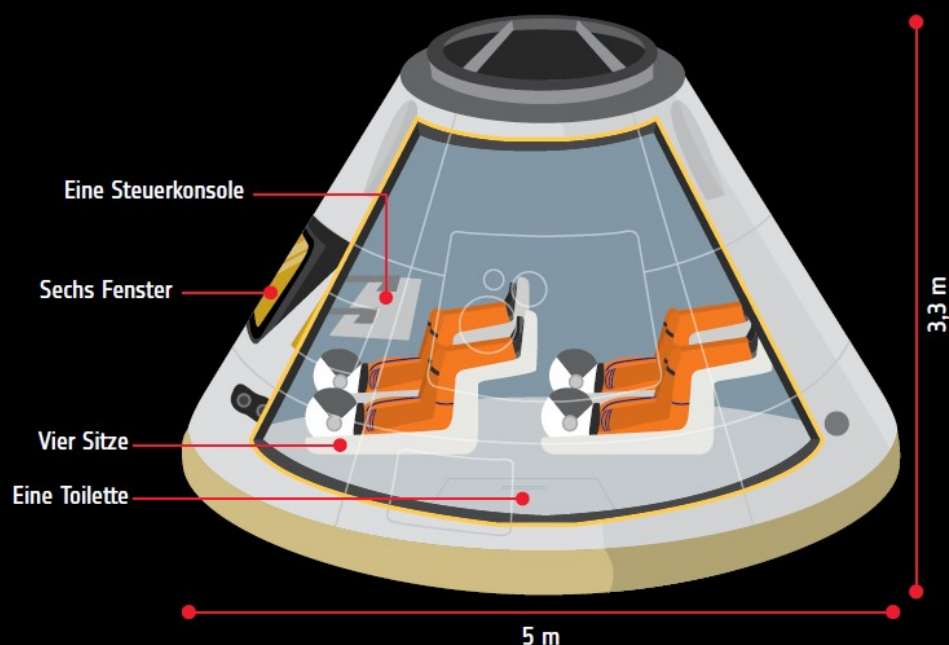
9 m³
bewohnbares
Volumen



Druckvolumen



Masse



ORION

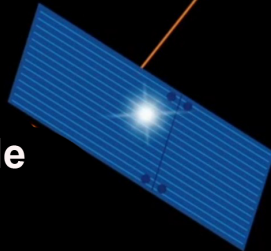
Das europäische Kraftwerk

Antriebssystem

Das Haupttriebwerk hat genügend Schub, um **einen Lieferwagen auf der Erde anzuheben**.
 Vier Tanks fassen 2.000 Liter Treibstoff, genug zum Betanken von **50 Autos mit Kraftstoff**.

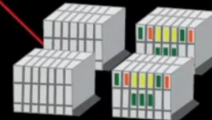


Solarpaneele
ca. 11 kW



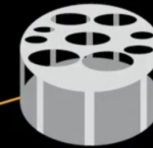
Avionik

Das Gehirn: Computer steuern alle Aspekte des europäischen Servicemoduls. Über **11 km Kabel**, um Befehle zu versenden und Daten von Sensoren zu erhalten.



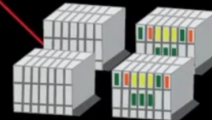
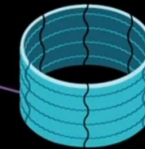
Die Struktur

Wie das Fahrgestell eines Autos **hält die Struktur** alles zusammen.



Wärme-regelungssystem

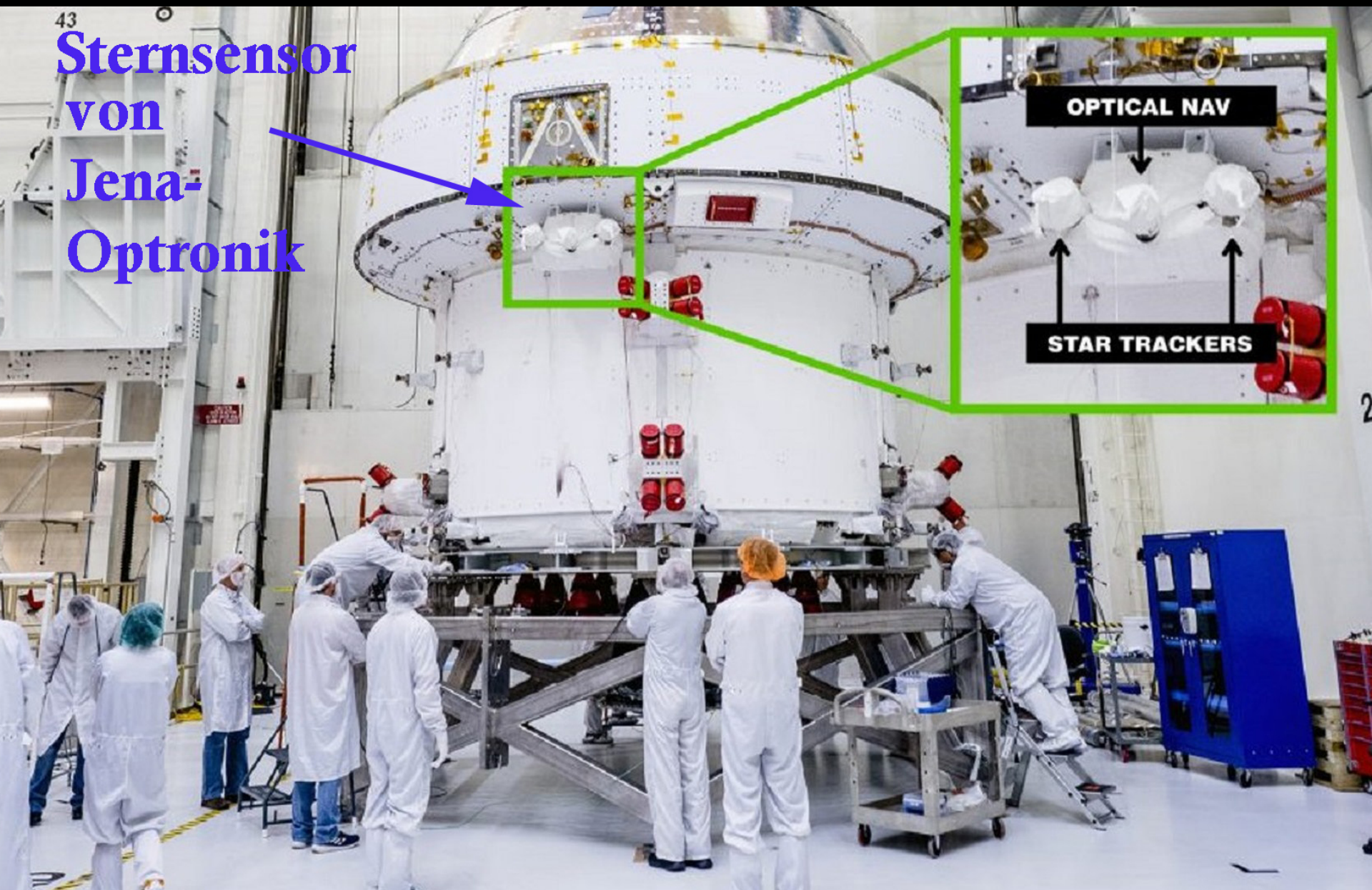
Heizungen und Kühlmittel, die durch sechs Heizkörper gepumpt werden, halten das Raumschiff Orion betriebswarm trotz Temperaturen von **-75°C bis +90°C**.

