



DER ANTRIEB AKTUELLER WELTRAUMPROJEKTE

RAKETENMOTOREN









INHALT

- Von der Erde in den Kosmos
- Raketenprinzip
- Raketenmotoren
- Ausblick

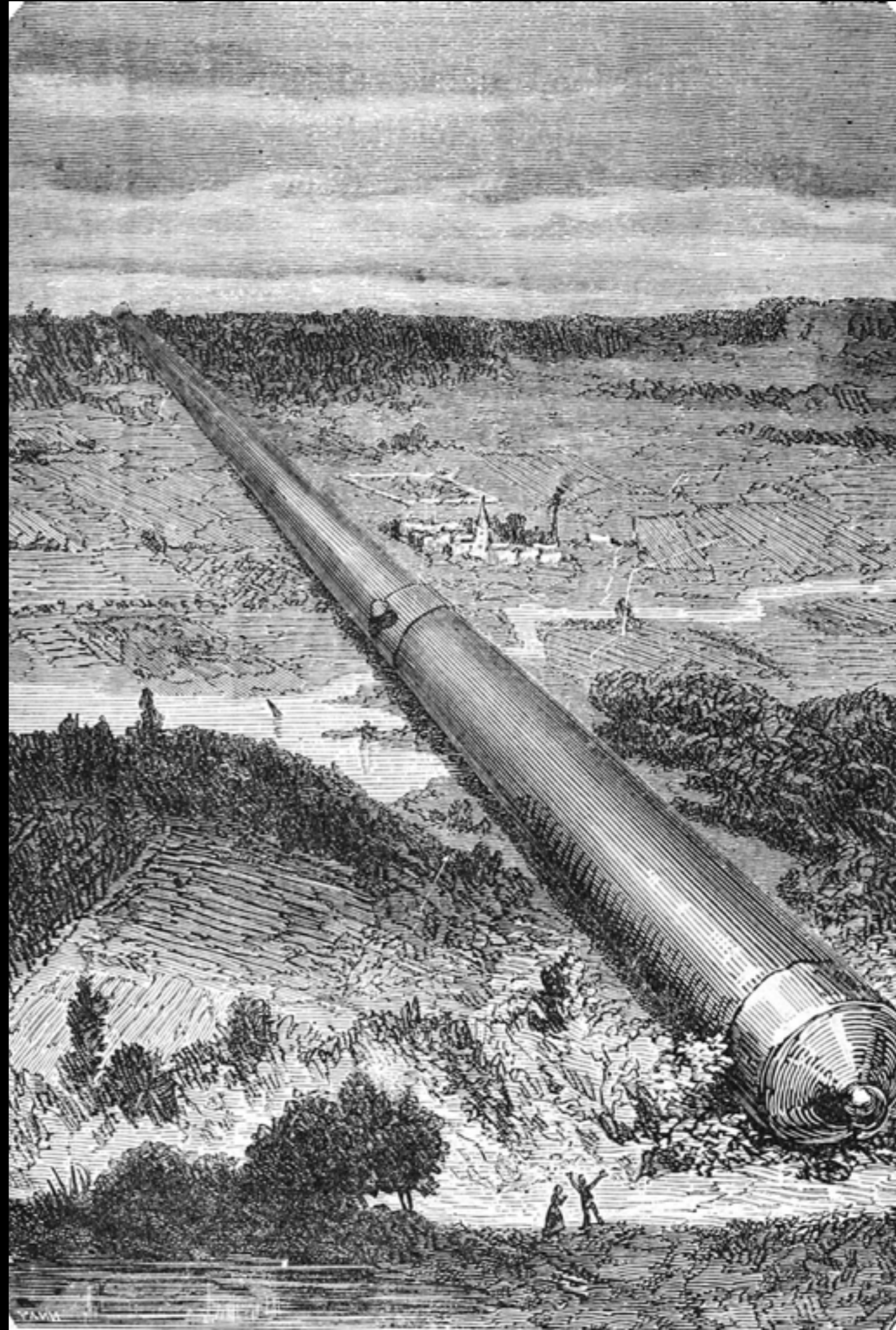




VON DER ERDE IN DEN KOSMOS

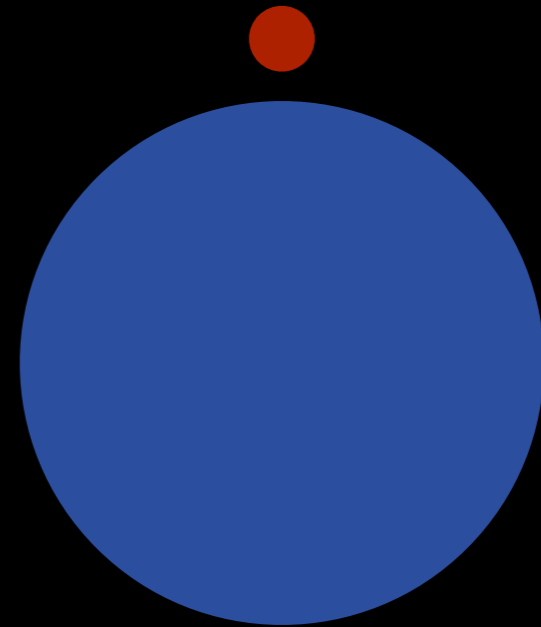
JULES VERNES

ALTER MENSCHHEITS- TRAUM



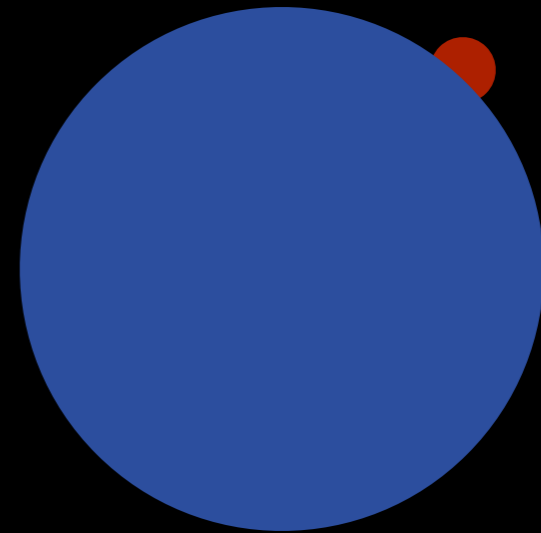
BALLISTISCHE FLUGBAHN

- roter Körper bewegt sich mit einer Geschwindigkeit v parallel zur Oberfläche vom blauen Körper
- Gravitation des blauen Körpers zieht roten Körper an (Freier Fall)



BALLISTISCHE FLUGBAHN

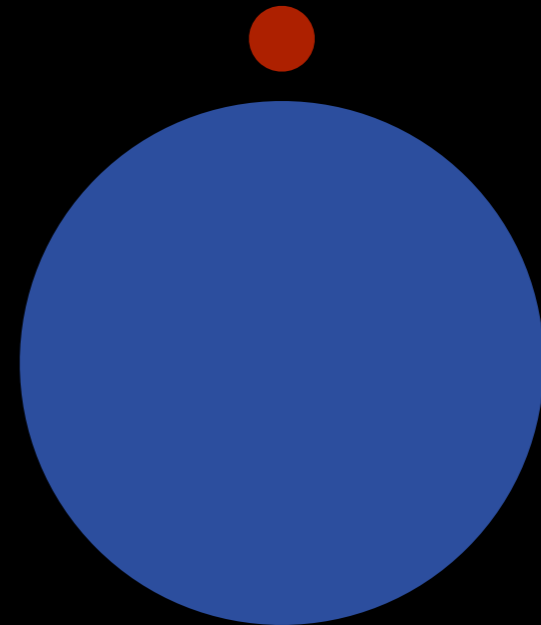
- roter Körper bewegt sich mit einer Geschwindigkeit v parallel zur Oberfläche vom blauen Körper
- Gravitation des blauen Körpers zieht roten Körper an (Freier Fall)



BALLISTISCHE FLUGBAHN

- mehr Geschwindigkeit v
verlängert die Bahn
- Newtonsches
Gravitationsgesetz

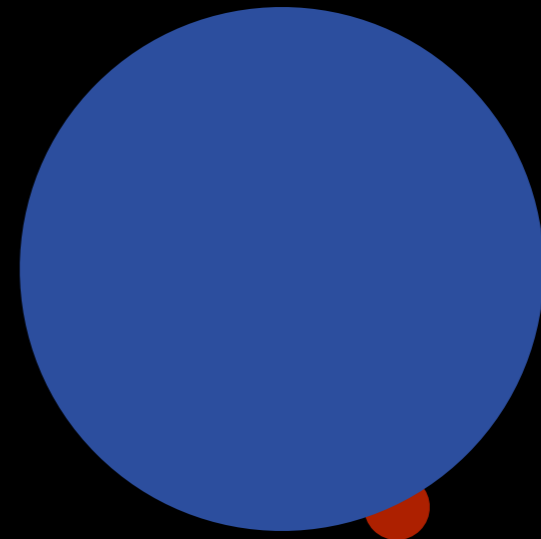
$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$



BALLISTISCHE FLUGBAHN

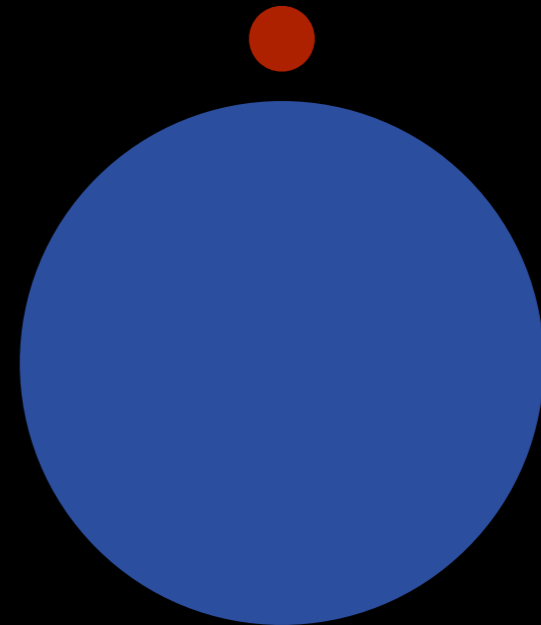
- mehr Geschwindigkeit v
verlängert die Bahn
- Newtonsches
Gravitationsgesetz

$$F = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$



KREISBAHN- GESCHWINDIGKEIT

- Zentripetalkraft roter Körper
- Kräfte sollen sich ausgleichen
- m_2 ist vernachlässigbar klein



KREISBAHN- GESCHWINDIGKEIT

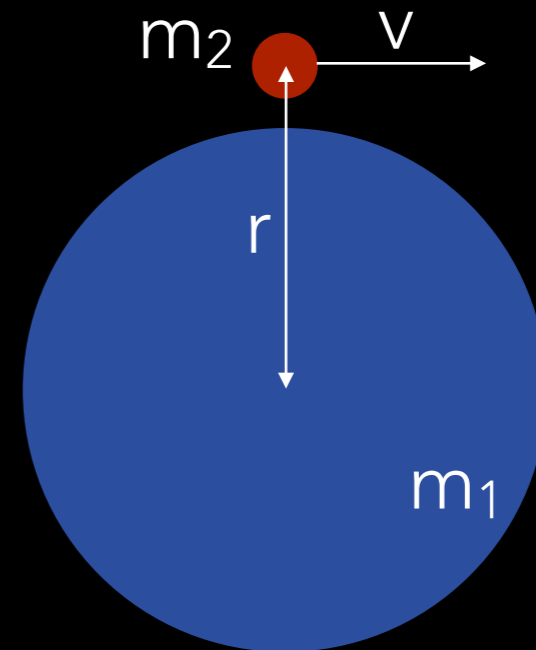
- Zentripetalkraft roter Körper
- Kräfte sollen sich ausgleichen
- m_2 ist vernachlässigbar klein

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = m_2 \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$G \cdot \frac{m}{r^2} = \frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot m}{r}}$$



KREISBAHN- GESCHWINDIGKEIT

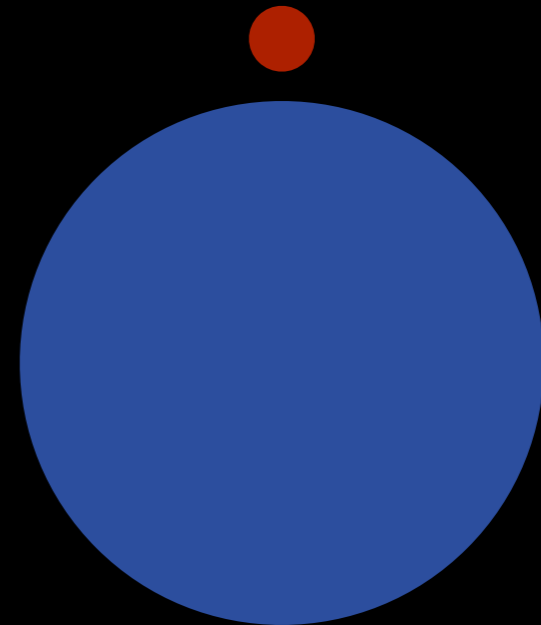
- Zentripetalkraft roter Körper
- Kräfte sollen sich ausgleichen
- m_2 ist vernachlässigbar klein

$$F = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} = m_2 \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$G \cdot \frac{m}{r^2} = \frac{v^2}{r}$$

