

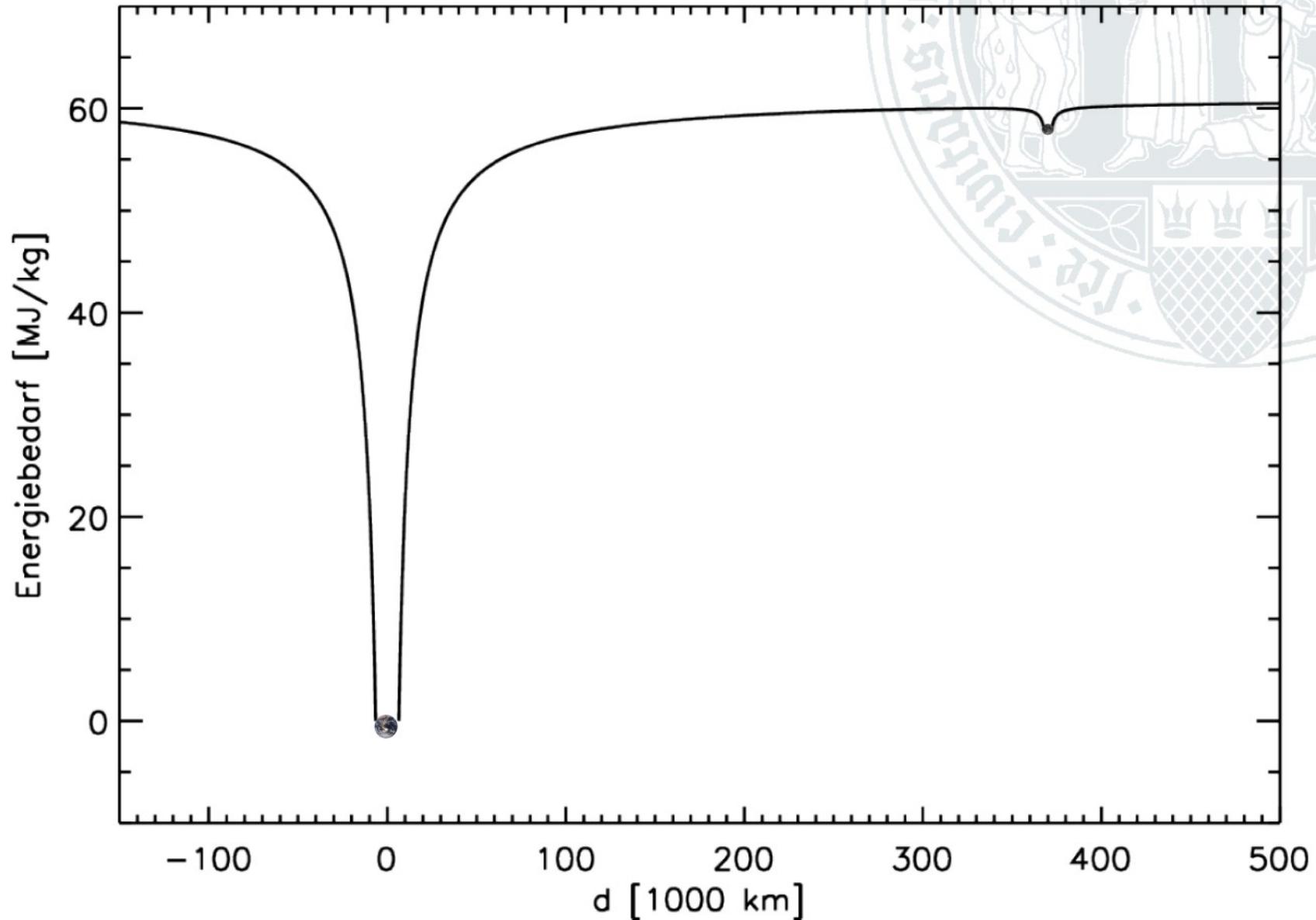
Warum es Trump nicht auf den Mond schafft!



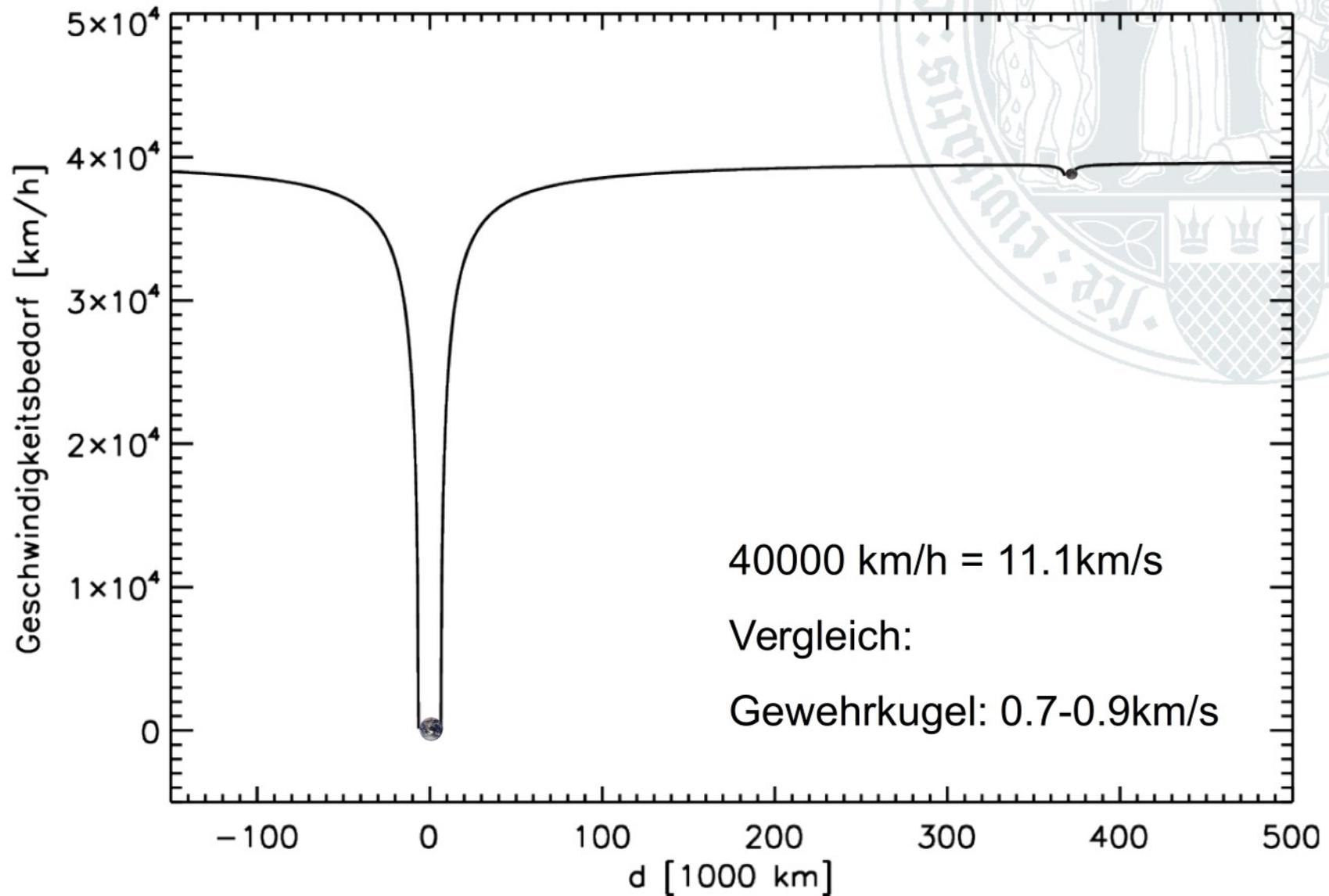
**Neil Armstrong (21.7.1969):
That's one small step for (a) man,
one giant leap for mankind."**