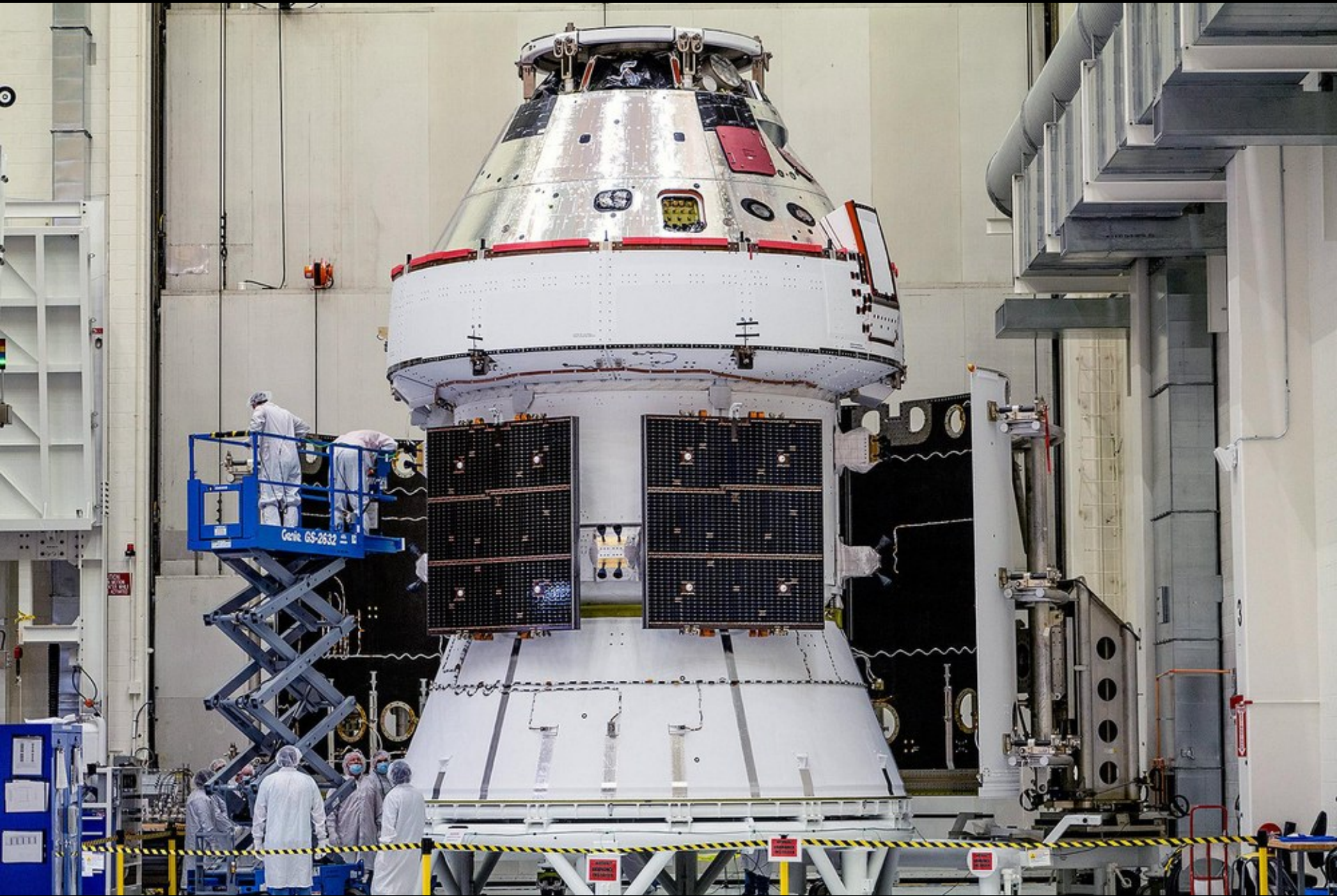




ESM: Europäisches Service Modul (Airbus Bremen)

Sternsensor von Jena- Optronik





Orion Raumschiff mit ESM (Service Modul)

Orion mit ESM



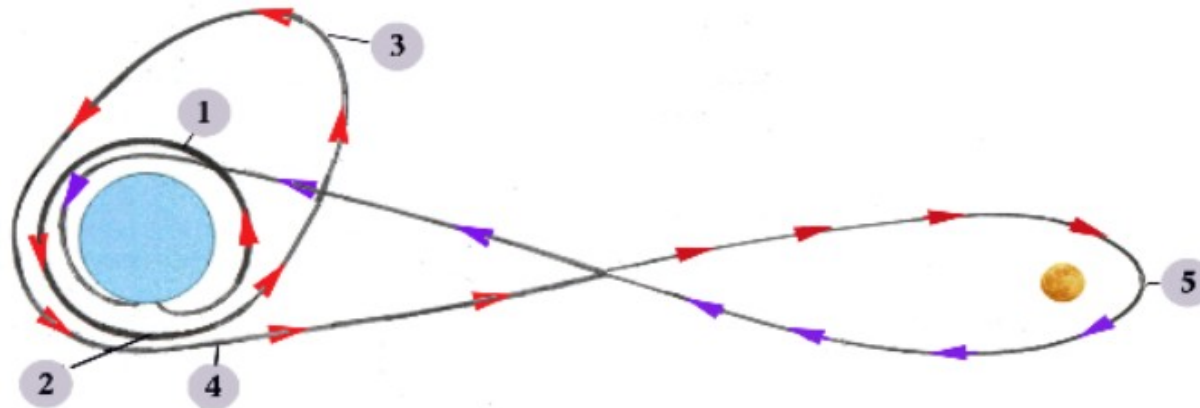
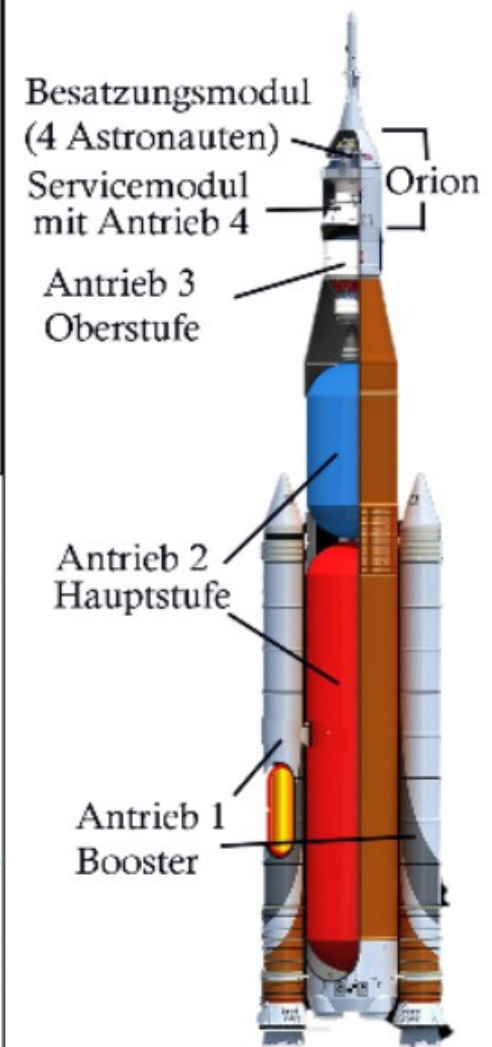


