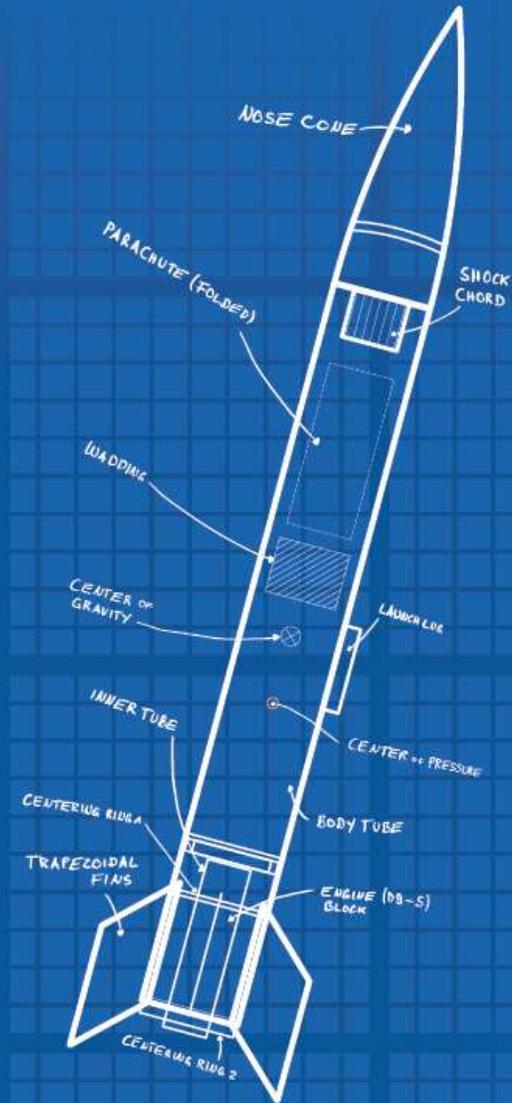


KICK-OFF

MODELLRAKETEN WETTBEWERB

Beginnt um 18:05 Uhr

LEITUNG
Kilian Brenner
Robin Winter



- **Wissenschaftliche Arbeitsgemeinschaft für Raketentechnik und Raumfahrt e.V.**
- Angesiedelt am Lehrstuhl Raumfahrttechnik der TUM
- Gründung 1962
- Viele junge Studierende (ca. 180 Vereinsmitglieder) verschiedener MINT-Studiengänge