Was ist das Problem?

Schwerefeld der Erde:

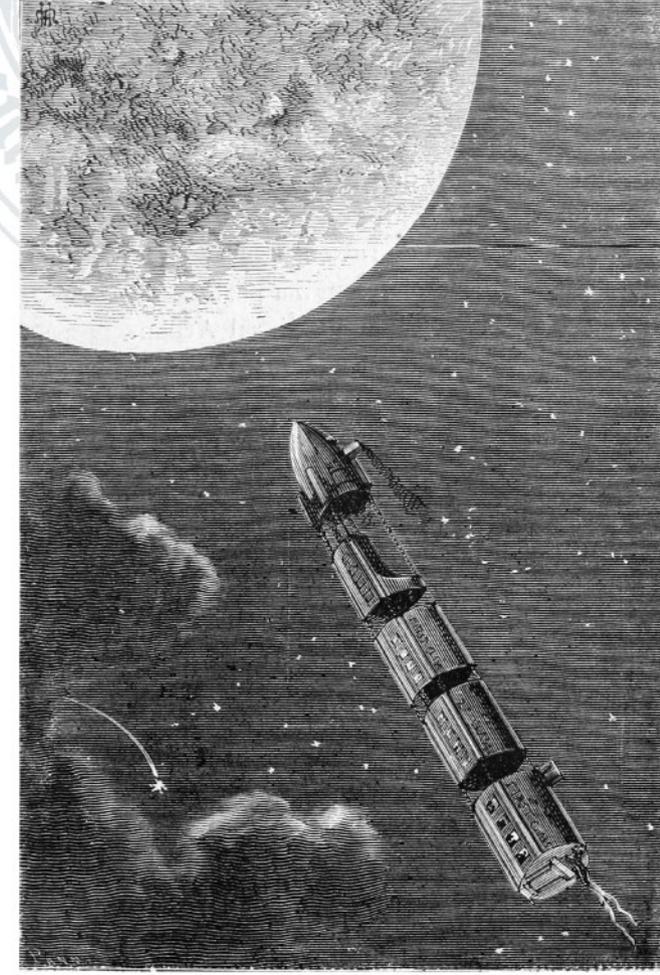
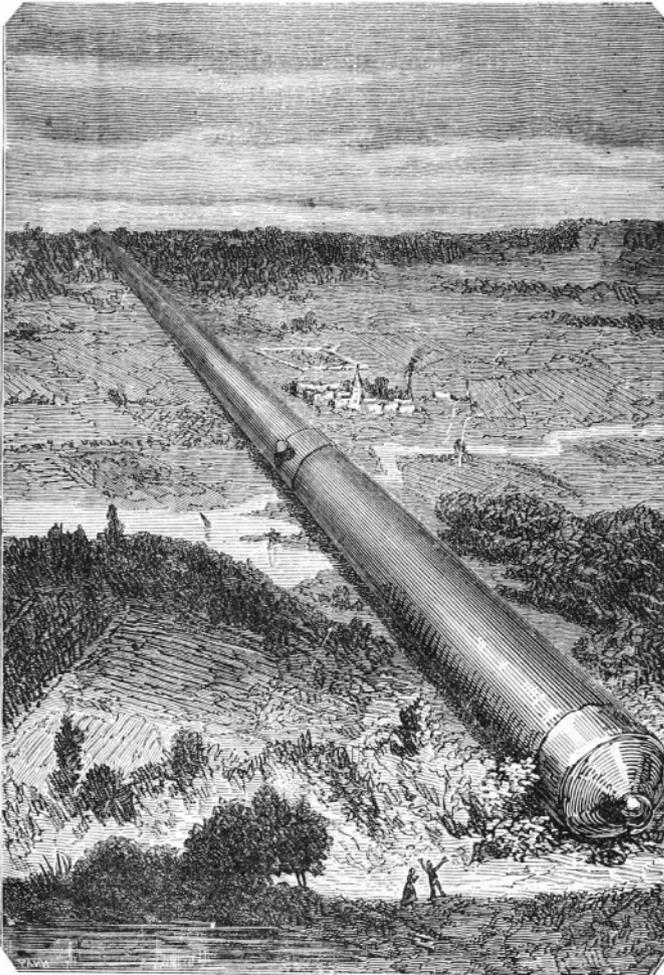


Überwindung durch Geschwindigkeit (kinetische Energie):