Bild oben zeigt den nicht maßstabsgetreuen Flugverlauf der SLS – Rakete (rechts) für den Artemis 2 Flug zum Mond. Die Antriebe 1 und 2 werden in folgender Reihenfolge aber nur kurzzeitig gezündet:

- Beim Start Antrieb 1 (Booster) für 2 Minuten
- Ebenfalls beim Start Antrieb 2 (Hauptstufe) für 8 Minuten.

Danach werden diese Antriebe von der Rakete getrennt. Die Rakete hat dann schon die Umlaufbahn um die Erde erreicht. Antrieb 3 (Oberstufe) wird später zum Anheben der Umlaufbahn um die Erde gezündet und dann auch von der Rakete abgestoßen und Antrieb 4 bringt die Rakete auf Mondkurs, bleibt am Service Modul und wird später zur Bahnkorrektur verwendet.



1. Welche Geschwindigkeit hat die Rakete in Position 1 und welche in Position 4?

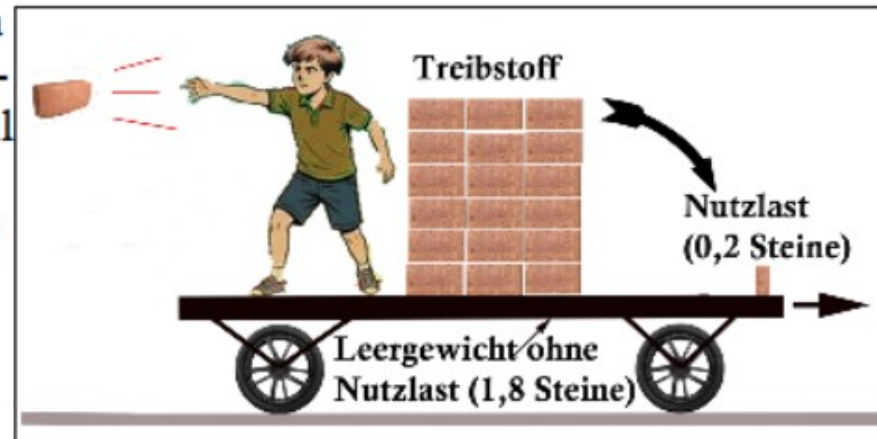
Pos. 1: _____ Pos.4: _____

2. Aus welchen Komponenten bzw. Modulen besteht die Rakete bei Position 1 und bei Position 5?
Position 1: _____ Position 5: _____

3. Die Antriebsstufen werden immer nur kurzzeitig gezündet und damit aktiviert. Dieses muss beim Starten der Fall sein. An welchen Punkten oben im Bild ist außerdem noch eine Zündung erforderlich? (Begründung)

4. Bei den folgenden Aufgaben wird vereinfacht von einstufigen Raketen und ohne Berücksichtigung der Erdgravitation ausgegangen. Eine Rakete mit der Startmasse der SLS von 2500 t wird von der Erde zum Mond gestartet. Wie groß muss die Treibstoffmasse in Tonnen sein, damit sie die Fluchtgeschwindigkeit von 11 km/s erreicht und wie viel % der Gesamtmasse sind das?

5. Nebenstehendes Bild stellt den Raketenstart von Aufg. 4 dar, wobei 20 Ziegelsteine der Gesamtmasse von 2500 t der Rakete entsprechen. Der Start soll nun vom Mond anstelle von der Erde erfolgen. Durch die geringere Anziehungskraft wird weniger Treibstoff verbraucht. Einige Ziegelsteine vom Treibstoff können daher als zusätzliche Nutzlast verwendet werden, die Gesamtmasse von 20 Ziegelsteinen bleibt erhalten.



a) Schätze zunächst, wie viel Steine vom Treibstoff zur Nutzlast verschoben werden können.

b) Berechne die Anzahl dieser Steine (auf ganze Zahl runden)! _____

c) Die Nutzlast (Orion) der SLS betrug 25 t (0,2 Steine). Wie viel Tonnen Nutzlast können jetzt beim Start vom Mond verwendet werden?