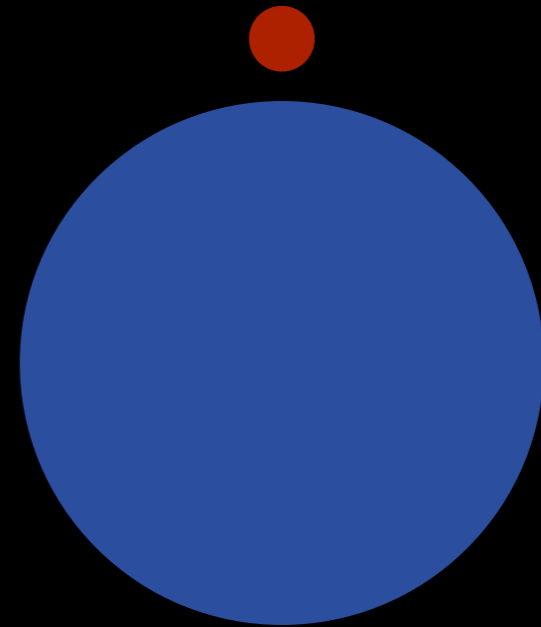
$$v = \sqrt{\frac{G \cdot m}{r}}$$



1. KOSMISCHE GESCHWINDIGKEIT

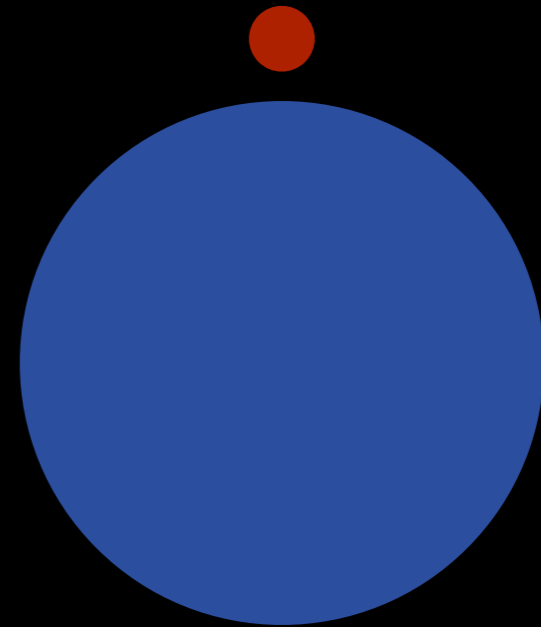
KREISBAHN- GESCHWINDIGKEIT

- Höhere Geschwindigkeit
→ Ellipsenbahn



KREISBAHN- GESCHWINDIGKEIT

- Höhere Geschwindigkeit
→ Ellipsenbahn

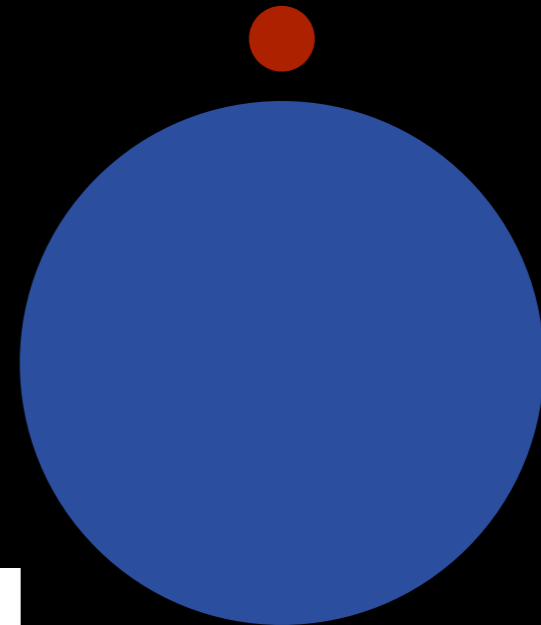


FLUCHT- GESCHWINDIGKEIT

- Verlassen des Gravitationsfeld eines Körpers, z.B. Erde
- Wiederholung: Kreisbahngeschwindigkeit
- Parabelbahngeschwindigkeit

$$v_k = \sqrt{\frac{G \cdot m}{r}}$$

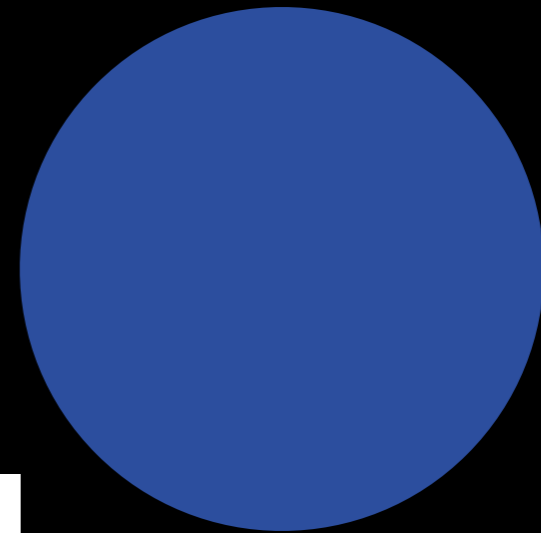
$$v_p = \sqrt{2} \cdot v_k = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot m}{r}}$$



FLUCHT- GESCHWINDIGKEIT

- Verlassen des Gravitationsfeld eines Körpers, z.B. Erde
- Wiederholung: Kreisbahngeschwindigkeit
- Parabelbahngeschwindigkeit

$$v_k = \sqrt{\frac{G \cdot m}{r}}$$
$$v_p = \sqrt{2} \cdot v_k = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot m}{r}}$$

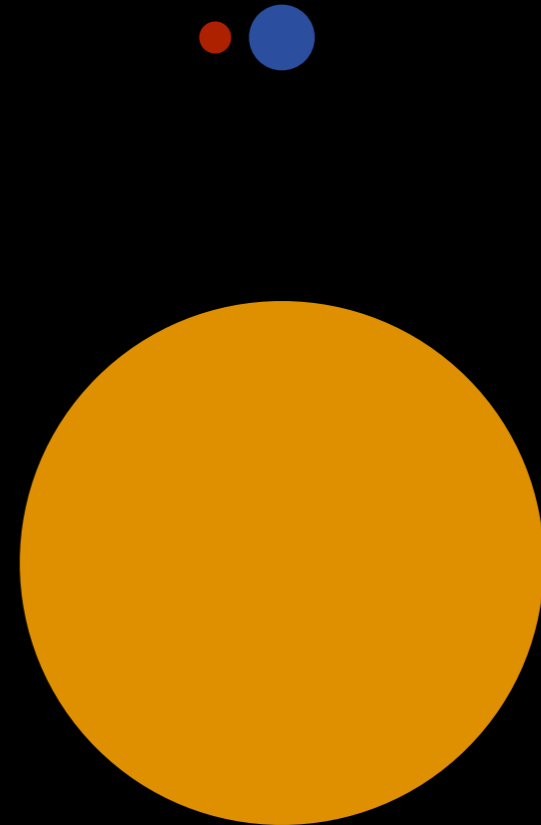


2. KOSMISCHE GESCHWINDIGKEIT

FLUCHT- GESCHWINDIGKEIT

- Verlassen des Sonnensystems
- Berechnung ebenso

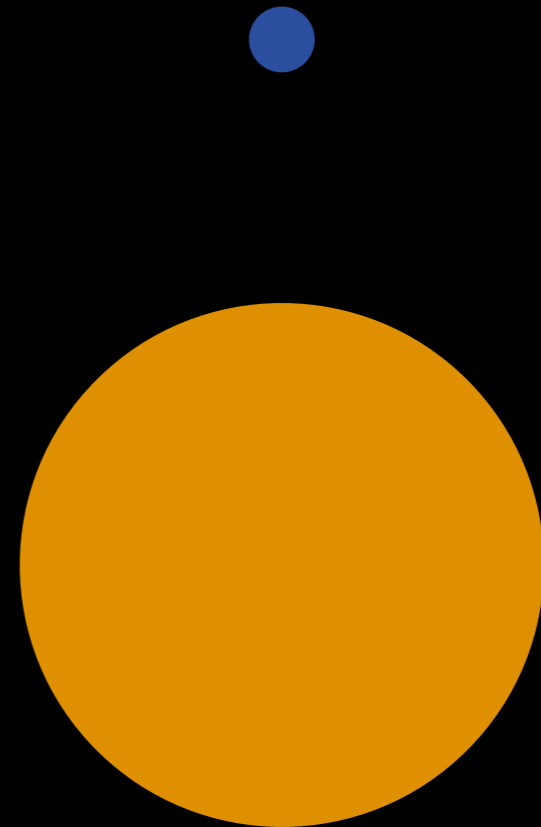
$$v_p = \sqrt{2} \cdot v_k = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot m}{r}}$$



FLUCHT- GESCHWINDIGKEIT

- Verlassen des Sonnensystems
- Berechnung ebenso

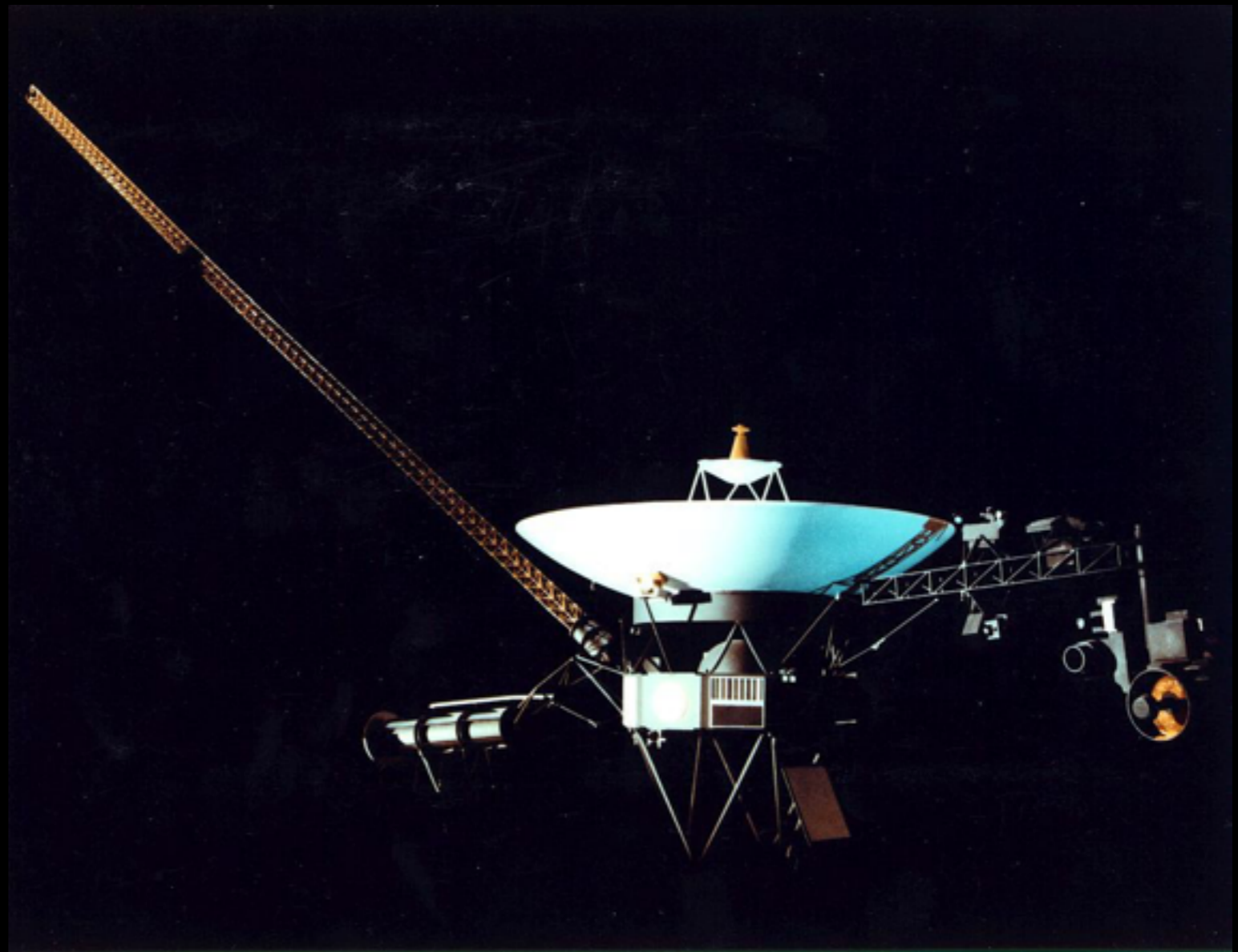
$$v_p = \sqrt{2} \cdot v_k = \sqrt{\frac{2 \cdot G \cdot m}{r}}$$



3. KOSMISCHE GESCHWINDIGKEIT

BEISPIELE

- **Erde**
 - $v_k = 7,91\text{km/s}$
 - $v_p = 11,2\text{km/s}$
- **Mond** $v_p = 2,3\text{km/s}$
- **Mars** $v_p = 5,0\text{km/s}$
- **Jupiter** $v_p = 59,6\text{km/s}$
- **Sonne** $v_p = 617,3\text{km/s}$



RAKETENPRINZIP



Actioni contrariam semper et aequalem esse
reactionem: sive corporum duorum actiones in se
mutuo semper esse aequales et in partes
contrarias dirigi.

–ISAAC NEWTON: LEX TERTIA

Kräfte treten immer paarweise auf. Übt ein Körper A auf einen anderen Körper B eine Kraft aus (*actio*), so wirkt eine gleich große, aber entgegen gerichtete Kraft von Körper B auf Körper A (*reactio*).

–ISAAC NEWTON: REAKTIONSPRINZIP (DRITTES NEWTONSCHES GESETZ)

Newton's third law: The only way humans have ever figured out of getting somewhere is to leave something behind.