Braucht sehr lange Kanone

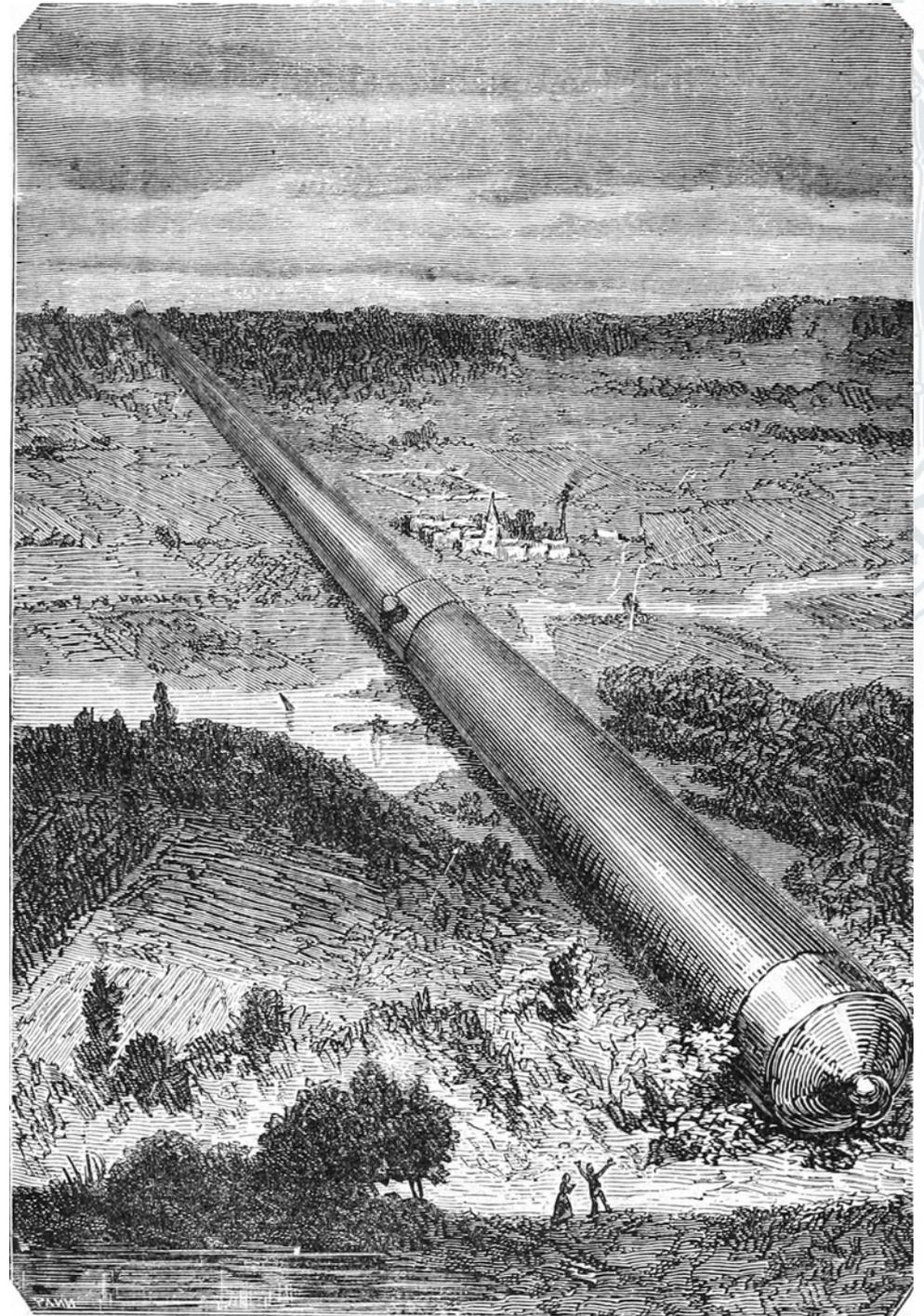
- “Von der Erde zum Mond”, Jules Verne (1865)



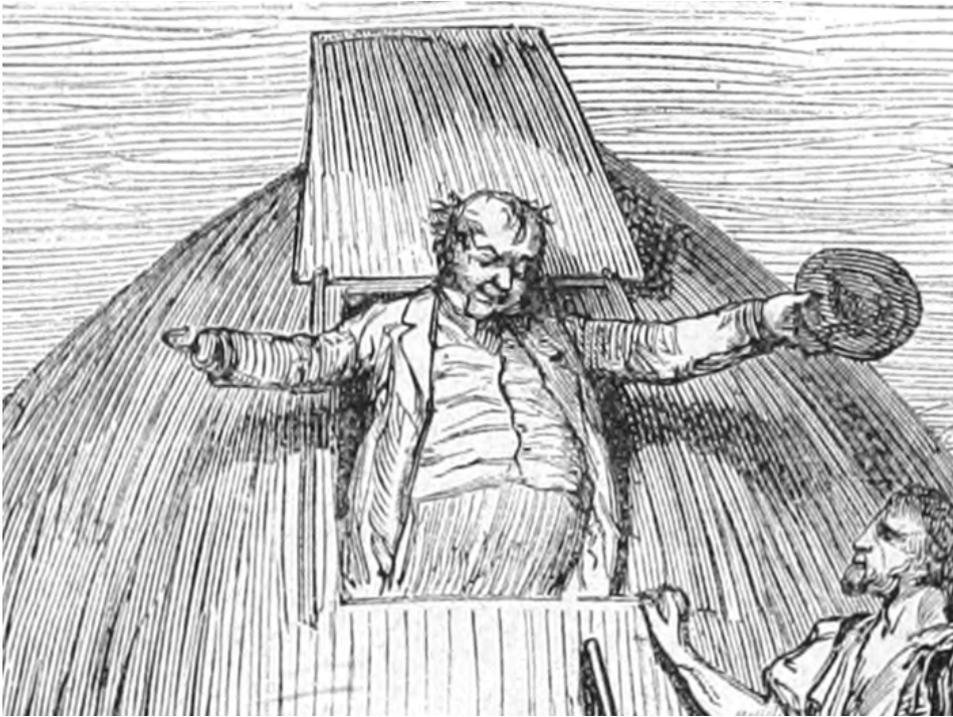
Illustrationen: Henri de Montaut (1868)