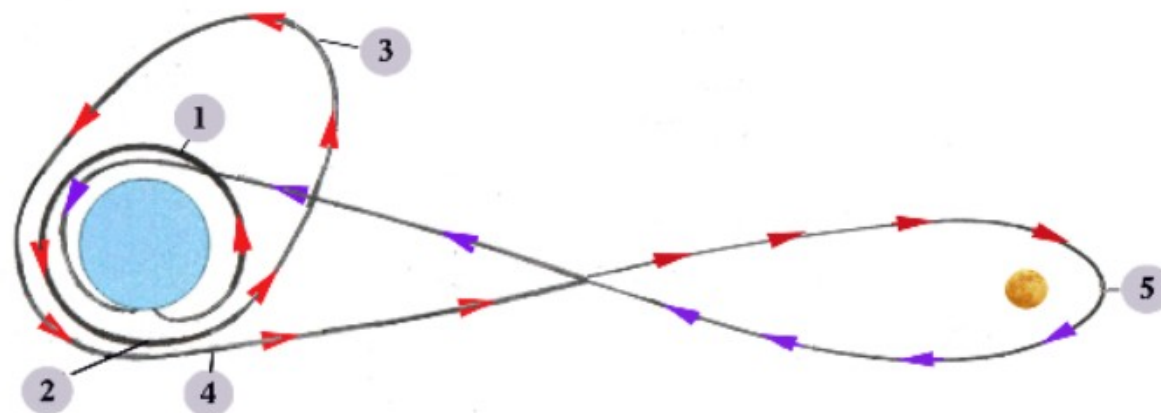
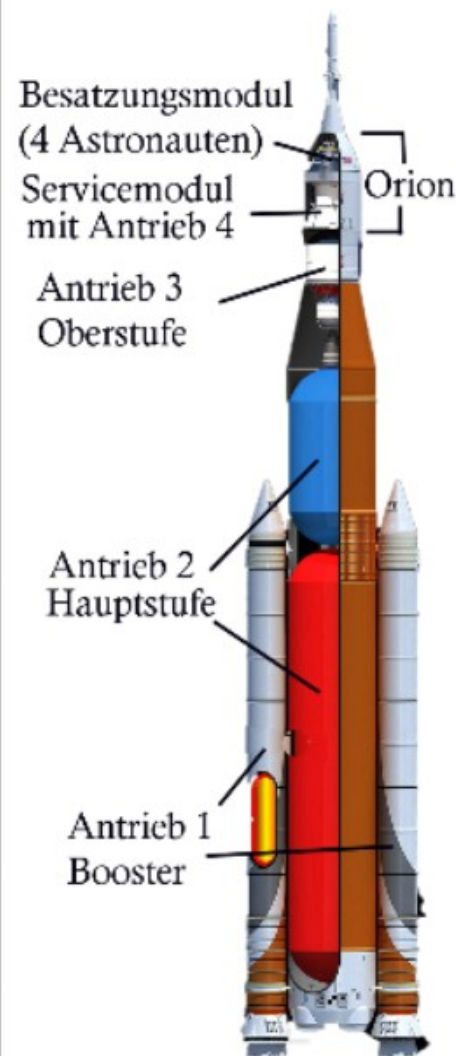


Bild oben zeigt den nicht maßstabsgetreuen Flugverlauf der SLS – Rakete (rechts) für den Artemis 2 Flug zum Mond. Die Antriebe 1 und 2 werden in folgender Reihenfolge aber nur kurzzeitig gezündet:

- Beim Start Antrieb 1 (Booster) für 2 Minuten
- Ebenfalls beim Start Antrieb 2 (Hauptstufe) für 8 Minuten.

Danach werden diese Antriebe von der Rakete getrennt. Die Rakete hat dann schon die Umlaufbahn um die Erde erreicht. Antrieb 3 (Oberstufe) wird später zum Anheben der Umlaufbahn um die Erde gezündet und dann auch von der Rakete abgestoßen und Antrieb 4 bringt die Rakete auf Mondkurs, bleibt am Service Modul und wird später zur Bahnkorrektur verwendet.



1. Welche Geschwindigkeit hat die Rakete in etwa in Position 1 und welche in Position 4?

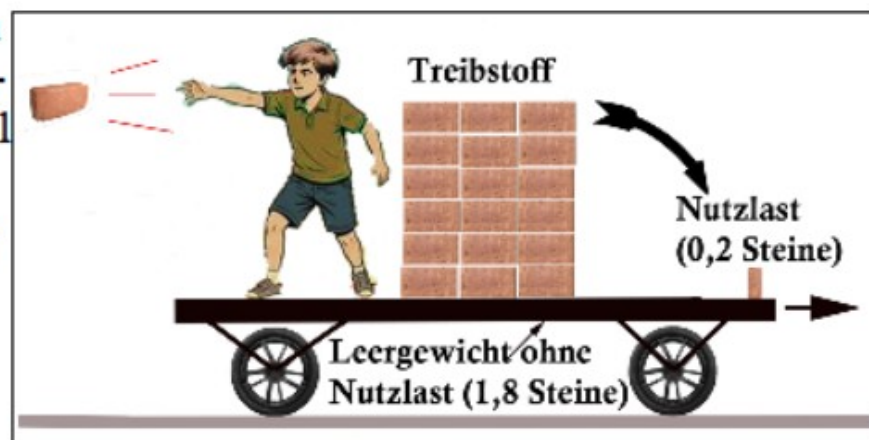
Pos. 1: 7,9 km/s Pos.4: 11,2 km/s

2. Aus welchen Komponenten bzw. Modulen besteht die Rakete bei Position 1 und bei Position 5?
Position 1: **Orion und Oberstufe (Antrieb 3)** Position 5: **Orion**

3. Die Antriebsstufen werden immer nur kurzzeitig gezündet und damit aktiviert. Dieses muss beim Starten der Fall sein. An welchen Punkten oben im Bild ist außerdem noch eine Zündung erforderlich? (Begründung) **2 wegen Bahnanhebung, 4 wegen Kurs zum Mond**

4. Bei den folgenden Aufgaben wird vereinfacht von einstufigen Raketen und ohne Berücksichtigung der Erdgravitation ausgegangen. Eine Rakete mit der Startmasse der SLS von 2500 t wird von der Erde zum Mond gestartet. Wie groß muss die Treibstoffmasse in Tonnen sein, damit sie die Fluchtgeschwindigkeit von 11 km/s erreicht und wie viel % der Gesamtmasse sind das?

5. Nebenstehendes Bild stellt den Raketenstart von Aufg. 4 dar, wobei 20 Ziegelsteine der Gesamtmasse von 2500 t der Rakete entsprechen. Der Start soll nun vom Mond anstelle von der Erde erfolgen. Durch die geringere Anziehungskraft wird weniger Treibstoff verbraucht. Einige Ziegelsteine vom Treibstoff können daher als zusätzliche Nutzlast verwendet werden, die Gesamtmasse von 20 Ziegelsteinen bleibt erhalten.



- a) Schätze zunächst, wie viel Steine vom Treibstoff zur Nutzlast verschoben werden können. **10**
- b) Berechne die Anzahl dieser Steine (auf ganze Zahl runden)! -----
- c) Die Nutzlast (Orion) der SLS betrug 25 t (0,2 Steine). Wie viel Tonnen Nutzlast können jetzt beim Start vom Mond verwendet werden?