–TARS IN “INTERSTELLAR”

SCHUBKRAFT

SCHUBKRAFT



SCHUBKRAFT



SCHUBKRAFT







RAKETEN- GRUNDGLEICHUNG

- 1903 durch
Konstantin Ziolkowski
- Flüssigkeitsraketenantrieb
- Kühlung der Brennkammer
- Steuerung durch Strahlruder
und Kreisel
- Mehrstufenrakete
- Betrieb von Raumstationen



RAKETEN- GRUNDGLEICHUNG

- 1917 experimentell durch **Hermann Oberth**
- Wegweisende Thesen in *Die Rakete zu den Planetenträumen* (1923)
- Mehrstufenraketen
- Feststoffrakete
- Ionentriebwerk



RAKETEN- GRUNDGLEICHUNG

- 1918 durch **Robert Goddard**
- Feststoffraketen
- Flüssigkeitsraketen
- Triebwerks-Prüfstand
- Raketentriebwerk im Vakuum
- Kreiselstabilisierung
- Schallmauer durchbrochen



RAKETENGRUNDGLEICHUNG

Berechnung von

- **Beschleunigung**
- **Geschwindigkeit**
- **Höhe**

einer Rakete

$$v_B = v_0 \ln\left(\frac{m_0}{m_{\text{leer}}}\right) - g \cdot t_B$$

$v_B \rightarrow$ Geschwindigkeit bei Brennschluss

$v_0 \rightarrow$ Ausströmgeschwindigkeit

$m_0 \rightarrow$ Startmasse

$m_{\text{leer}} \rightarrow$ Masse bei Brennschluss

$g \rightarrow$ Fallbeschleunigung

$t_B \rightarrow$ Brennzeit

RAKETENGRUNDGLEICHUNG

Berechnung von

- **Beschleunigung**
- **Geschwindigkeit**
- **Höhe**

einer Rakete

$$v_B = v_0 \ln\left(\frac{m_0}{m_{\text{leer}}}\right) - g \cdot t_B$$

$v_B \rightarrow$ Geschwindigkeit bei Brennschluss

$v_0 \rightarrow$ Ausströmgeschwindigkeit

$m_0 \rightarrow$ Startmasse

$m_{\text{leer}} \rightarrow$ Masse bei Brennschluss

$g \rightarrow$ Fallbeschleunigung

$t_B \rightarrow$ Brennzeit

Erste Stufe einer Saturn-V-Rakete

$$v_B = 2.22 \cdot 10^3 \frac{m}{s} \cdot \ln\left(\frac{2.95 \cdot 10^6 kg}{1.0 \cdot 10^6 kg}\right) - 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 130s = 1126 \frac{m}{s}$$



VERBRENNUNGSKRAFT- MASCHINEN

DESIGNZIELE

- hohe Ausströmgeschwindigkeit
- effiziente Brenndauer
- geringes Eigengewicht

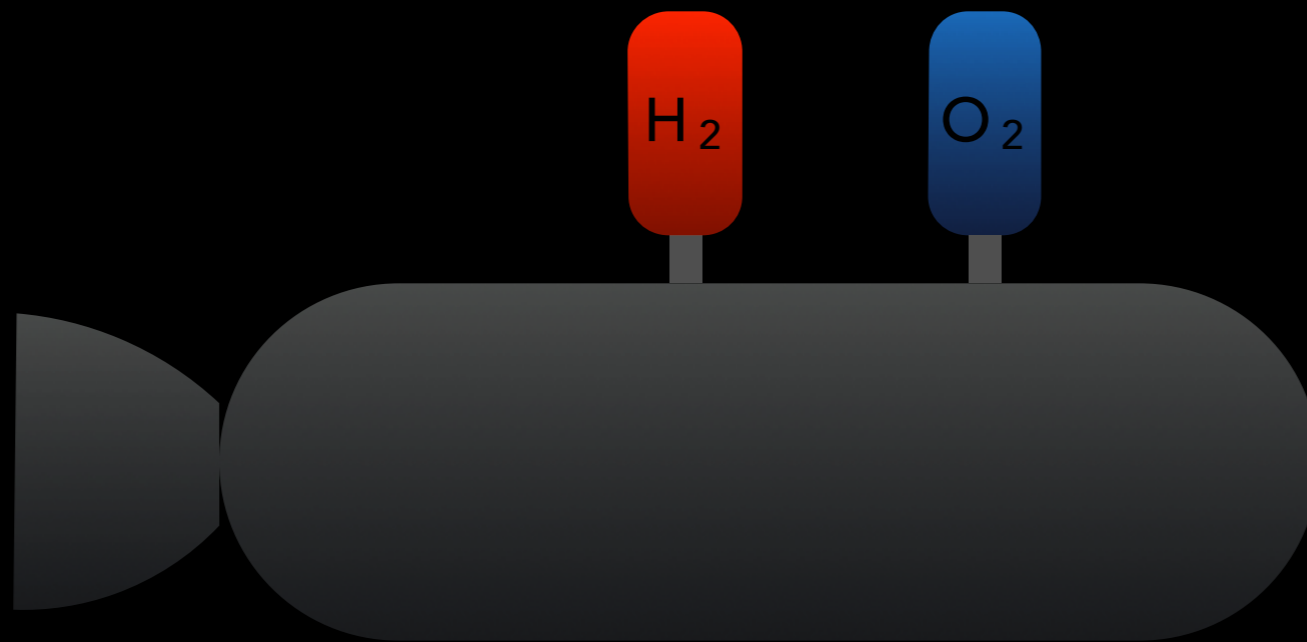


DESIGNZIELE

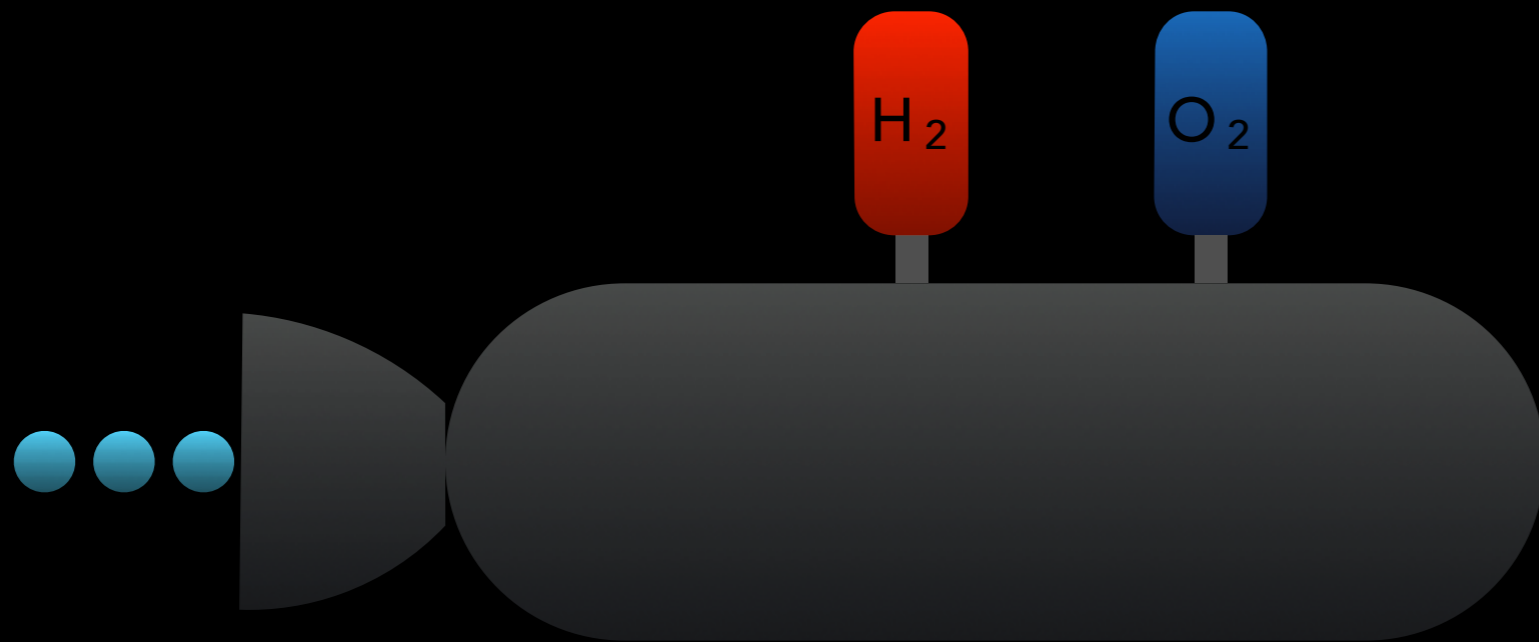
- hohe Ausströmgeschwindigkeit
- effiziente Brenndauer
- geringes Eigengewicht



GRUNDPRINZIP



GRUNDPRINZIP



KURIOSES IM ENTROPIA-WIKI



[Benutzerkonto erstellen](#) [Anmelden](#)

Seite [Diskussion](#) [Quelltext anzeigen](#) [Versionsgeschichte](#)

Wasserstoff-Rakete

Antriebsarten fuer Standard-Selbstbauraketen:

- gekaufte Treibsaetze (langweilig)
- komprimierte Luft + Wasser (langweilig, irgendwas muss schon Rauch oder Bumm machen)

Als Alternative: Wasserstoff+Sauerstoff, also Knallgas. Eine mit Knallgas gefuellte Plastikflasche beschleunigt nur kurz am Anfang, weil das Knallgas sofort verpufft. Um mehr Masse als Treibmittel zu beschleunigen kann (wie bei der Variante mit Druckluft) etwas Wasser unten in die Flasche gefuellt werden.

Wuenschenwert waere also eine langsamere Verbrennung. Vielleicht kann mit Watte o.ae. etwas erreicht werden?

Das Knallgas kann leicht mit Elektroden im Inneren der mit Wasser gefuellten Rakete erzeugt werden. Allerdings wird dann das mit der Watte nicht gehen.

Varianten mit fluessigem Wasserstoff/Sauerstoff sind offensichtlich nicht geeignet.

Links

- [Wasserstoffrakete aus zwei Colaflaschen](#) [↗](#)
- [Viele Varianten, nicht nur Wasserstoffraketen](#) [↗](#)
- [Colaflasche + Knallgas. Flasche haelt dem Druck offenbar nicht stand.](#) [↗](#)
- [trial-n-error-Raketenbau](#) [↗](#)
- [Wasserraketensimulator \(Java-Craplet\)](#) [↗](#)

Kategorie: [Projekte](#)

Hauptseite

Termine

Spenden

Kontakt

Suchen

Seite Suchen

Letzte Änderungen

Zufällige Seite

Links auf diese Seite

Änderungen an verlinkten
Seiten

Spezialseiten

Druckversion

Permanenter Link

Seiteninformationen

TREIBSTOFFE

- **Monergole**

- Hydrazin
- Wasserstoffperoxid

- **Diergole**

- Sauerstoff/Wasserstoff
- Sauerstoff/RP-1 (Rocket Propellant-1)
- Sauerstoffdifluorid/Methan