Nachrechnen

- Kanonenrohrlänge: 270m
- Endgeschwindigkeit: 11.1km/s



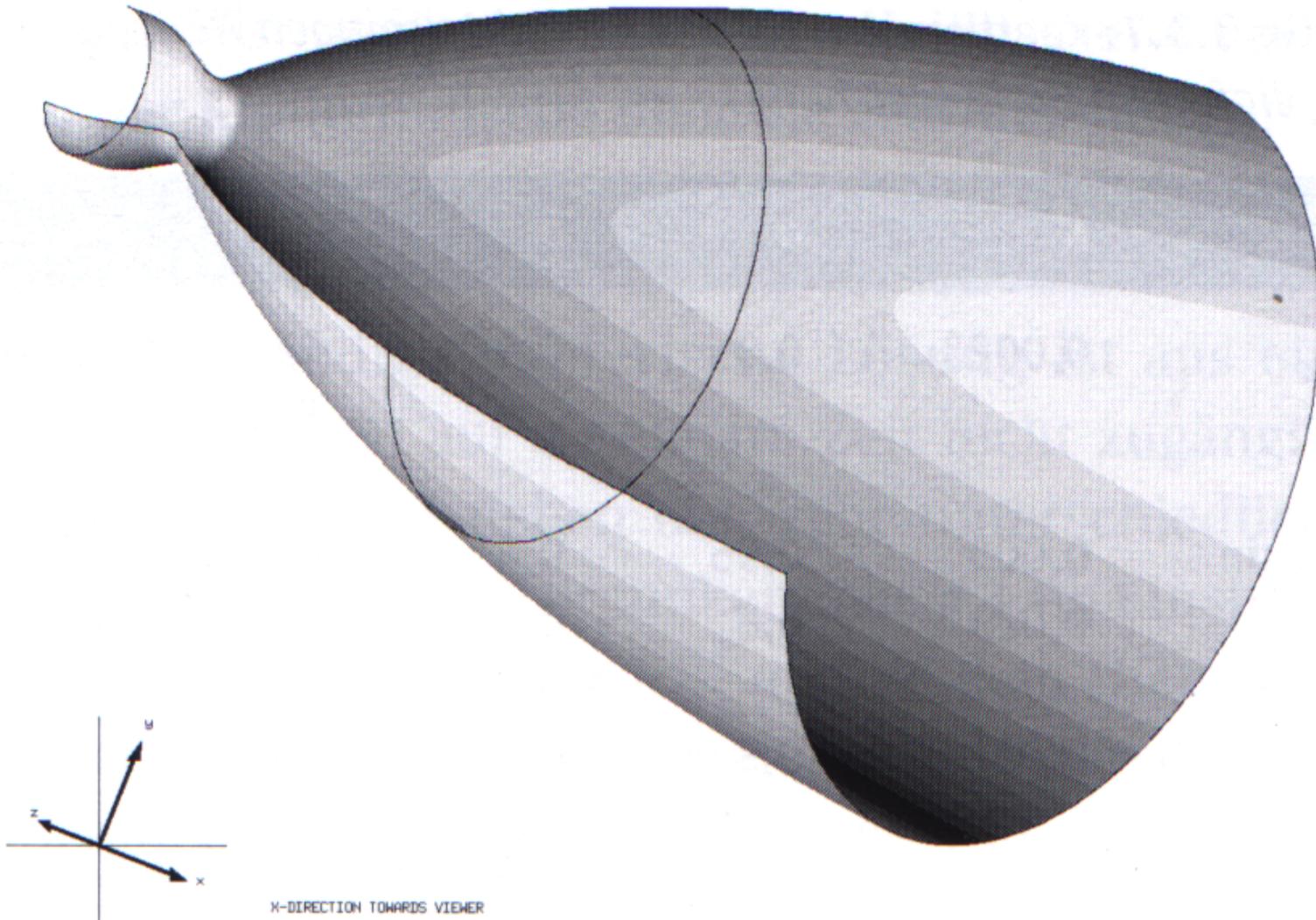
Ergebnis



- $227500\text{m/s}^2 = 23000 g_0$

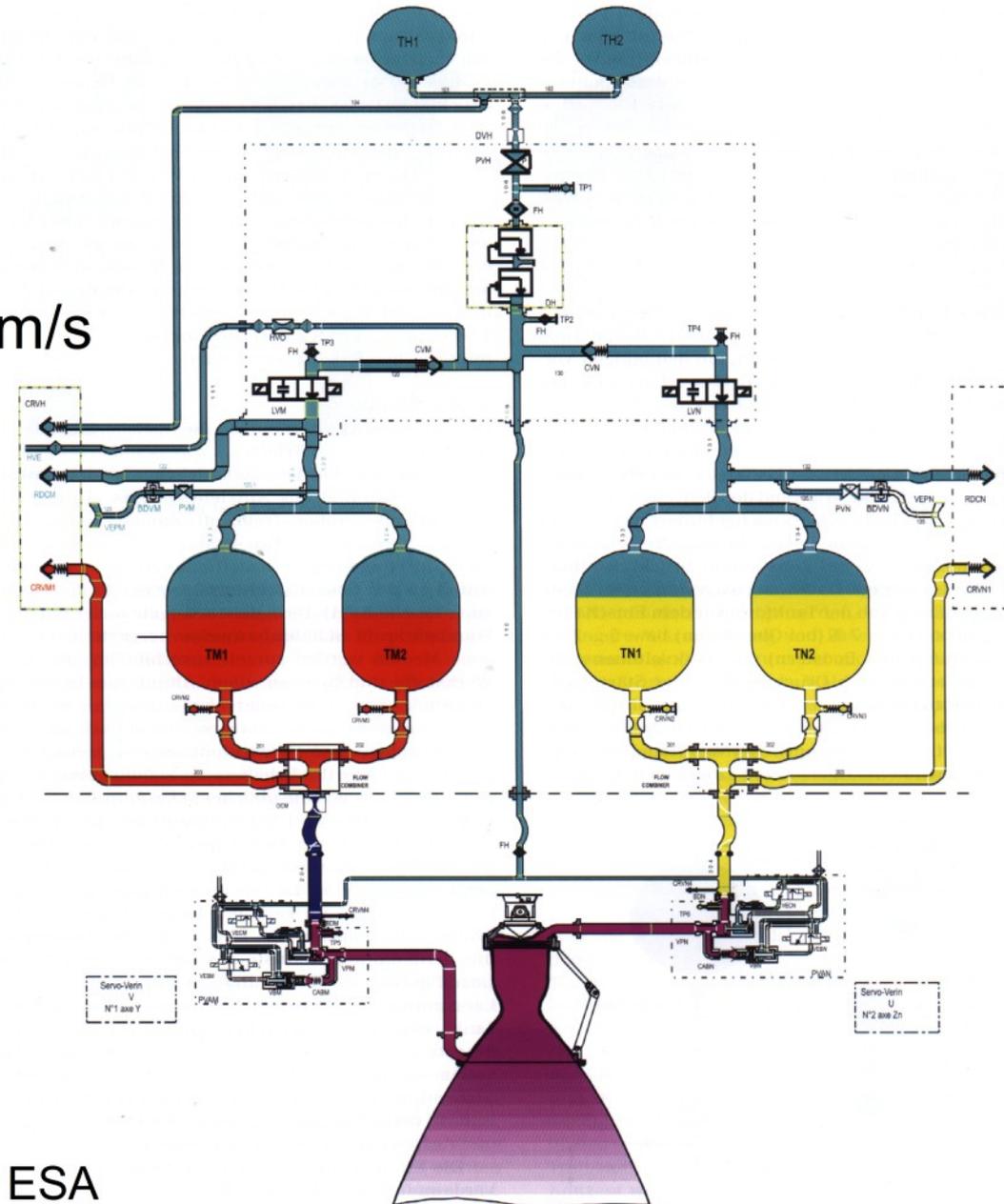
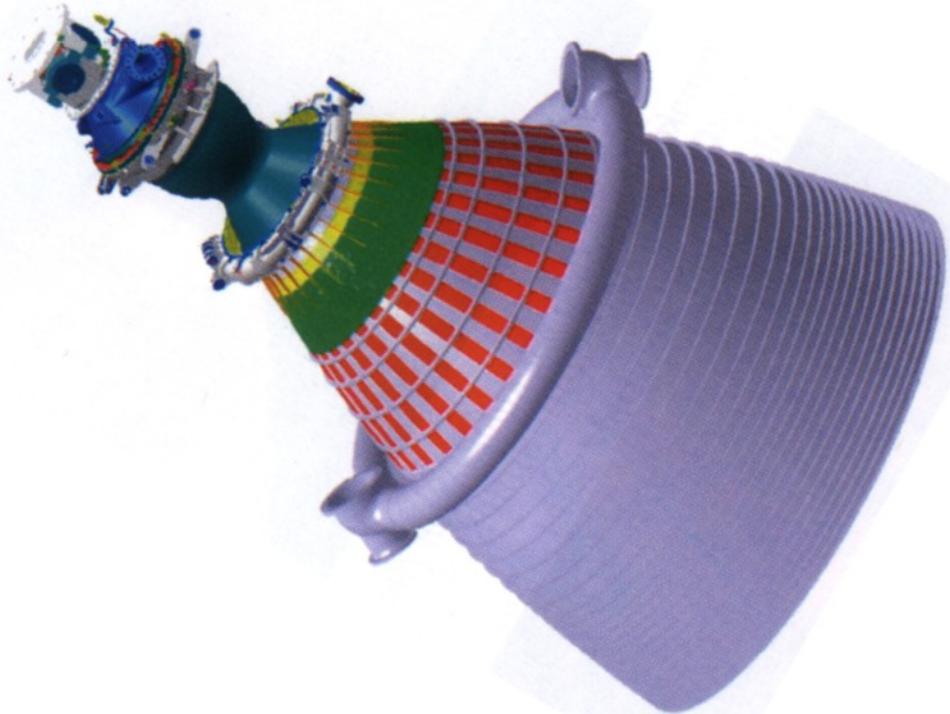
Lösung