4. Bei 11 km/s erhält man ein Massenverhältnis von 11.

$$\frac{m_0}{m_L} = 11 \Rightarrow \frac{m_0}{m_L} = 11 \Rightarrow m_0 = 11m_L$$

$$m_L = \frac{m_0}{11} = \frac{2500\text{t}}{11} = 227,30\text{t}$$

$$m_T = m_0 - m_L = 2500\text{t} - 227\text{t} = \underline{\underline{2273\text{t}}}$$

$$\frac{m_T}{m_0} = \frac{2273\text{t}}{2500\text{t}} = \underline{\underline{91\%}}$$

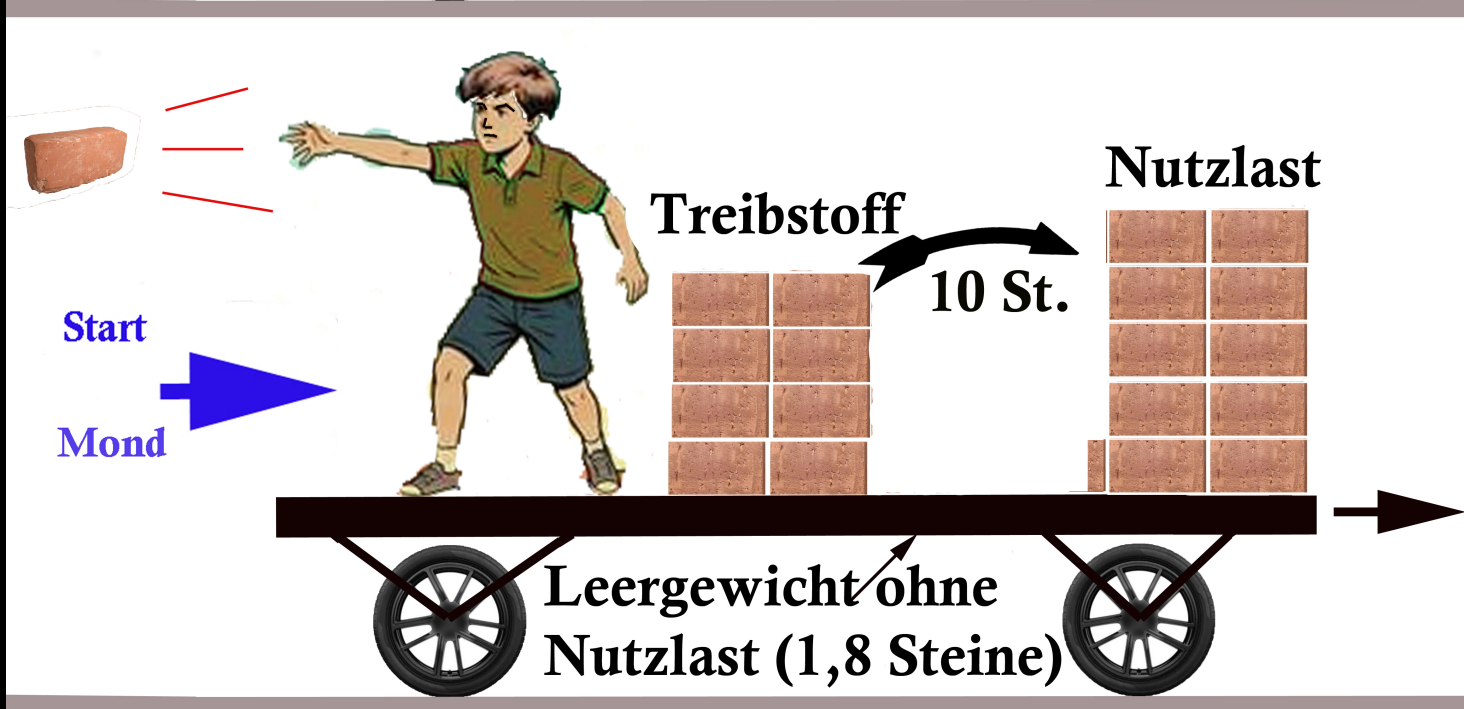
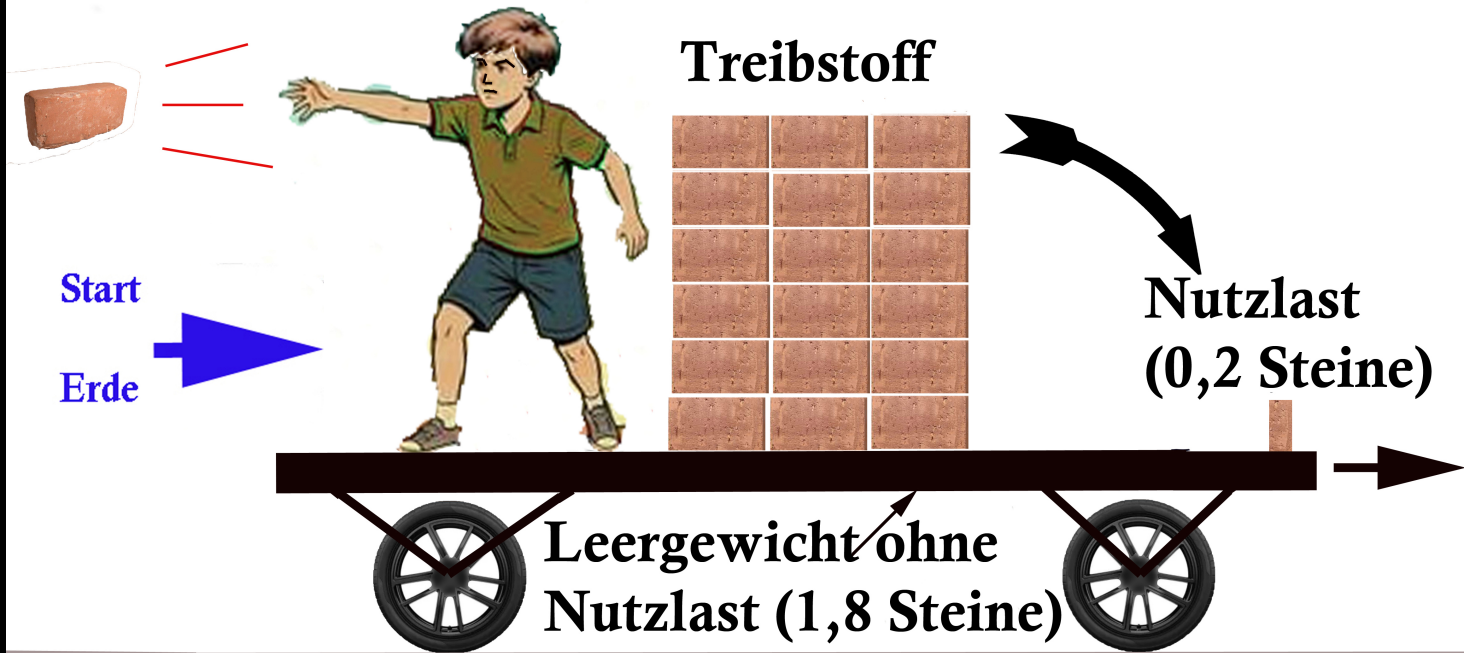
5. b) Bei einer Geschwindigkeit von 2,3 km/s erhält man für das Masseverhältnis genau 1,65 (abgelesen 1,6 oder 1,7).

$$\frac{m_0}{m_L} = 1,65 \Rightarrow m_L = \frac{m_0}{1,65} \Rightarrow m_L = \frac{20\text{Steine}}{1,65} \approx 12\text{Steine}$$

Das Leergewicht ohne Nutzlast hat etwa 2 Steine, also können 10 Steine vom Treibstoff zur Nutzlast verschoben werden.