- **Triergole**

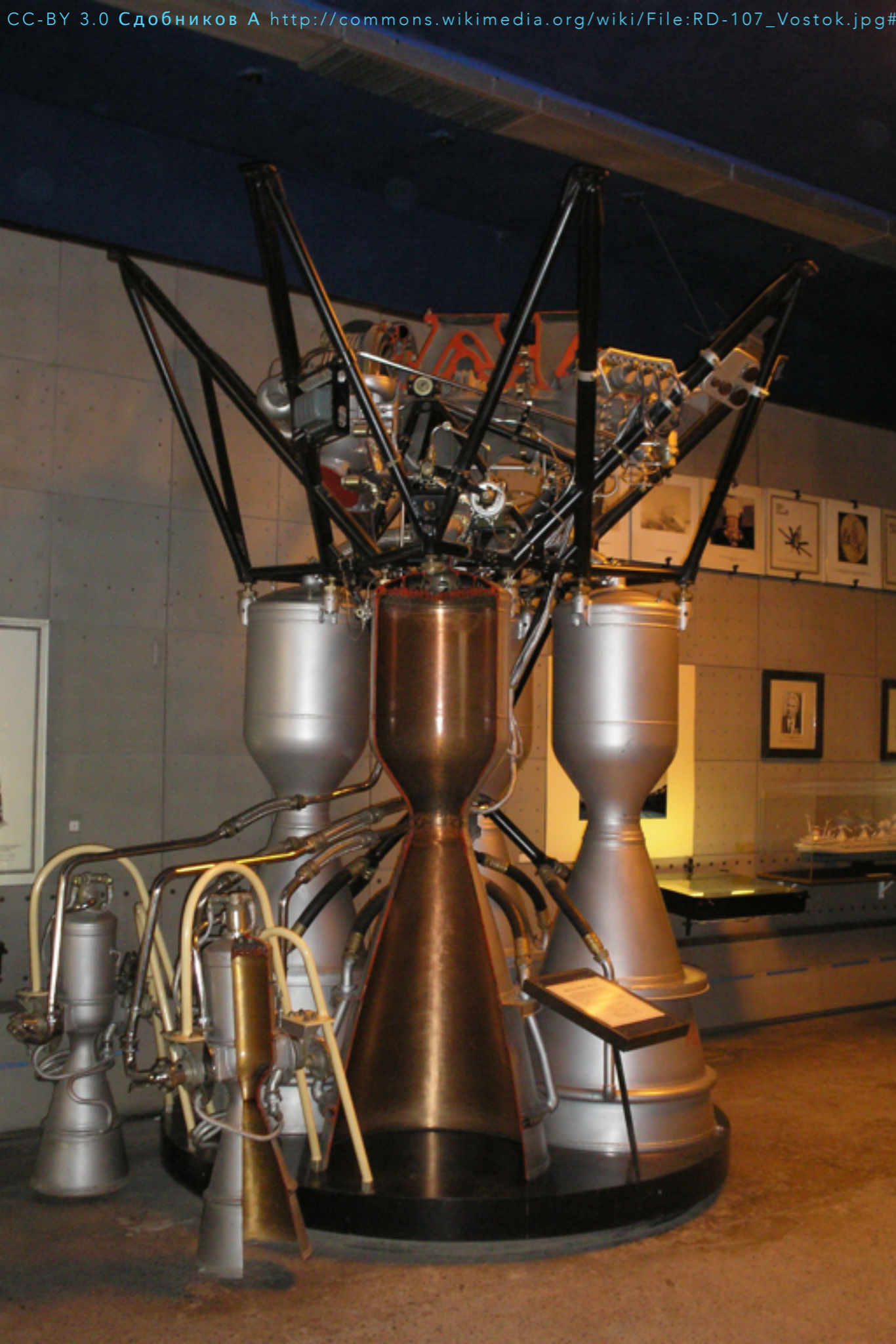
- + Lithium, Aluminium, Beryllium



RAKETENBAUTEILE

BRENNKAMMER





POGOEFFEKT

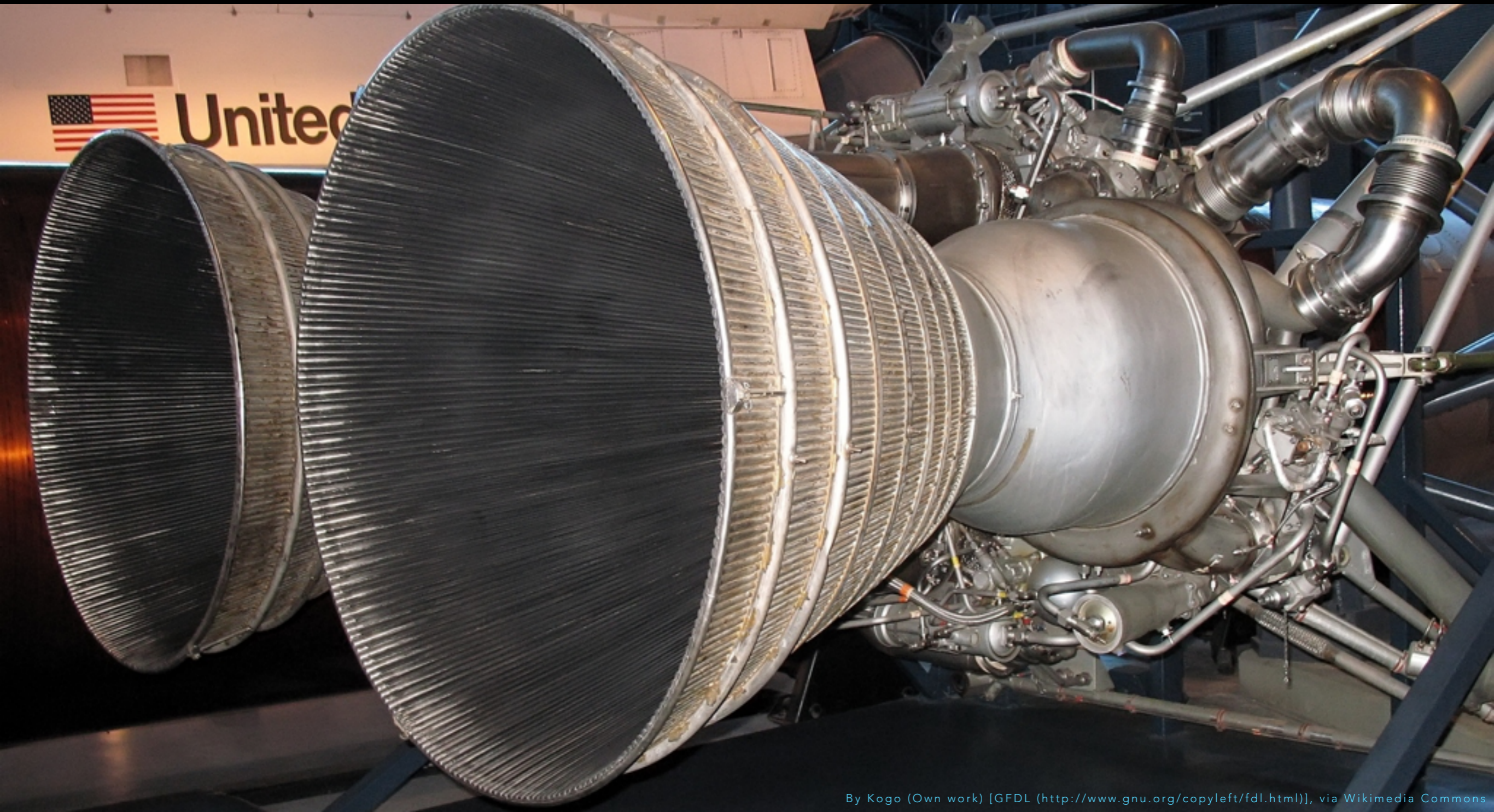
- erhöhter
Brennkammerdruck
- drückt Treibstoff zurück
- weniger Brennkammerdruck
- mehr Treibstoff wird
nachgeführt
- wieder erhöhter
Brennkammerdruck

POGOEFFEKT

- erhöhter
Brennkammerdruck
- drückt Treibstoff zurück
- weniger Brennkammerdruck
- mehr Treibstoff wird
nachgeführt
- wieder erhöhter
Brennkammerdruck

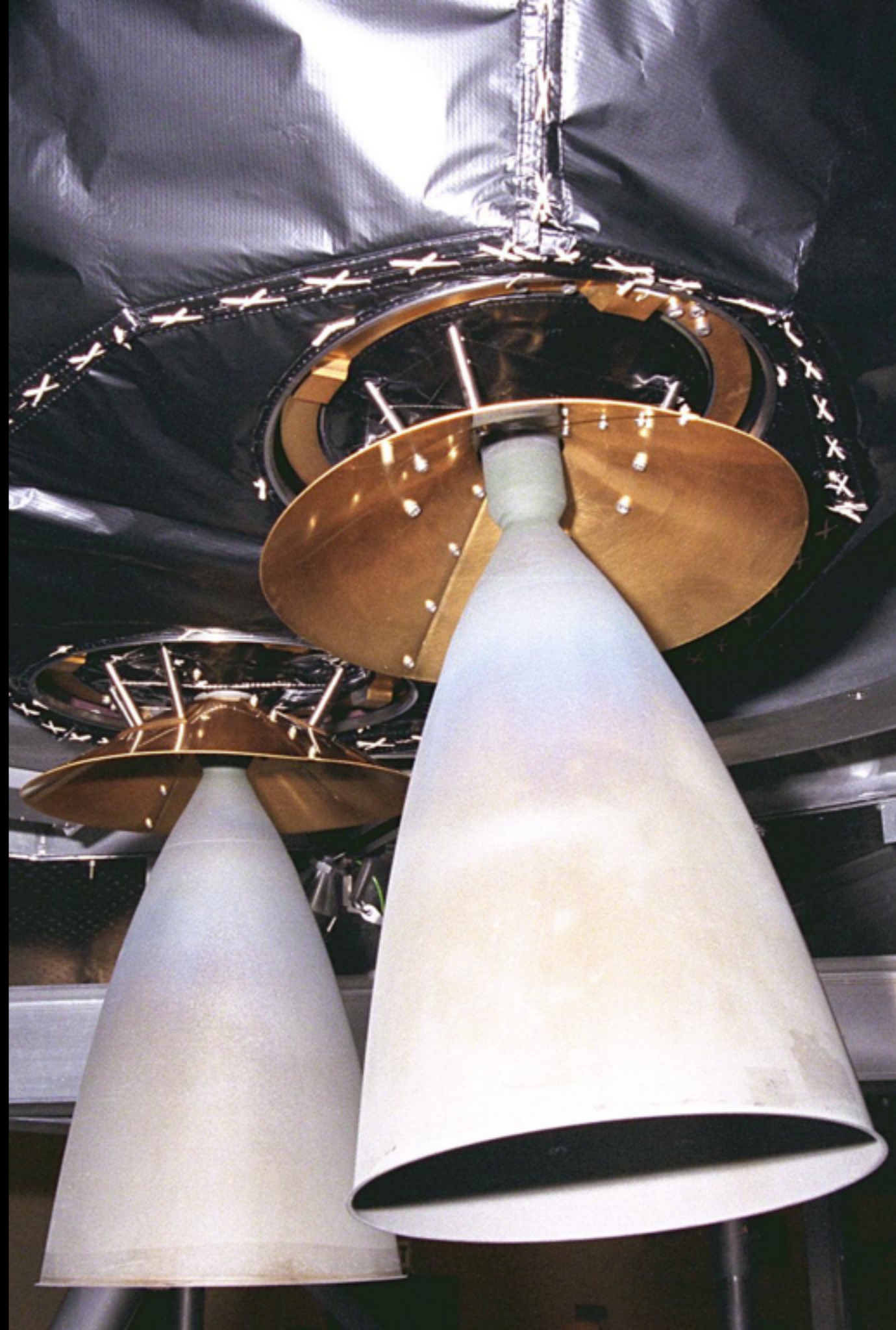
RAKETENBAUTEILE

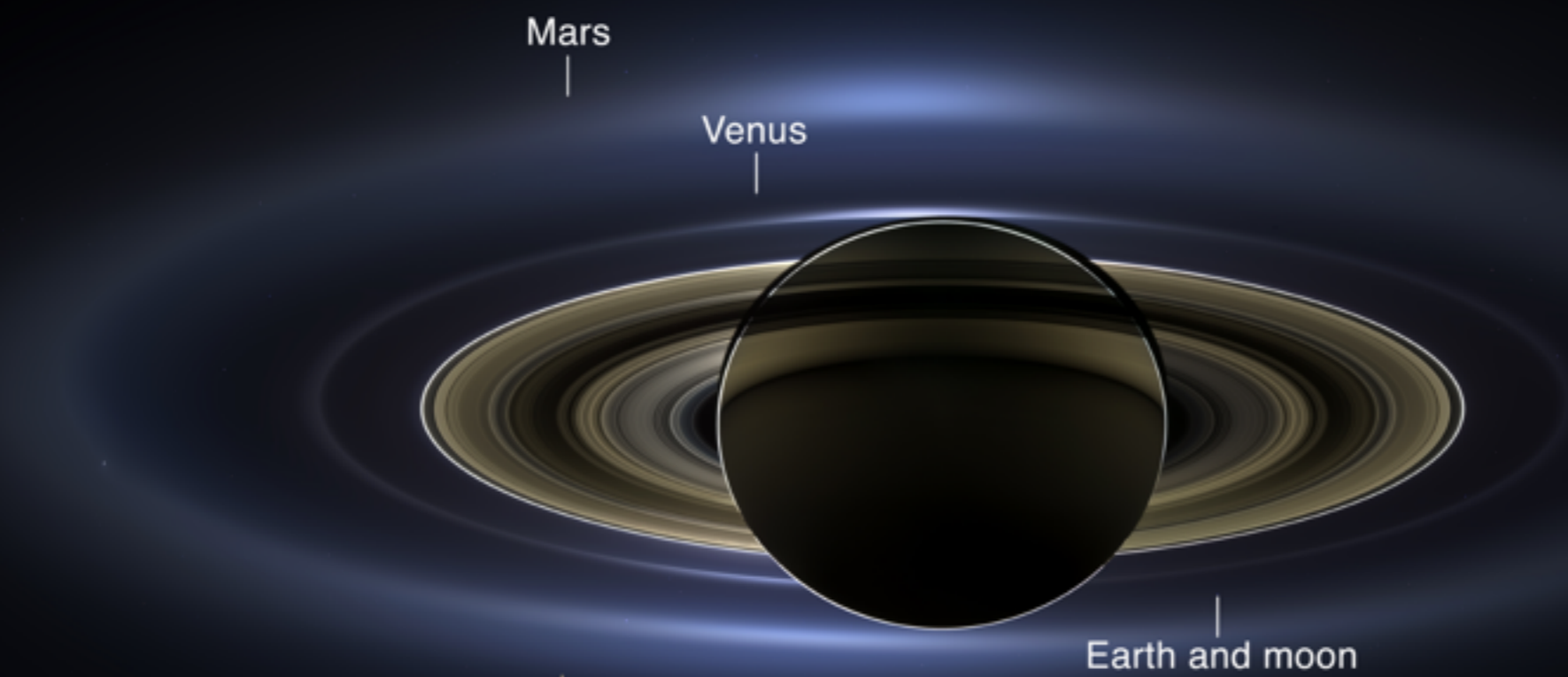
SCHUBDÜSE



LAVALDÜSE

- konvergenter Querschnitt
→ divergenter Querschnitt
- Beschleunigung des
Partikelstroms