- “Kanonenrohr mitführen”



Triebwerke

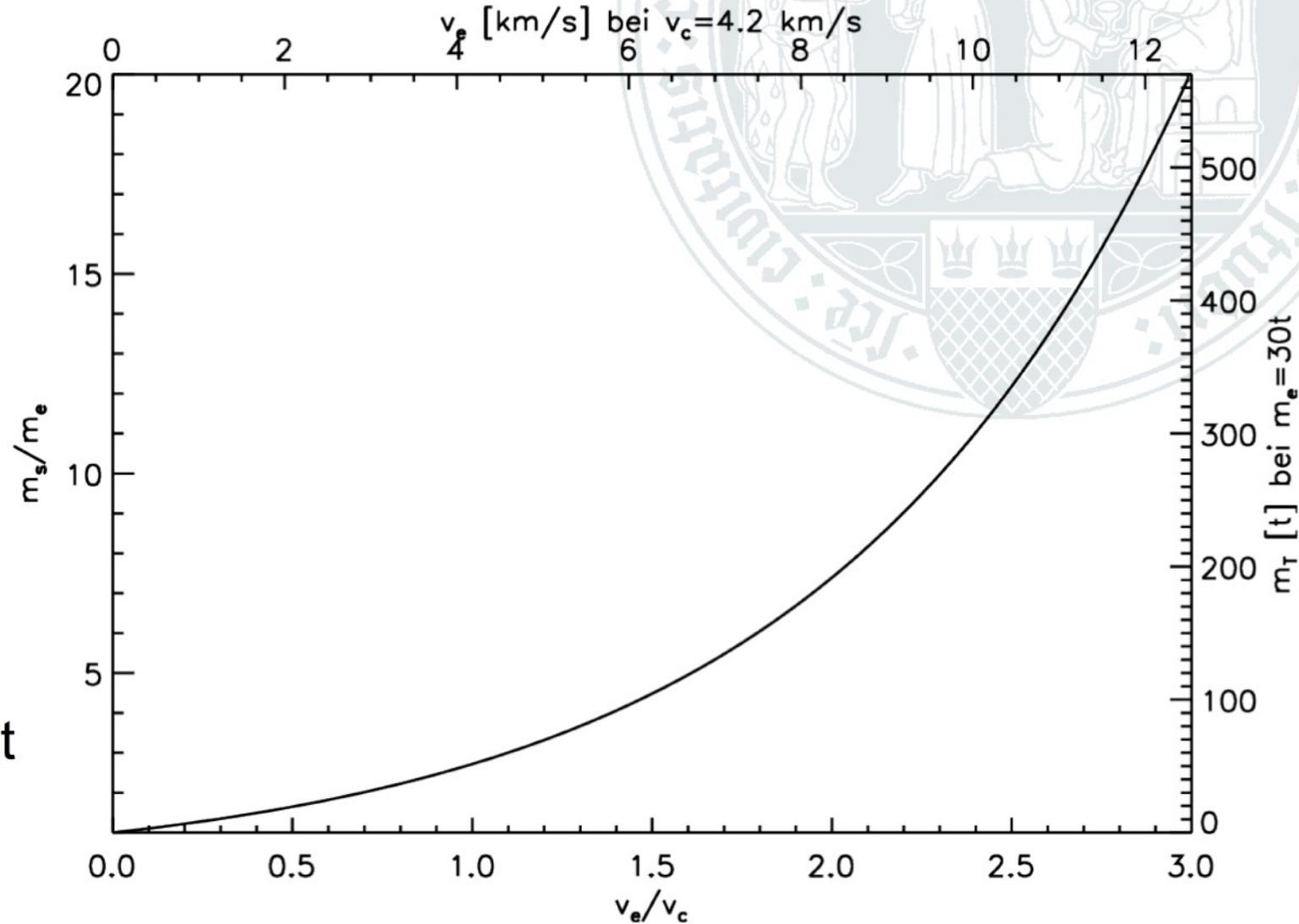
- Bsp: **Vulcain 2**: Ausströmgeschwindigkeit 4.2 km/s
- Vergleich: Explosion
 - Knallgas ($H_2 + O_2$): 2km/s
 - TNT: 6.9km/s



Vulcain-2-Triebwerk der Ariane 5 ECA der ESA

Treibstoff

Ziolkowski-Gleichung (1903):



Saturn V:

- 1. Stufe: 2200t
- 2. Stufe: 450t
- 3. Stufe: 105t

Es kommt doch auf die Größe an!