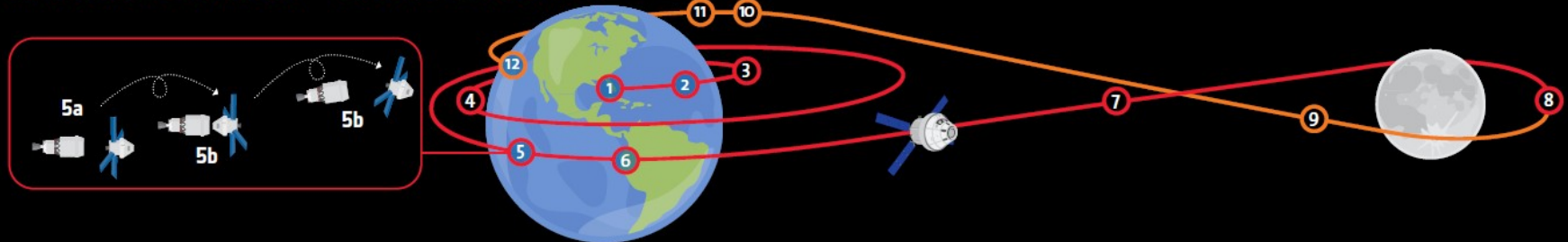
c)

$$m_N = \frac{25\text{t} \cdot 10,2\text{St.}}{0,2\text{St.}} = \underline{\underline{1275\text{t}}}$$



ORION

Artemis II-Mission – Schritt für Schritt



1 Start

Kennedy Space Center, Florida, USA

2 Niedrige Erdumlaufbahn

Entfaltung der Solarpaneele am europäischen Servicemodul

3 Erdnahes Manöver zur Erhöhung des Perigäums

Die zweite Stufe befördert Orion in eine höhere Umlaufbahn

4 Zündung zur Erhöhung des Apogäums

Zweites Orbitalmanöver zum Erreichen der hohen Erdumlaufbahn für eine 42-Stunden-Systemkontrolle

5 Naher Betrieb

5a Trennung von der zweiten Stufe

5b Astronaut*in kontrolliert Orion um dessen Fähigkeiten zu demonstrieren

6 Einschuss in die translunare Umlaufbahn

Das Haupttriebwerk des europäischen Servicemoduls am Raumschiff Orion zündet, um es zum Mond zu befördern

7 Antriebslose Flugphase

Viertägiger Flug zur Mondumlaufbahn, bei Bedarf mit einer Korrektur durch das europäische Servicemodul

8 Mondvorbeiflug

7500 km von der Mondoberfläche entfernt

9 Zurück zur Erde

Viertägiger Flug mit Korrekturen der Flugbahn für die Rückkehr durch die Hilfstriebwerke des europäischen Servicemoduls von Orion

10 Trennung des Servicemoduls

Trennung des europäischen Servicemoduls und des Besatzungsmoduladapters vom Besatzungsmodul

11 Wiedereintritt des Besatzungsmoduls

Verglühen des europäischen Servicemoduls und des Besatzungsmoduladapters

12 Wasserlandung

Pazifischer Ozean

Flug von Artemis II

CategoryTrajectory Artemis 2

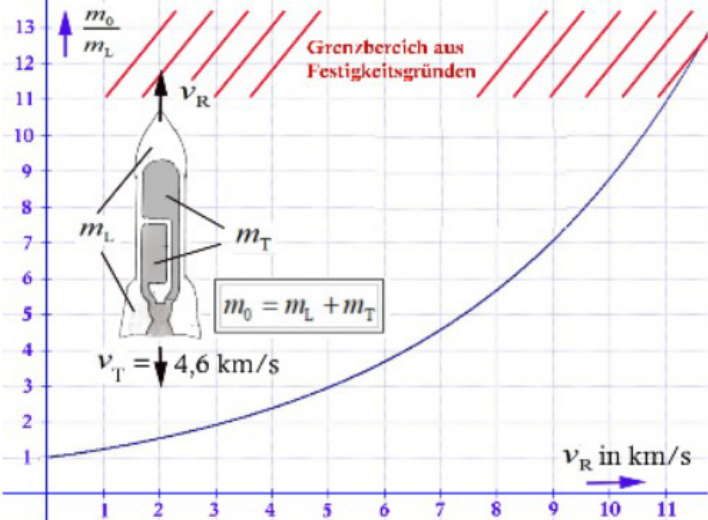
Video

Quelle: WikimediaCommons.webm







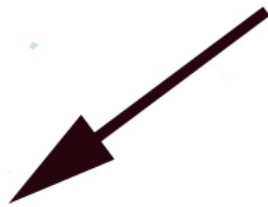
Inhalt	Sekundarstufe 1	Sekundarstufe 2
Anziehungskraft Mond und Erde	<i>Animation: Moonjump</i> und Vergleich der Zeiten und Sprunghöhen bei gleicher Absprunggeschwindigkeit $\frac{t_E}{t_M} = 6$	$F_E = \frac{G \cdot M_E \cdot m}{R_E^2} \quad F_M = \frac{G \cdot M_M \cdot m}{R_M^2}$ $\frac{F_E}{F_M} = \frac{G \cdot M_E \cdot m}{R_E^2} \cdot \frac{R_M^2}{G \cdot M_M \cdot m} = \frac{M_E}{M_M} \left(\frac{R_M}{R_E} \right)^2 = 6$
Kreisbahngeschwindigkeit und Fluchtgeschwindigkeit	<i>Animation: Erdumlauf</i> Einstellung der Startgeschwindigkeit des Abwurfes aus 200km Höhe und Beobachtung des Bahnverlaufes 28000km/s = 7,8 km/s und 40000km/s = 11,1km/s	$\frac{v_K^2 \cdot m}{R} = \frac{G \cdot M_E \cdot m}{R_E^2} \Rightarrow v_K = \sqrt{\frac{G \cdot M_E}{R_E}} = 7,9 \text{ km/s}$ $v_{F_E} = \sqrt{\frac{2G \cdot M_E}{R_E}} = 11,2 \text{ km/s}$
Raketengleichung	 The diagram shows a rocket with total mass m_0 (payload m_L, tank m_T) and initial velocity $v_T = 4,6 \text{ km/s}$. A graph plots velocity v_R in km/s against the mass ratio $\frac{m_0}{m_L}$. The curve starts at (1, 1) and rises exponentially. A red hatched area above the curve is labeled 'Grenzbereich aus Festigkeitsgründen'.	Impulserhaltungssatz $v_T \cdot dm = -m \cdot dv_R$ $\int_0^{v_R} dv_R = -v_T \int_{m_0}^{m_L} \frac{dm}{m}$ $v_R = v_T \cdot \ln \frac{m_0}{m_L}$ $\frac{m_0}{m_L} = e^{\frac{v_R}{v_T}}$