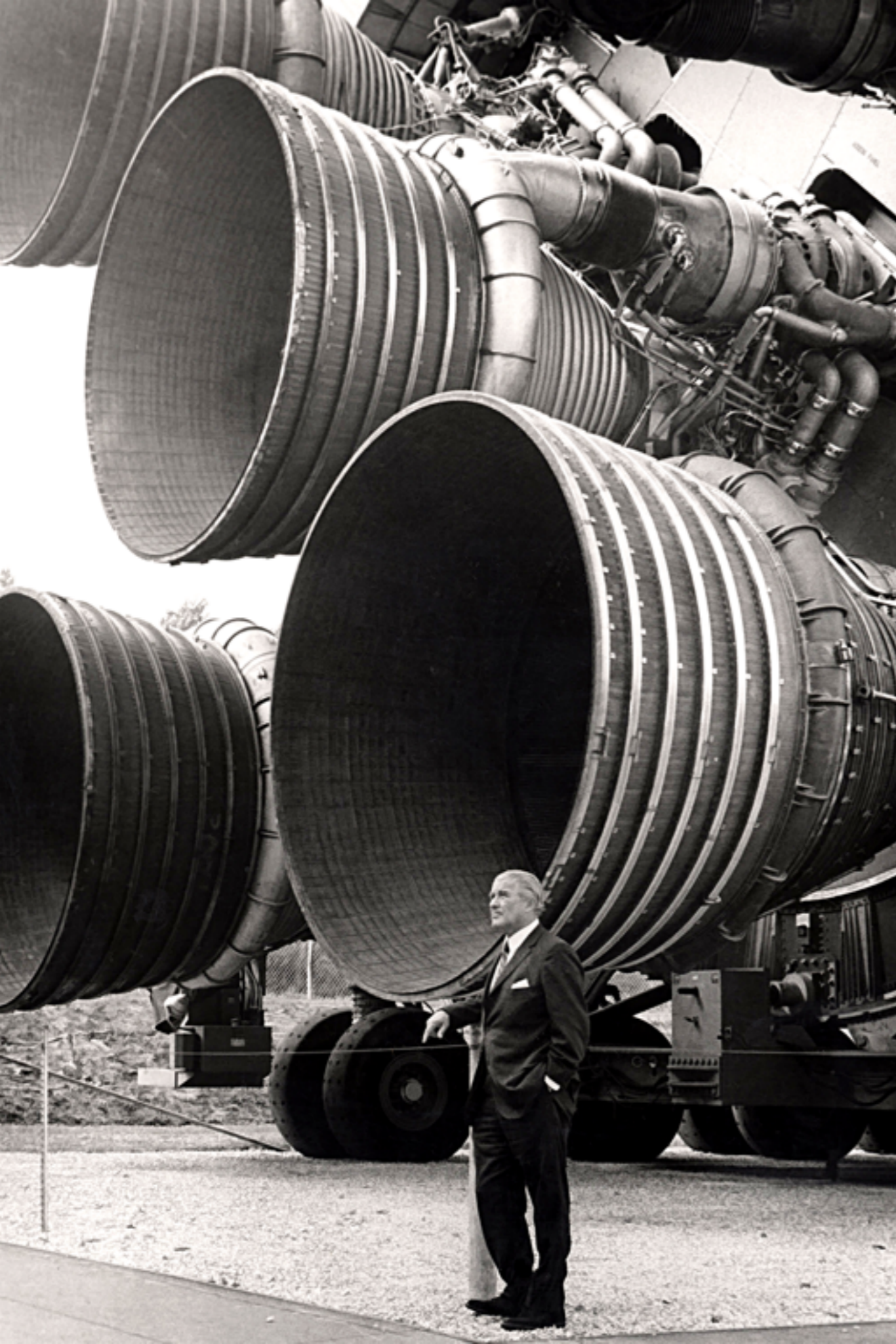






Earth and moon

Kamerakind: JackMcCrack



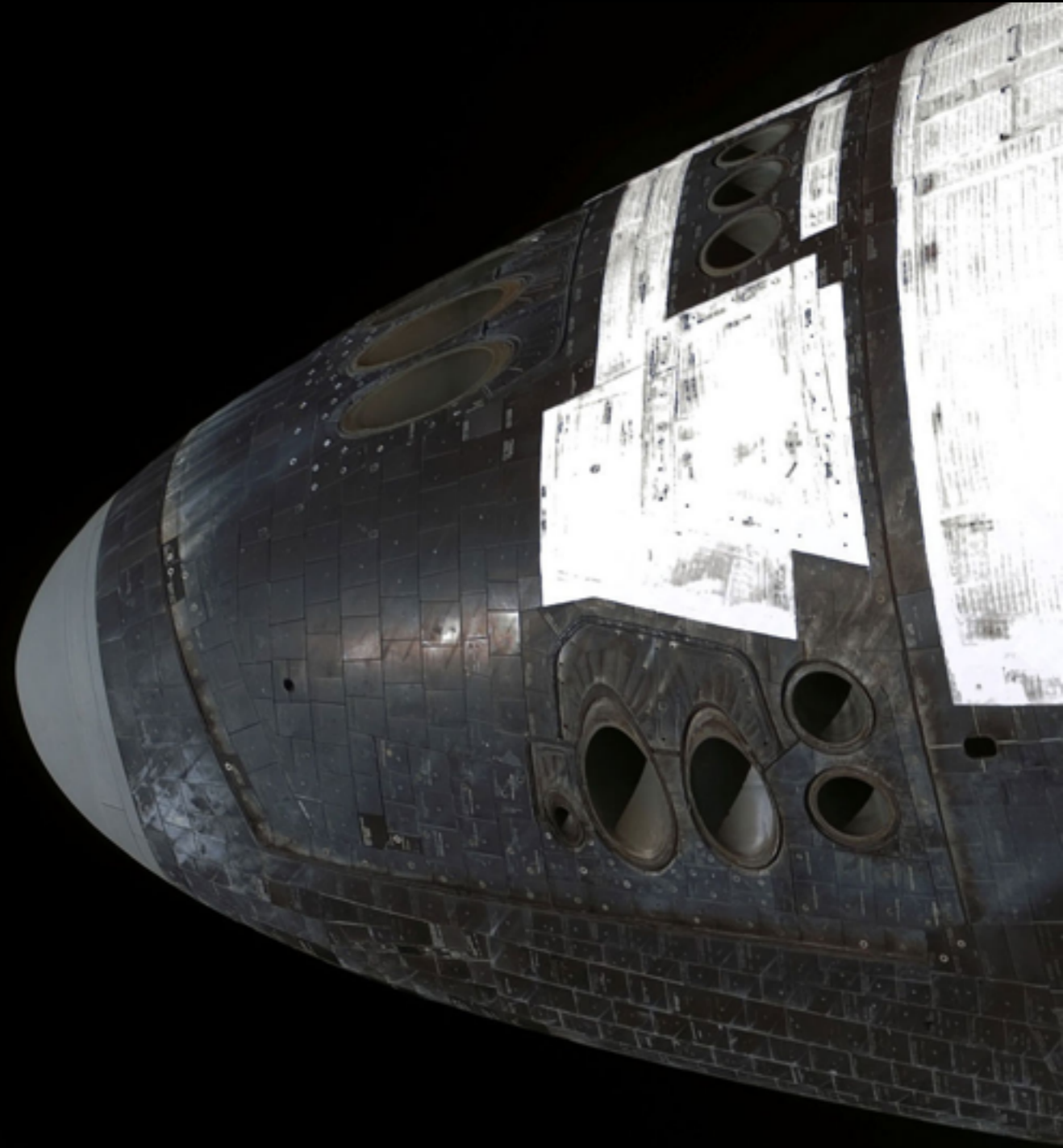
RAKETENBAUTEILE

TREIBSTOFFFÖRDERUNG



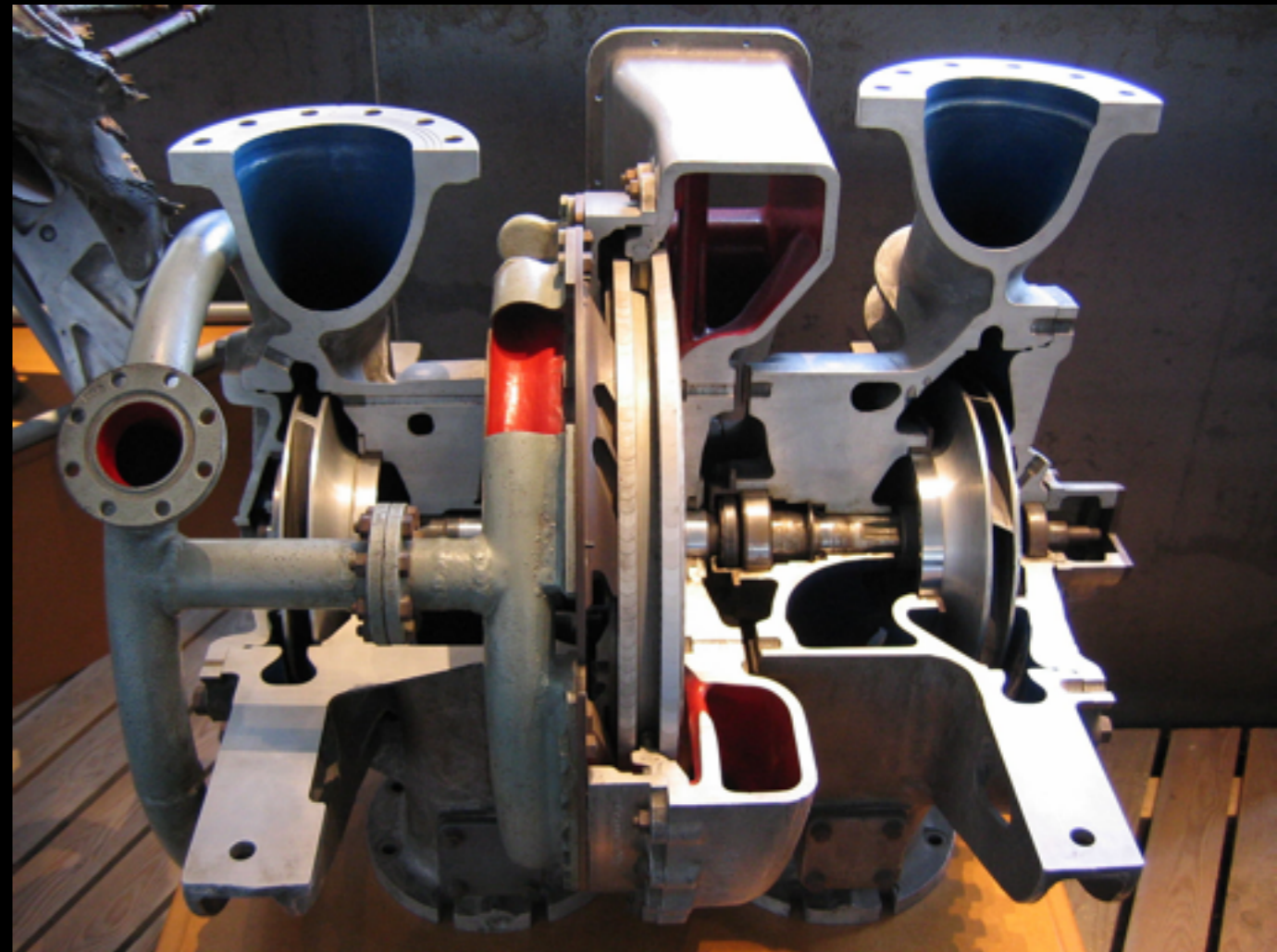
DRUCKGAS- FÖRDERUNG

- inertes Gas wird in Tanks gepumpt
- Treibstoff wird in die Brennkammer gedrückt
- kleine Triebwerke
- häufige Wiedorzündbarkeit
- große Verlässlichkeit



PUMPEN- FÖRDERUNG

- Gasturbine treibt Kreislumpumpe an
- Treibstoff wird in Vorbrennkammer in Arbeitsgas umgewandelt
- teilweise eine Pumpe für mehrere Brennkammern
- Schub regulierbar
- RD-170 mit 190MW Leistung



HK-33 TRIEBWERK

- Entwicklung in den 1960ern für sowjetisches Mondprogramm
- 1974 wurden 150 eingelagert, davon 60 funktionsfähig
- 2013 in Antares (Cygnus Transporter) zum ersten Mal eingesetzt
- 2013 in Союз 2.1В eingesetzt