Heute

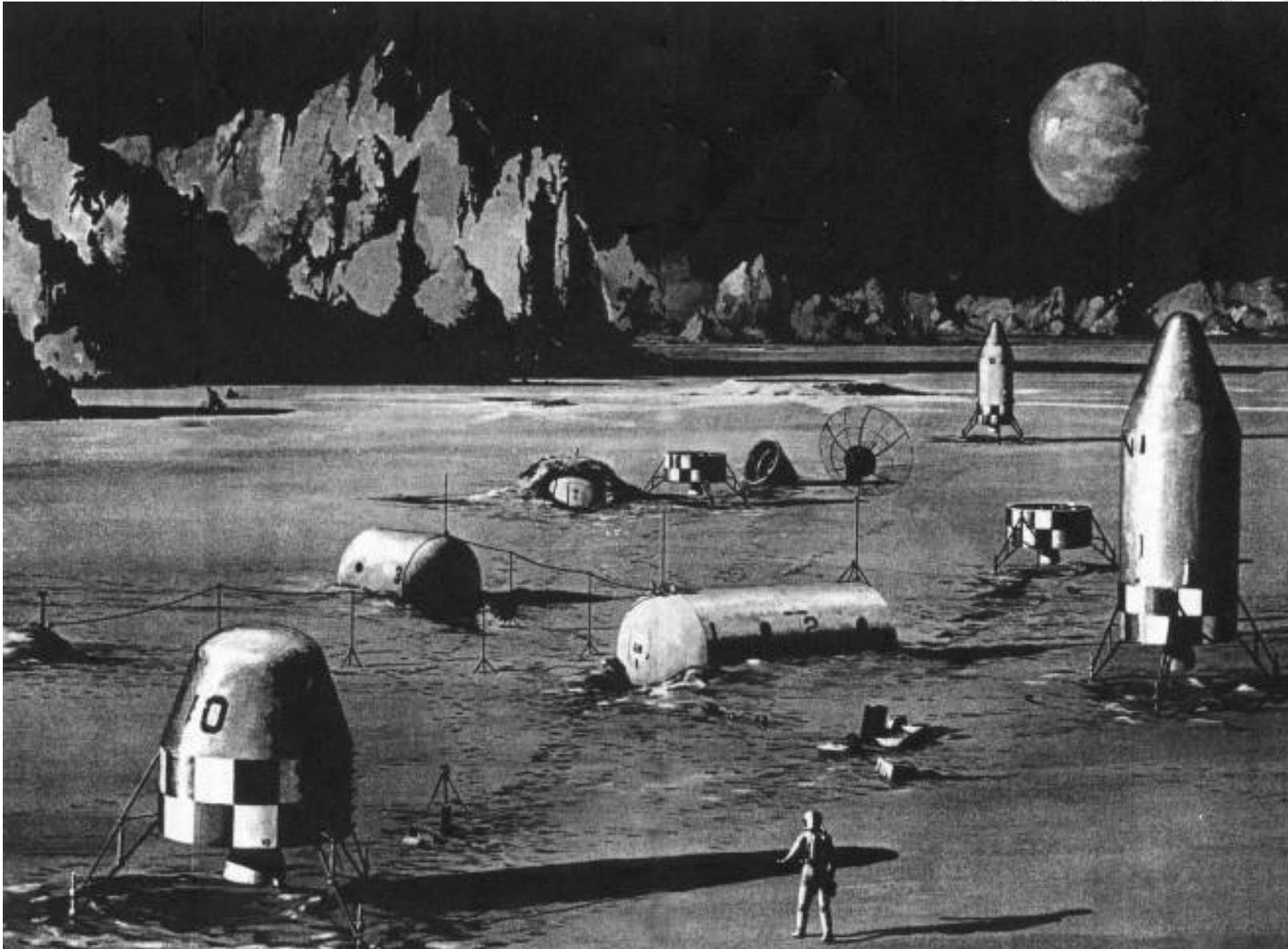


Falcon-9-Startvorbereitung am 1.9.2016

- Bisher 126 Mondmissionen weltweit, nur 59 erfolgreich

Warum 30t?

- Vergleich: “One-Way Manned Space Mission”: **800kg Lander**



NASA 1962:
John M. Lord &
Leonard M.
Seale

Warum 30t?

- Rückkehrmöglichkeit:
 - Treibstoff
 - Wiedereintritt: 1200-1700K

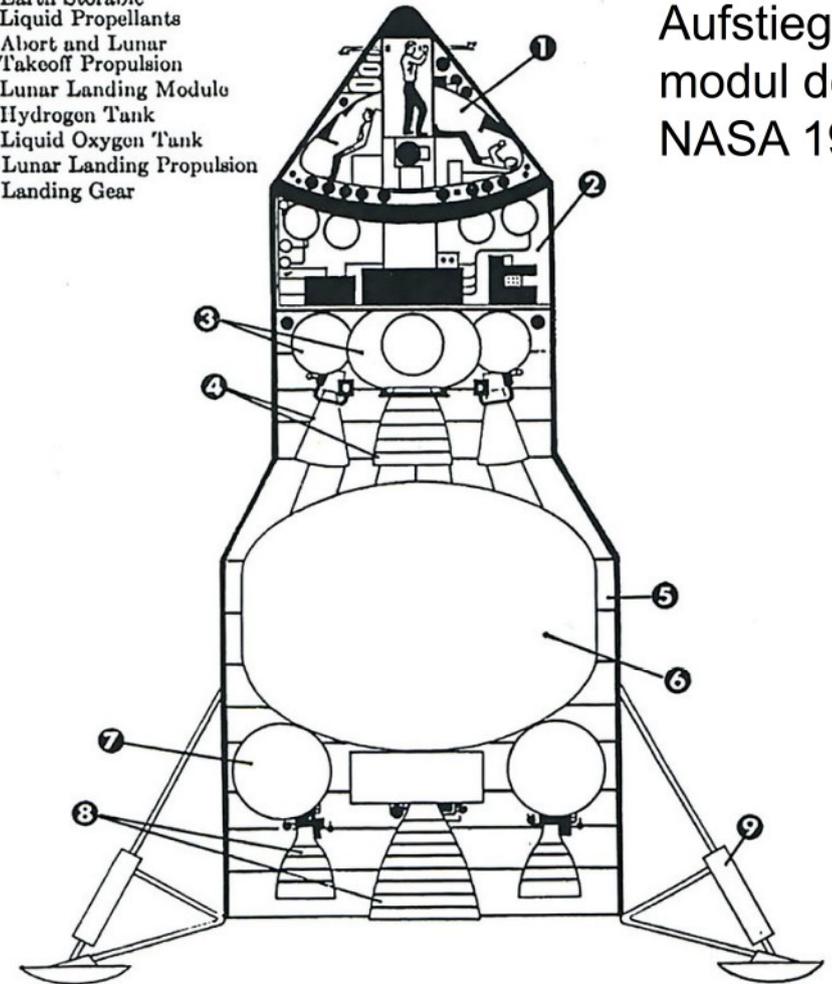


Apollo AVCOAT design: 370000 Zellen



Columbia-Disaster 1.2.2003

1. Command Module
2. Equipment Storage
3. Earth Storable Liquid Propellants
4. Abort and Lunar Takeoff Propulsion
5. Lunar Landing Module
6. Hydrogen Tank
7. Liquid Oxygen Tank
8. Lunar Landing Propulsion
9. Landing Gear



Warum 30t?

- Sauerstoff: 0.8kg/d/Astronaut
- Wasser: 3.1-3.6kg/d/Astronaut
- Nahrung: 0.6kg/d/Astronaut
- Thermalkontrolle: 160°C ... +130°C auf dem Mond → 20°C
- Strahlenschutz
- Brandschutz
- Luftaufbereitung
- Kommunikation
- Energieerzeugung
- Rettungssystem: Absprengtriebwerke (Launch escape system)
- ...