Flug zum Mars

- Hinflug 257 Tage (nur alle 2 Jahre möglich)
- Aufenthalt Mars 472 Tage
- Rückflug 241 Tage

Gesamtzeit 970 Tage = 2,65 Jahre

Maßnahmen bei großer Last



**Erhöhung der
Austritts-
geschwindigkeit
(z. B. Nuklear-
antrieb)**



**Nachtanken
der Rakete
nach Abflug,
Mehrere Raketen
einsetzen**



Start vom Mond

**Wie weit sind wir mit Artemis und
was ist noch geplant?**

ARTEMIS I

First Mission
(Uncrewed Flight Test)



COMPLETE

ARTEMIS II

First Crew



April 2026

ARTEMIS III

First Human Surface Landing



Juli 2027

Artist's Concept



ARTEMIS IV

First Lunar Space Station
Assembly Mission



Juli 2028

Artist's Concept



ARTEMIS V

Crewed Mobile Surface Exploration,
Gateway Expansion

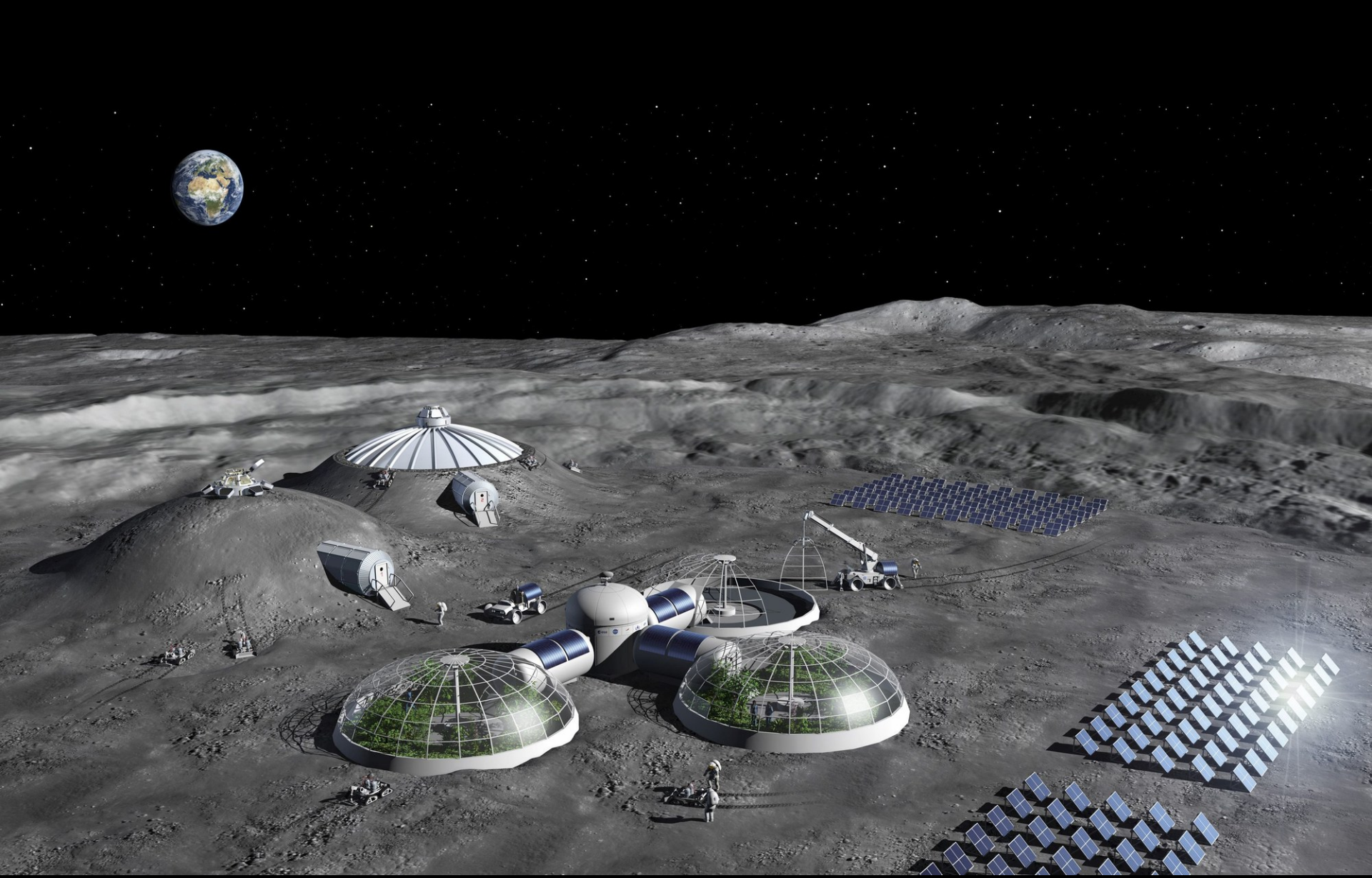


Juli 2029

Artist's Concept

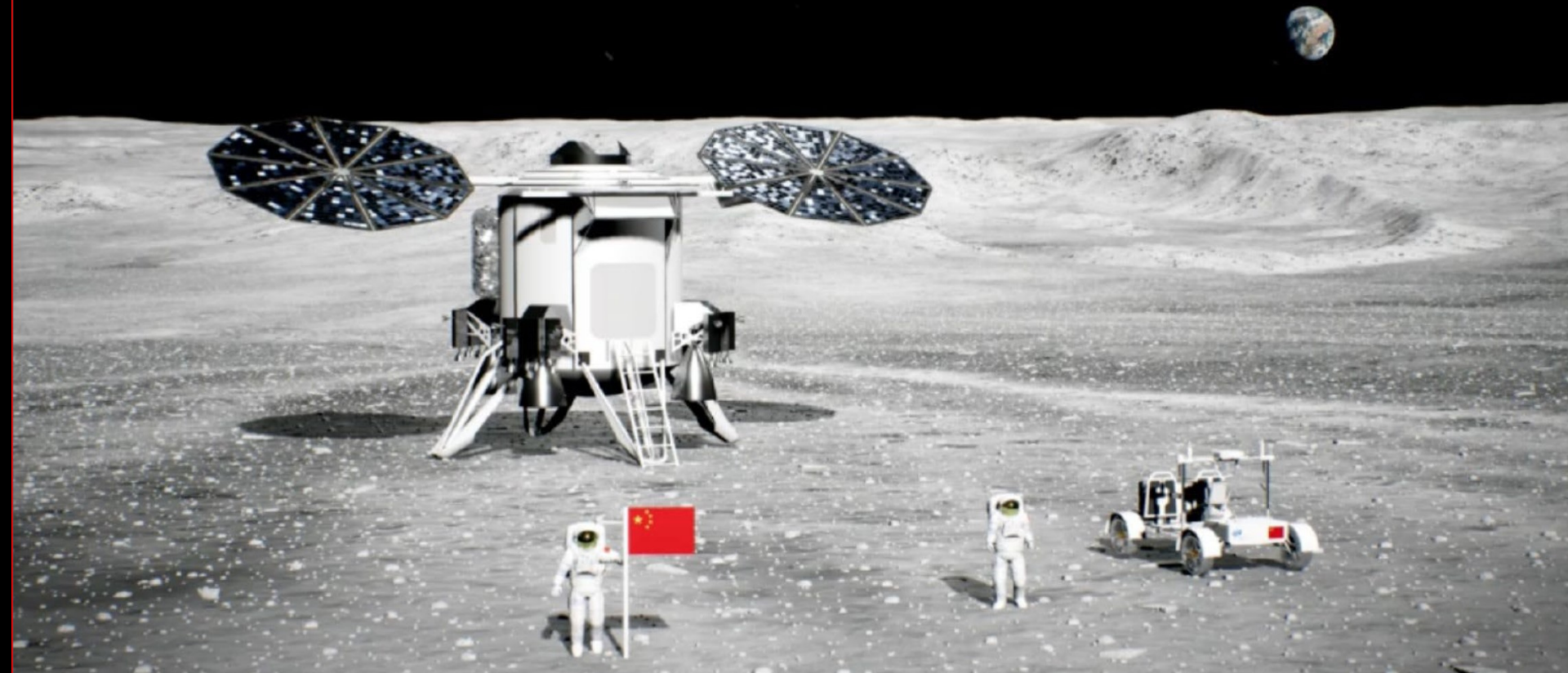
Missionsname	Startdatum (UTC)	Besatzung	Rakete ^[19]	Dauer	Missionsprofil	Anmerkungen
Exploration Flight Test 1	5. Dezember 2014 16:29	unbemannt	Delta IV Heavy	4 Stunden, 24 Minuten	Flugtest der Orion im Orbit der Erde	Erfolg
Ascent Abort-2	2. Juli 2019 11:00 ^[20]	unbemannt	ATB	ca. 3 Minuten	Test des Rettungssystems im Flug	Erfolg ^[21]
Artemis 1 ^[22]	16. November 2022 06:47 ^[3]	3 Dummies ^[23]	SLS Block 1 ^[22]	25 Tage, 10 Stunden, 53 Minuten ^[24]	unbemannter Testflug mit Mondumrundung.	Erfolg
Geplante Starts						
Artemis 2	April 2026	4	SLS Block 1		erste Orion- Mission mit Astronauten, Umrundung des Monds	
Artemis 3	Mitte 2027	4	SLS Block 1		bemannte Landung in der Mondsüdpolregion	
Artemis 4	2028	4	SLS Block 1B		bemannte Mondlandung	
Artemis 5 und folgende	jährlich ab 2029	4	SLS Block 1B		bemannte Mondlandungen	

Missionsname	Startdatum (UTC)	Besatzung	Rakete ^[19]	Dauer	Missionsprofil	Anmerkungen
Exploration Flight Test 1	5. Dezember 2014 16:29	unbemannt	Delta IV Heavy	4 Stunden, 24 Minuten	Flugtest der Orion im Orbit der Erde	Erfolg