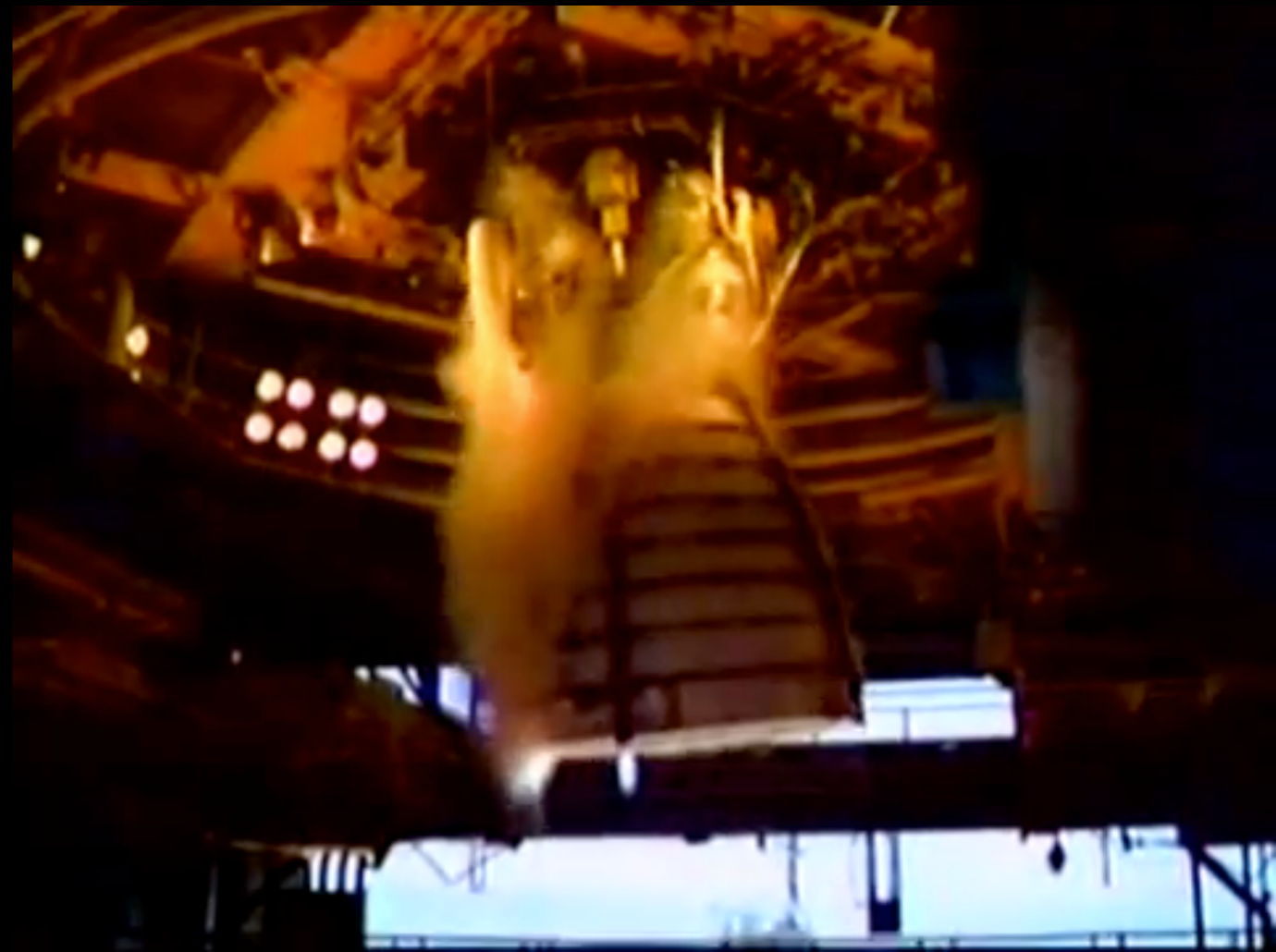
RAKETENBAUTEILE

STEUERUNG



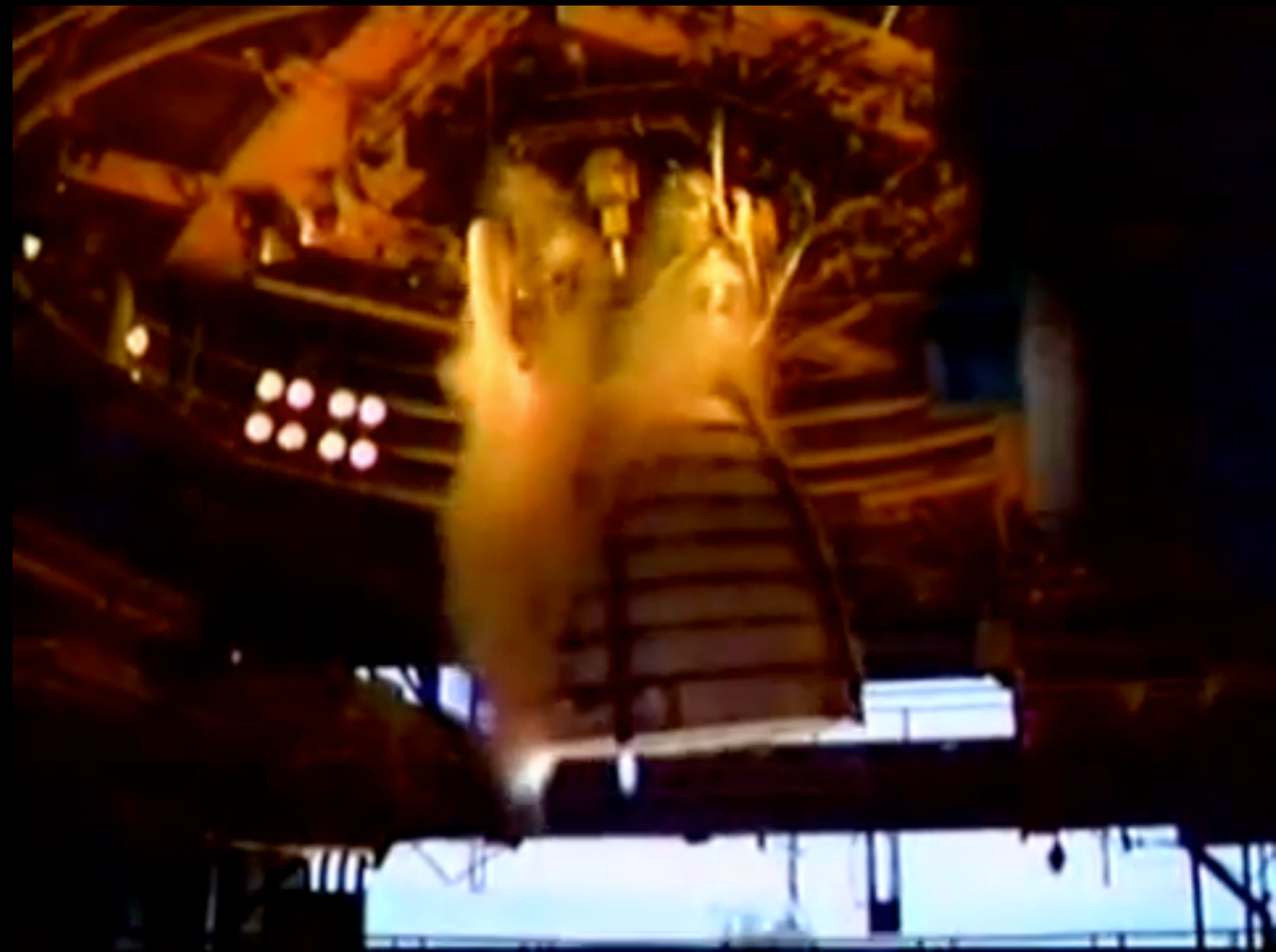
STEUERUNG

- zusätzliche Steuerdüsen
- Haupttriebwerk schwenkbar gelagert
- in der Atmosphäre mit Finnen



STEUERUNG

- zusätzliche Steuerdüsen
- Haupttriebwerk schwenkbar gelagert
- in der Atmosphäre mit Finnen



RAKETENBAUTEILE

OPTIMIERUNGEN



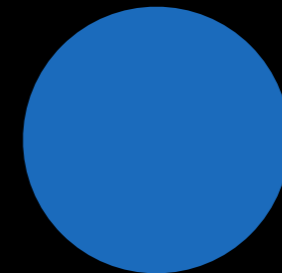
OBERTH- EFFEKT

- steigern der Austrittsgeschwindigkeit durch Erhöhung des Wasserstoffanteils
- weniger Bindung des Wasserstoff an Sauerstoff (Wasserdampf)
- reiner Wasserstoff ist leichter und kann schneller ausströmen
- niedrigere Temperatur
- kleinerer Sauerstofftank



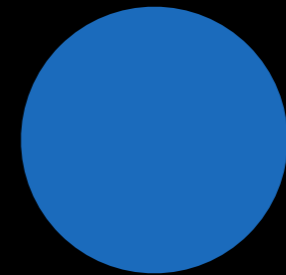
OBERTH EFFECT

- höhere Effizienz bei hohen Geschwindigkeiten
- höhere Geschwindigkeit → höhere kinetische Energie → höhere nutzbare Gesamtenergie
- Anwendung: Fly-by Manöver unter Schub (*Powered Gravitational Slingshot*)



OBERTH EFFECT

- höhere Effizienz bei hohen Geschwindigkeiten
- höhere Geschwindigkeit → höhere kinetische Energie → höhere nutzbare Gesamtenergie
- Anwendung: Fly-by Manöver unter Schub (*Powered Gravitational Slingshot*)

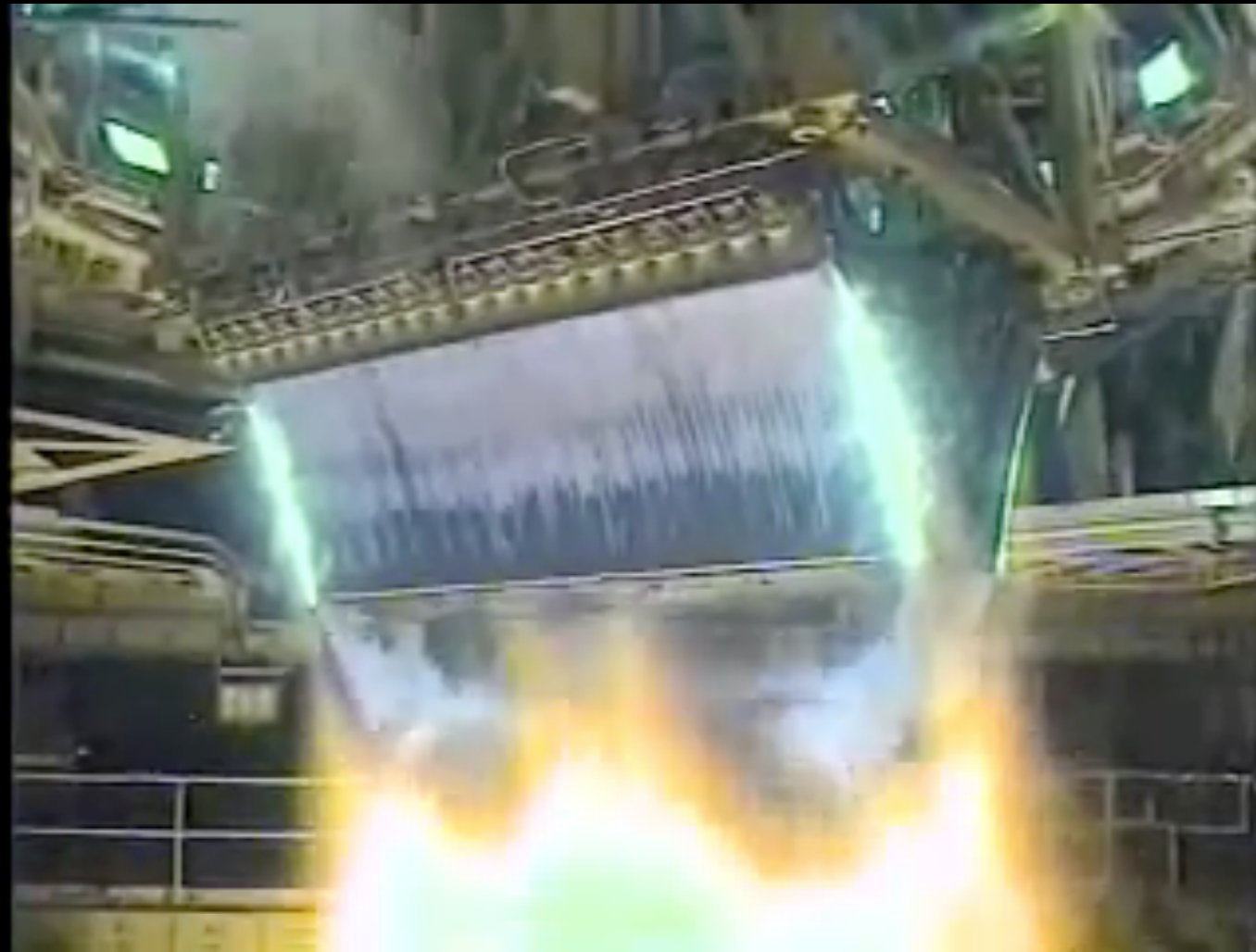






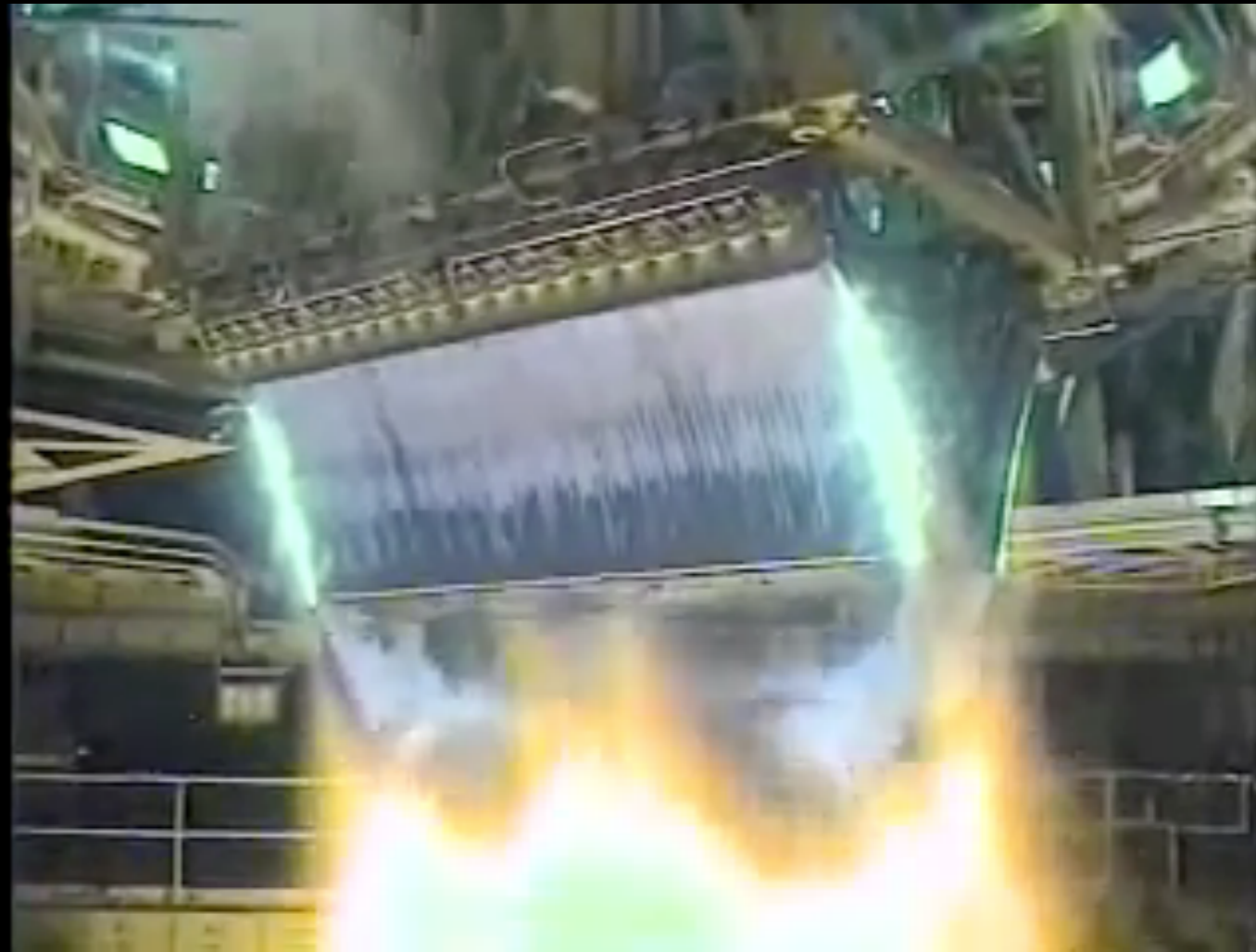
AEROSPIKE

- Anpassung an atmosphärischen Luftdruck
- Entwicklung seit den 1950ern
- Prototyp in den 1990ern mit X-33
- Brennkammern an Außenseite
- bisher kein Einsatz