Warum 30t?

- **Sauerstoff:** 0.8kg/d/Astronaut
- **Wasser:** 3.1-3.6kg/d/Astronaut
- **Nahrung:** 0.6kg/d/Astronaut
- **Thermalkontrolle:** 160°C ... +130°C auf dem Mond → 20°C
- **Strahlenschutz**
- **Brandschutz**
- **Luftaufbereitung**
- **Kommunikation**
- **Energieerzeugung**
- **Rettungssystem:** Absprengtriebwerke
- ...

Zerstörung einer der beiden Dragon-Kapseln
beim Test der Absprengtriebwerke am 20.4.



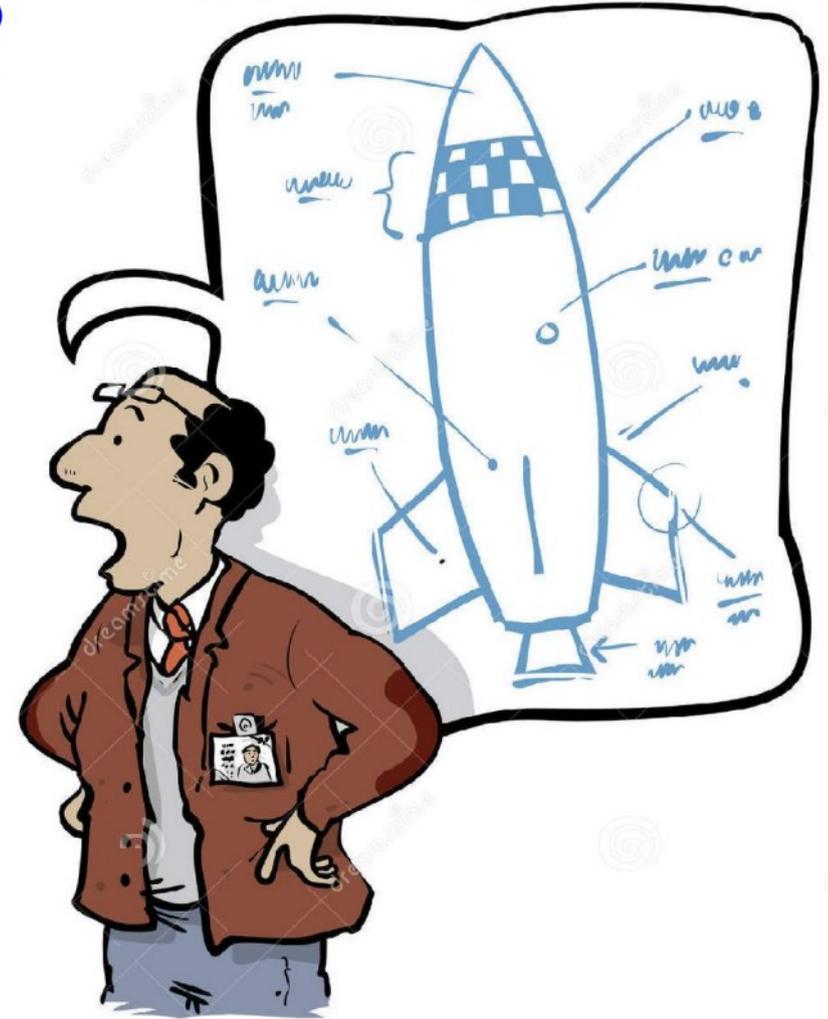
Risikomanagement

- Neil Armstrong *“I would rate it a 50-50 chance of making it back.”*
- Michael Collins: *“It was 10% shrewd planning and 90% blind luck”*
- vorbereitete Rede von Richard Nixon: *“Fate has ordained that the men who went to the moon to explore in peace will stay on the moon to rest in peace. ...”*
- NASA: Überlebenswahrscheinlichkeit für Apollo 11: 5%



Was ist also nötig?

- 1965: 400 000 Angestellte im Apollo-Programm



- Schätzung: 133 Mrd \$
- Apollo: 120 Mrd \$ (heutige Kaufkraft)

Wer schafft es?

- SpaceX, Blue Origin, Boeing ?

- China?

Vehicle	Overall Launches (Failures)	By Orbit	
		Earth-Orbit LEO	>LEO
China	28(2)	17(2)	11(0)
Russia	19(0)	11(0)	8(0)
United States	16(0)	9(0)	7(0)
New Zealand	5(0)	5(0)	-
Europe	5(1)	2(1)	3(0)
India	4(0)	3(0)	1(0)
Japan	2(0)	2(0)	-
Ukraine	2(0)	2(0)	-
Iran	2(2)	2(2)	-
Israel	-	-	-
North Korea	-	-	-

2019 (bis 24.11.)



Künstlerische Darstellung der SpaceX BFR auf dem Flug zum Mond

- Bemannte Mondflüge um 2030 geplant



Panoramaaufnahme von der Mondrückseite mit Rover Yutu-2, Mai 2019

Noch Fragen?



Unerwartete Probleme

Hauptproblem auf allen bemannten Mondmissionen:

- Regolith-Staub
 - sub- μm bis ca. 100 μm -Größe
 - Glasig, scharfkantig
 - elektrisch aufgeladen
 - “Klebt” an allen Oberflächen
 - Blockiert Scharniere der Raumanzüge
 - Raspelt sich durch bewegtes Material
 - 3-lagiges Kevlar der Raumstiefel von Harrison Schmitt
 - Blockiert Fenster der Helme und Kameras