Ascent Abort-2	2. Juli 2019 11:00 ^[20]	unbemannt	ATB	ca. 3 Minuten	Test des Rettungssystems im Flug	Erfolg ^[21]
Artemis 1 ^[22]	16. November 2022 06:47 ^[3]	3 Dummies ^[23]	SLS Block 1 ^[22]	25 Tage, 10 Stunden, 53 Minuten ^[24]	unbemannter Testflug mit Mondumrundung.	Erfolg
Geplante Starts						
Artemis 2	Start 2x April 2026 verschoben	4	SLS Block 1		erste Orion-Mission mit Astronauten, Umrundung des MONDS	2x Raketenprobleme
Artemis 3	Startet Mitte 2027 ohne Landung	4	SLS Block 1		bemannte Landung in der MONDSÜDPOLREGION	Test mit Mondlandefähren
Artemis 4	2028	4	SLS Block 1 B		bemannte Mondlandung	keine Raketen-
Artemis 5 und folgende	jährlich ab 2029	4	SLS Block 1 B		bemannte Mondlandungen	erweiterung



Chinas kommendes Jahrzehnt auf dem Mond

- 2026 - Chang'e 7: Südpol-Ressourcen mit Orbiter, Lander, Rover und Hopper.
- 2028 - Chang'e 8: Technologiemission in Vorbereitung auf eine bemannte Mission. Rover, Hopper, 3D-Druck-Versuche mit Regolith, Scouting Landeplatz für bemannte Mission
- 2030 - Beginn bemannter Landungen. Danach etwa jedes Jahr eine Landung.
- 2035 – Baubeginn der bemannten chinesischen Mondstation.



**Wird es demnächst eine
bewohnte Mondstation geben?**



**Wie könnte diese
Mondbasis aussehen?**

**Wie entwickeln sich die
Raketen?
Wird es bald für Mond
und Mars nur noch
Raketen von Musk geben?**



**Was können wir von
Artemis 3 und 4
erwarten?**

**Werden wir bemannt zum Mars vom Mond
oder doch von der Erde starten?**

The background of the slide is a deep space image featuring a dark, star-filled sky. Numerous small, distant stars are visible, some appearing as bright points of light and others as fainter, reddish or bluish specks. Three prominent galaxies are visible: a vertical, elongated, and somewhat irregular galaxy on the left side, and two spiral galaxies on the right side, one near the top and one near the bottom. The text is centered in a yellow, serif font.

Vielen Dank

für das Interesse

und die Mitarbeit