AEROSPIKE

- Anpassung an atmosphärischen Luftdruck
- Entwicklung seit den 1950ern
- Prototyp in den 1990ern mit X-33
- Brennkammern an Außenseite
- bisher kein Einsatz



VARIANTEN DER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN

FESTSTOFFRAKETEN



FESTSTOFF- RAKETEN

- fester Treibstoff
- einmalige Zündung
- hoher Impuls
- keine beweglichen Teile
- Booster



HYBRID- RAKETENTRIEBWERK

- ein Flüssigbrennstoff in Tank
- Brennkammer mit Feststoff
- Reaktion in der Brennkammer
- keine Pumpe notwendig



RAKETENOPTIMIERUNG

MEHRSTUFENRAKETEN







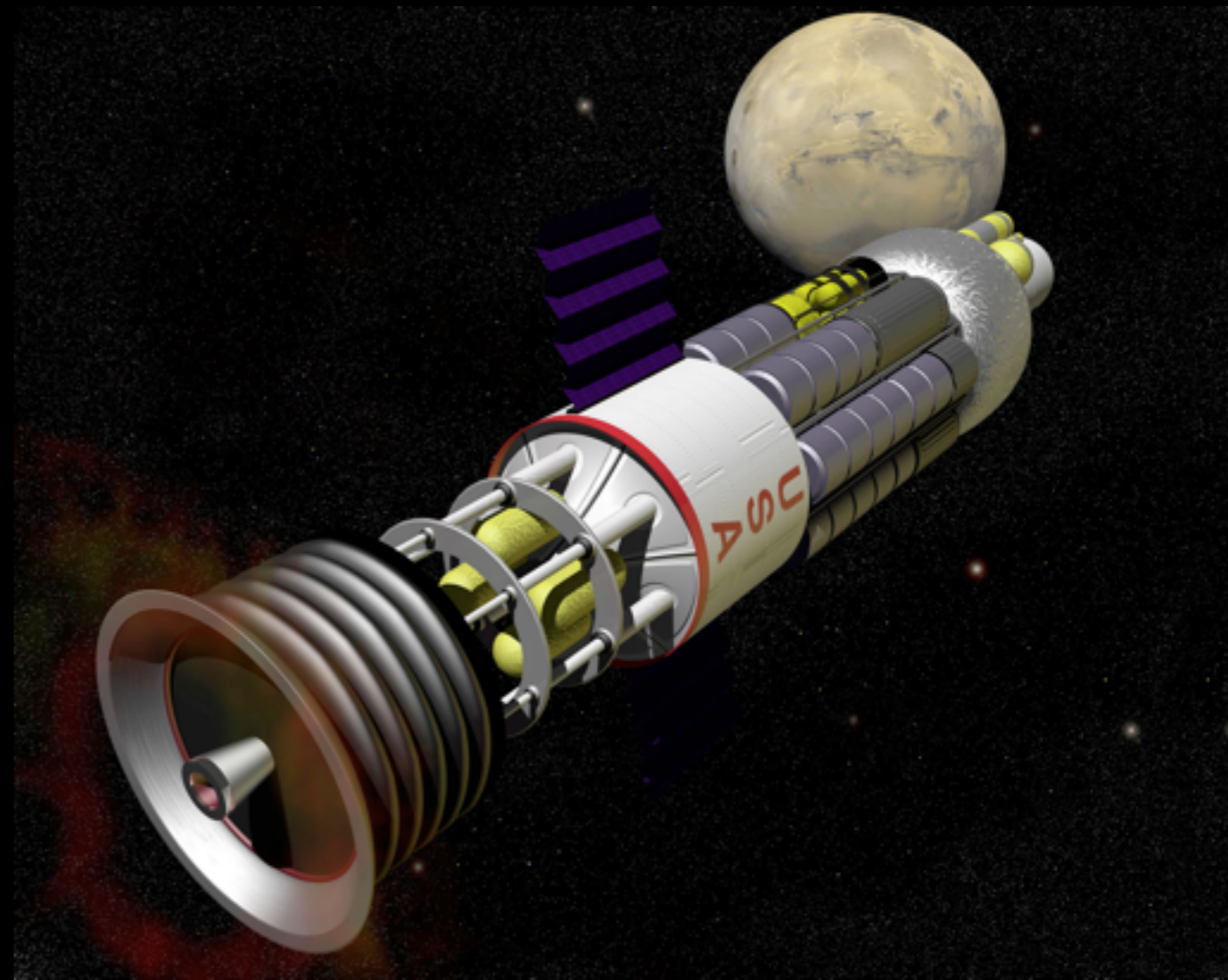




ATOMKRAFT

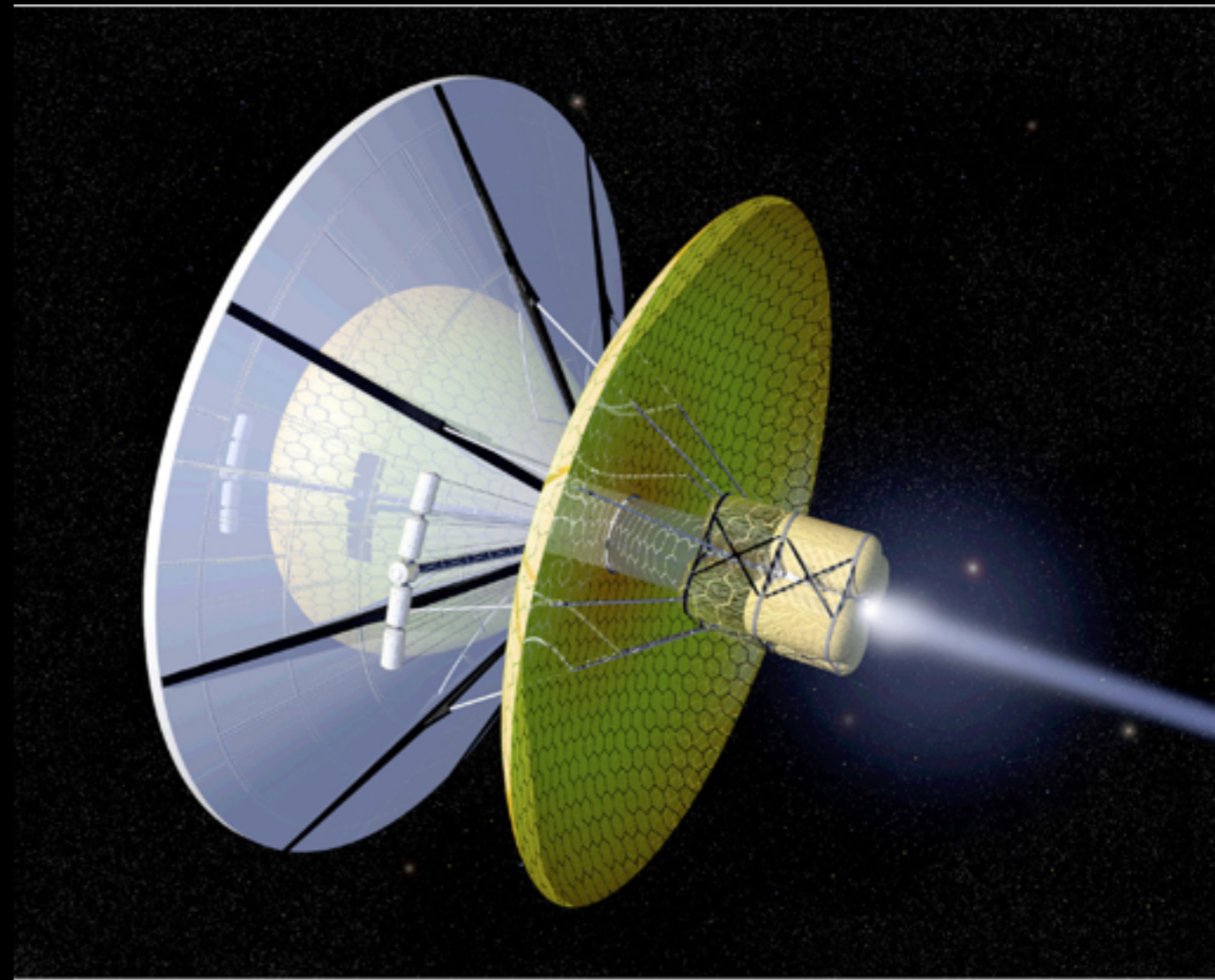
ORION- PROJEKT

- Nuklearer Pulsantrieb
- Wirft kleine Atombomben ab
- Plasma trifft auf Prallplatte am Heck
- Vortrieb durch Detonation



FUSIONS- ANTRIEB

- Restwasserstoff im Weltall mit Bussard-Kollektor einsammeln
- Kernfusion
- Ausstoß des Fusionsprodukts

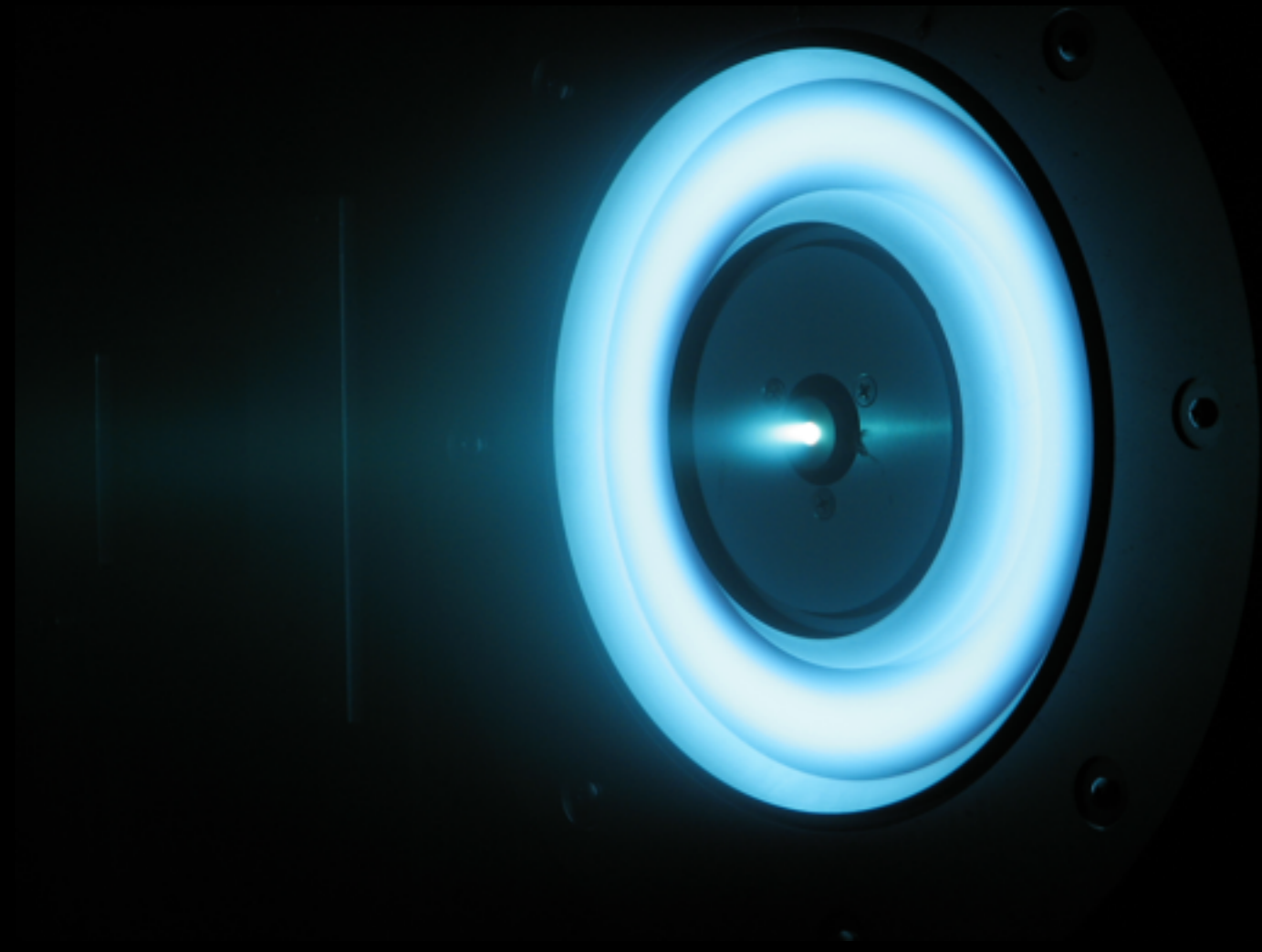




ELEKTROKRAFT

ION

- Gas wird ionisiert
- Ionen werden beschleunigt
- Ionen werden neutralisiert
- Impuls!
- Funktioniert nur im Weltraum