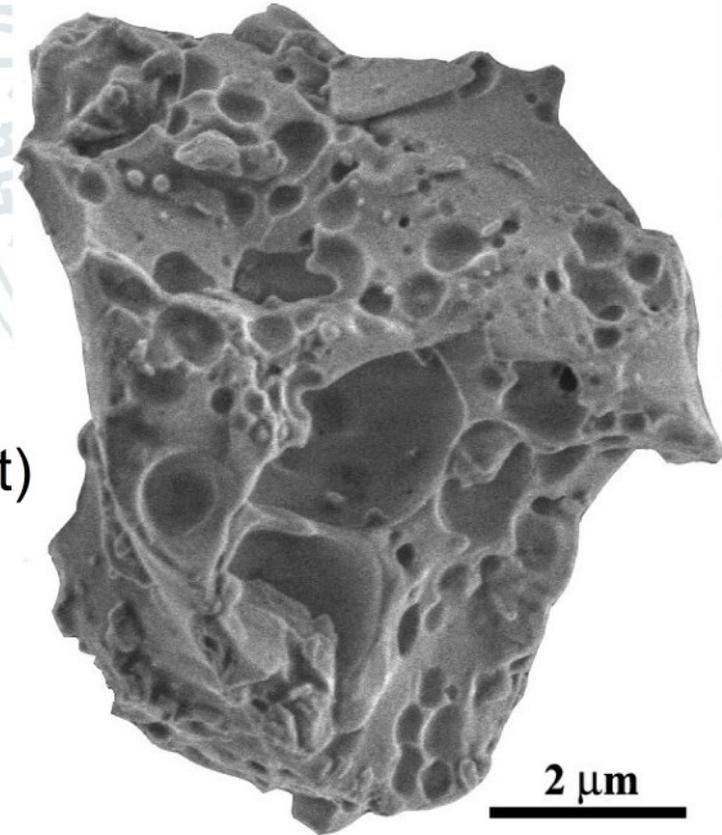


Harrison Schmitt – Apollo 17

Mondstaub

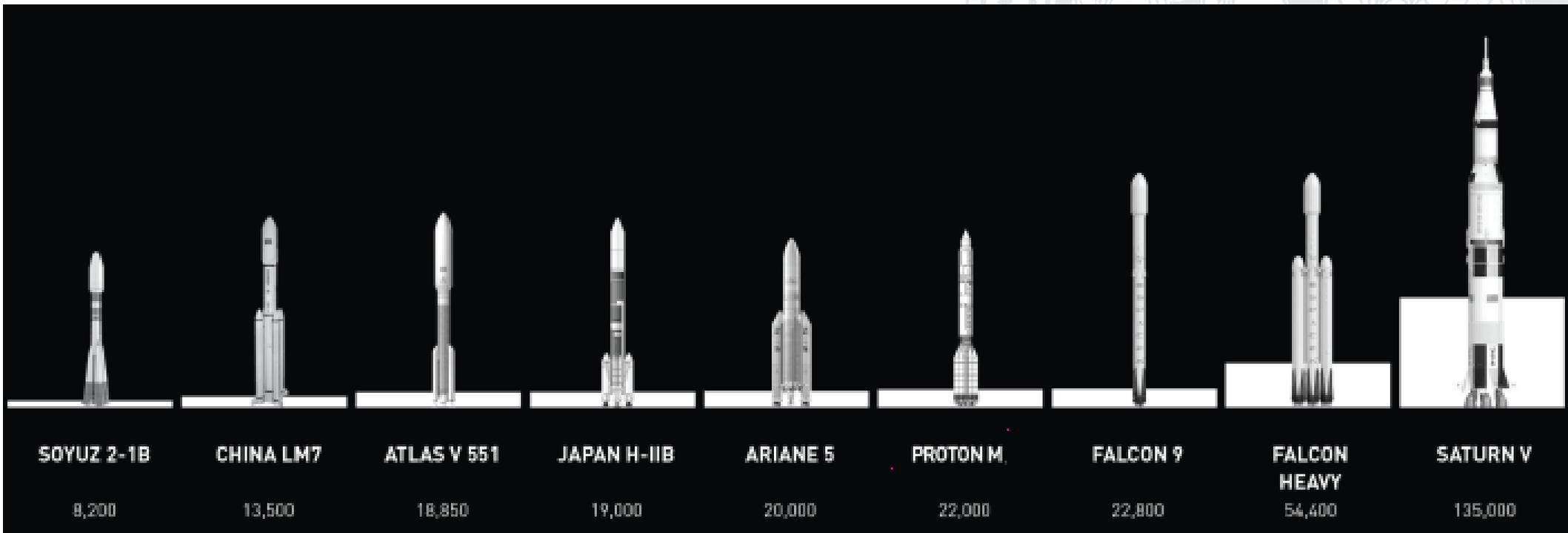
Scharfkantige Staubteilchen:

- Werden unter Atmosphärenbedingungen im Inneren des Landemoduls freigesetzt
 - “Mond-Heuschnupfen”
 - Form der Silikose (Bergarbeiter-Krankheit)
 - Teilchen gelangen in die Lunge und zerschneiden Lungenbläschen
 - Eisenabgabe in die Blutbahn
- Gegenmaßnahmen:
 - Elektrostatische oder magnetische “Entstauber”
 - Weder ausgereift noch praktisch erprobt



Trägersysteme

- Leistungsvergleich:



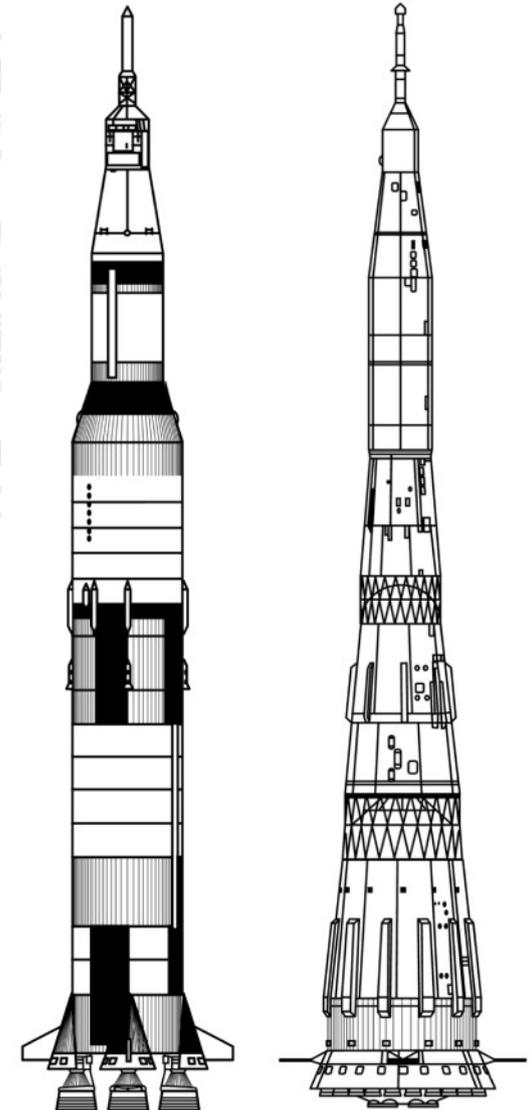
Masse (kg), die die verschiedenen Trägersysteme in den niedrigen Erdorbit (LEO) bringen können (Geschwindigkeitsaufwand 7.9km/s)

- Es gibt kein aktuell verfügbares System, das 30t bis zum Mond bringen könnte!
- Entwicklung: **BFR** (Big Falcon Rocket - SpaceX)

Trägersysteme

- Entwicklung riskant, aufwendig, teuer
- Sowjetisches System für bemannte Mondmissionen: **N1**
 - 4-Stufen-Konzept
 - Ähnliche Größe wie Saturn V,
etwas weniger leistungsstark (95t in LEO)
 - 4 Fehlstarts

N1-Startversuch am 3.7.1969
war die größte nichtnukleare
Explosion der Geschichte.
Dauer der Aufräumarbeiten:
18 Monate



Größenvergleich Saturn V - N1

- N1-Programm 1974 aufgegeben