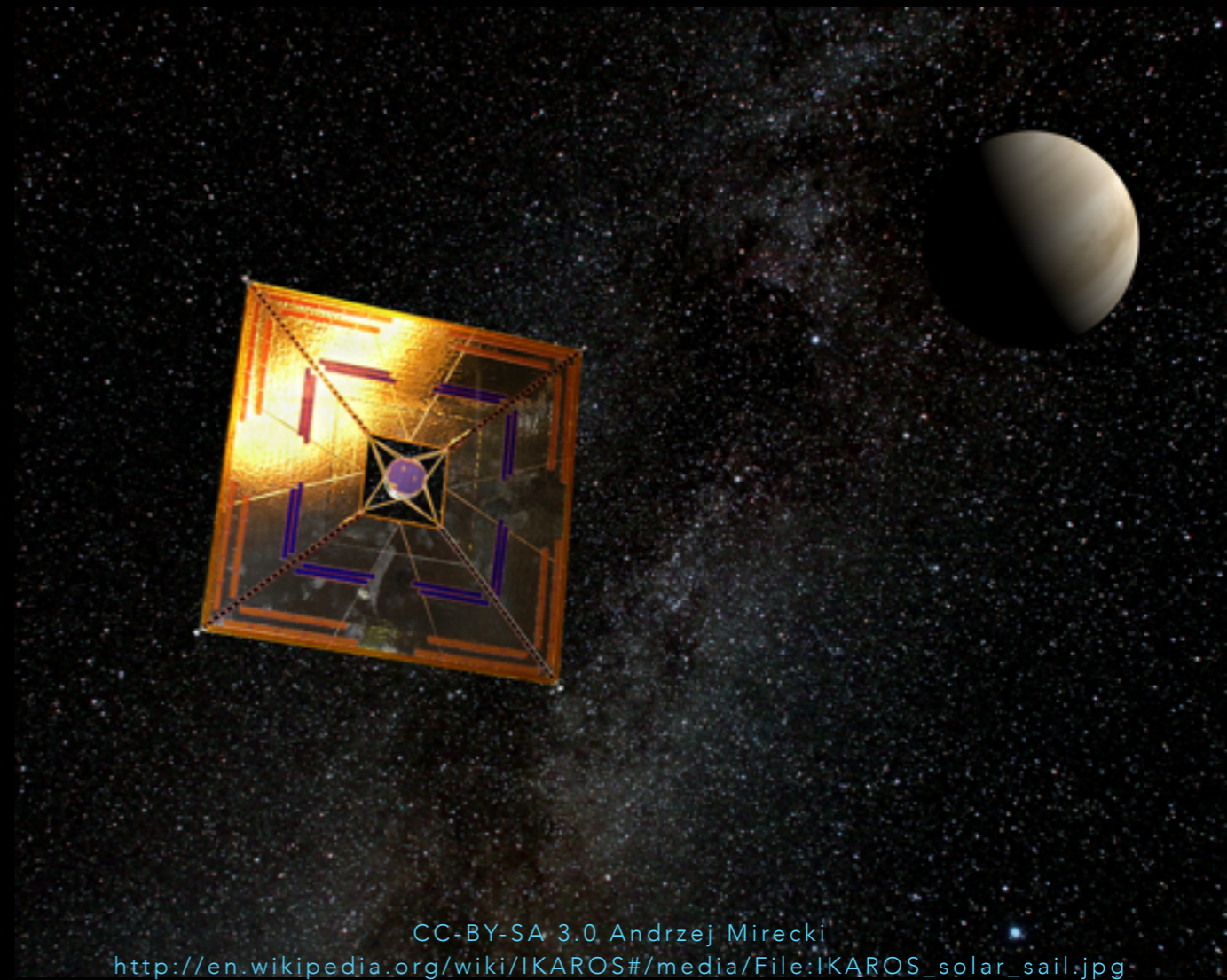




SONNENKRAFT

SONNEN- SEGEL

- Antrieb durch
Sonnendruck der
Photonen
- kein Treibstoff notwendig

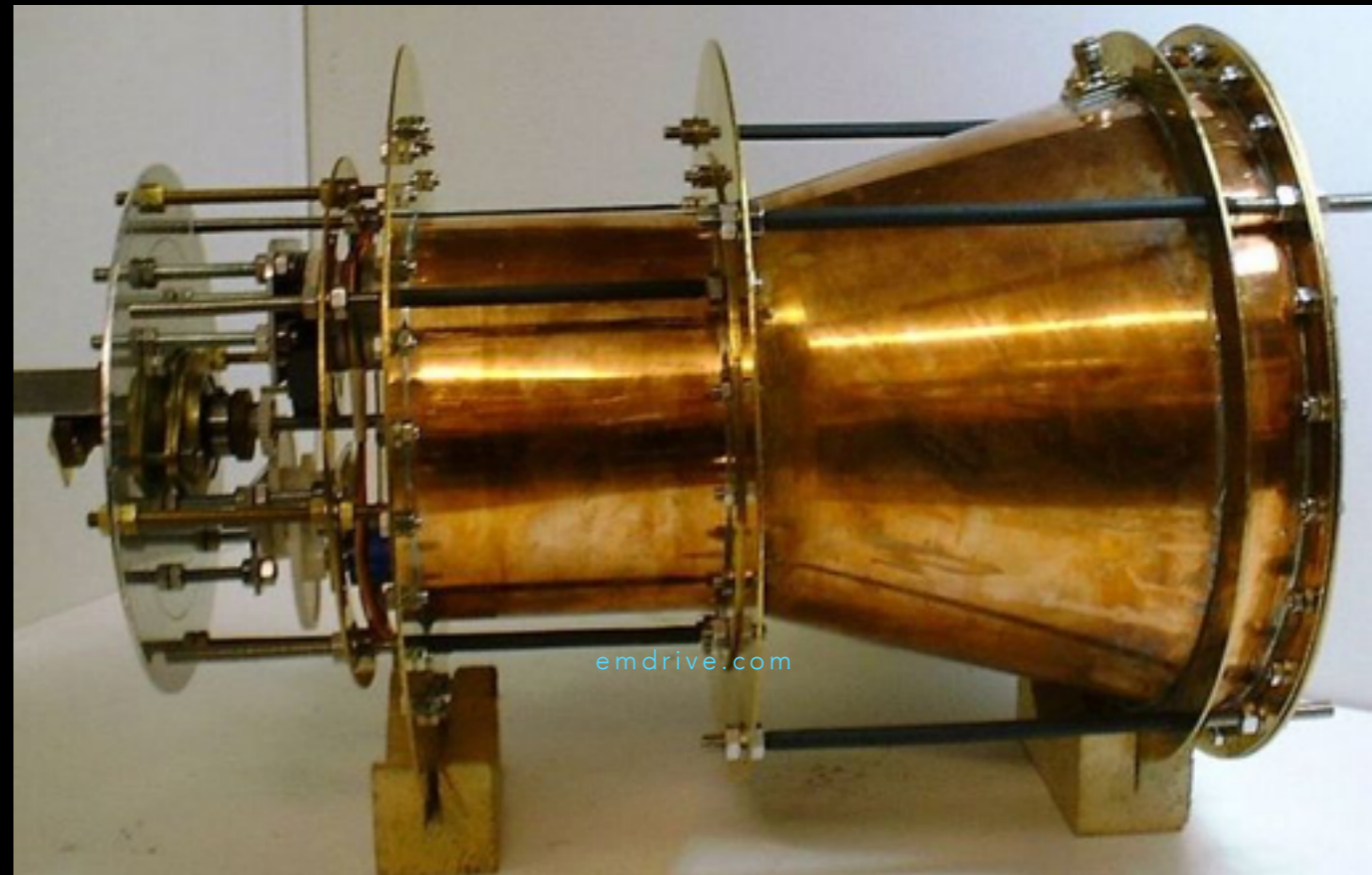


A photograph taken from inside a spacecraft, looking out through a large, curved, golden-colored window or hatch. The window has a series of small, rectangular openings along its inner edge. The view outside shows a bright, hazy horizon over a blue and white Earth. In the foreground, below the window, are two large, dark, ribbed structures, possibly part of the spacecraft's interior or external equipment. The word "AUSBLICK" is overlaid in white capital letters on the left side of the image.

AUSBLICK

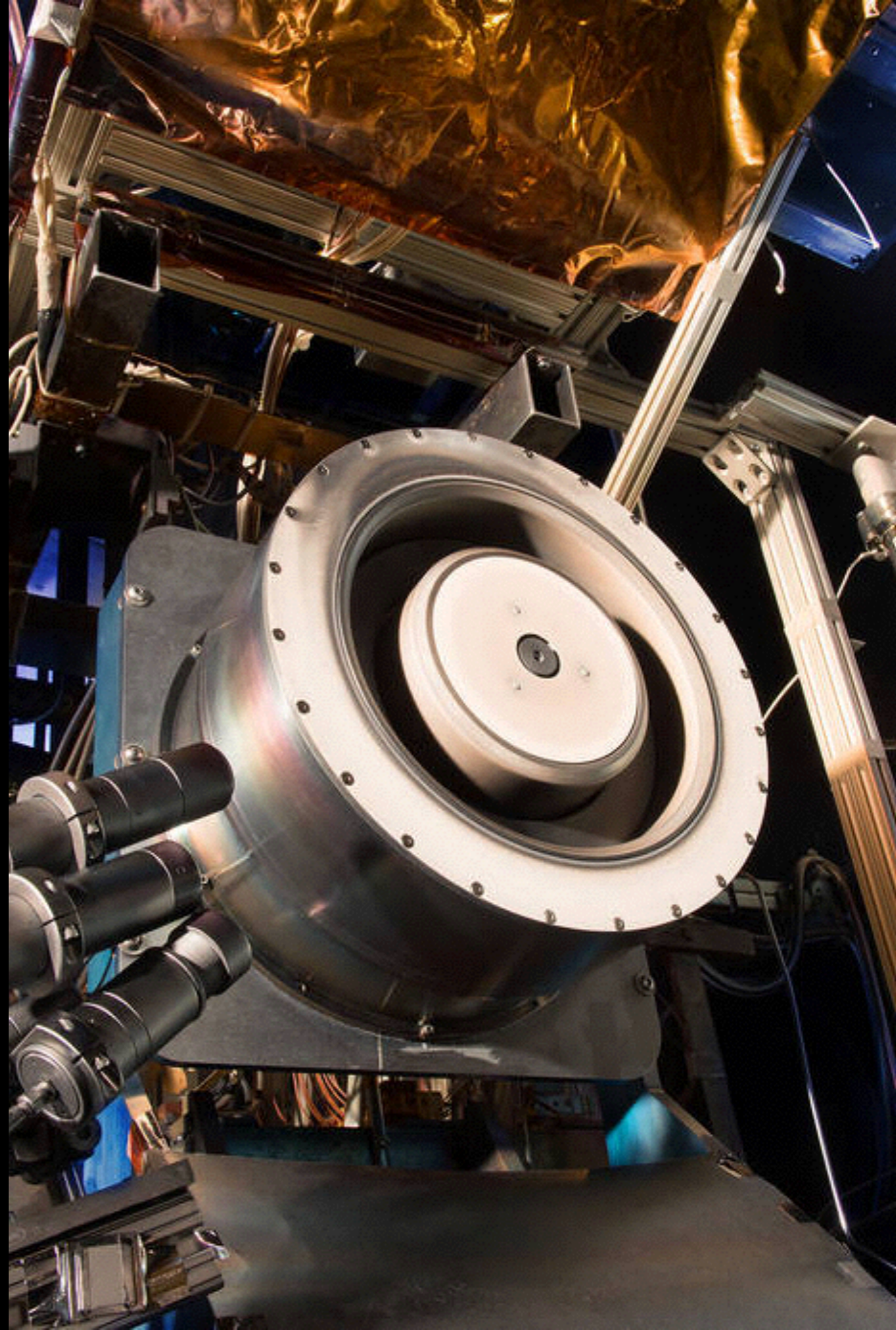
EM DRIVE

- Mikrowellen werden in einer Vakuumkammer reflektiert → das erzeugte "irgendwie" ganz geringen Schub
- Kontroverse Diskussion
- Peer Review abwarten



BETRIEBSMITTEL- UND KOSTENREDUKTION

- Gewichtsreduktion
- effizientere Antriebe
- günstigere Betriebsmittel
- Wiederverwendbarkeit







Lars Weiler <pylon@ccc.de>

GUTEN FLUG!



Lars Weiler <pylon@ccc.de>

GUTEN FLUG!