WARR
exploration



WARR
move



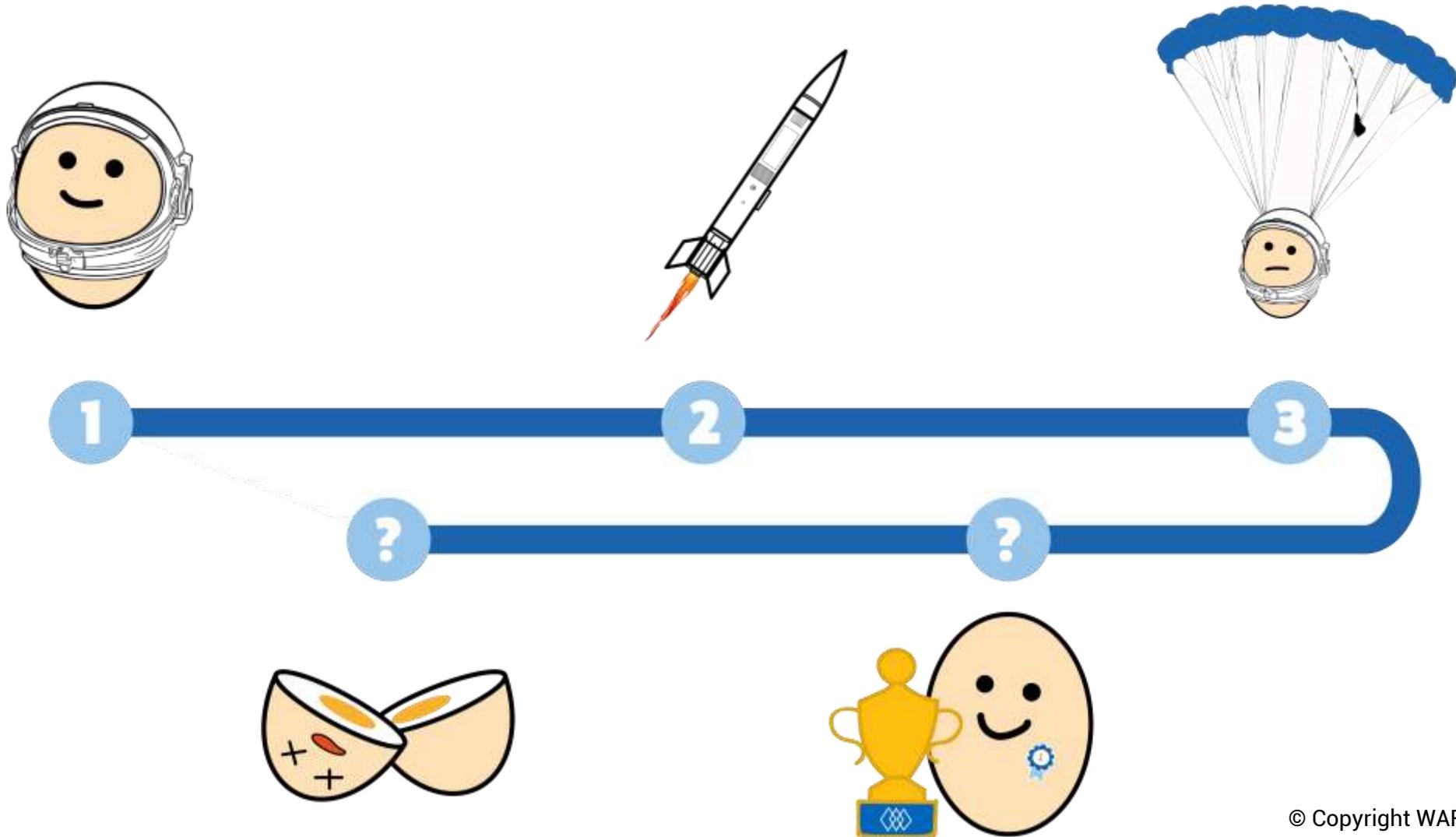
WARR
rocketry



WARR
space elevator



WARR
space labs





**PASS
AUF
MEIN
KIND
AUF**



- **Dauer** ca. 6 Wochen
- **Zwischentreffen** Ende November
- **Starttag** Mitte Dezember
- **Arbeiten** in der Werkstatt (Einweisung + Versicherung)
- **Zeitaufwand** mind. ca. 2-3 Stunden pro Woche

Skript zur

Einführung in den Modellraketenbau und die Verarbeitung von Faserverbundstoffen

Version vom 23.10.2019



WARR

Wissenschaftliche
Arbeitsgemeinschaft für
Raketentechnik und Raumfahrt



(Scannen für PDF)

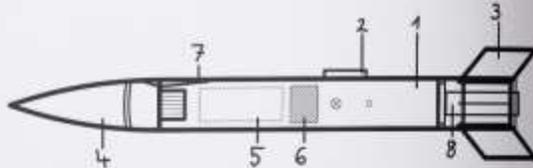
herausgegeben von der
wissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaft für Raketentechnik und Raumfahrt
(WARR e.V.)

c/o TUM Lehrstuhl für Raumfahrttechnik
Boltzmannstraße 15
D-85748 Garching bei München

www.warr.de

2.2 Bestandteile einer Modellrakete

Eine Modellrakete besteht im Wesentlichen aus Folgendem:



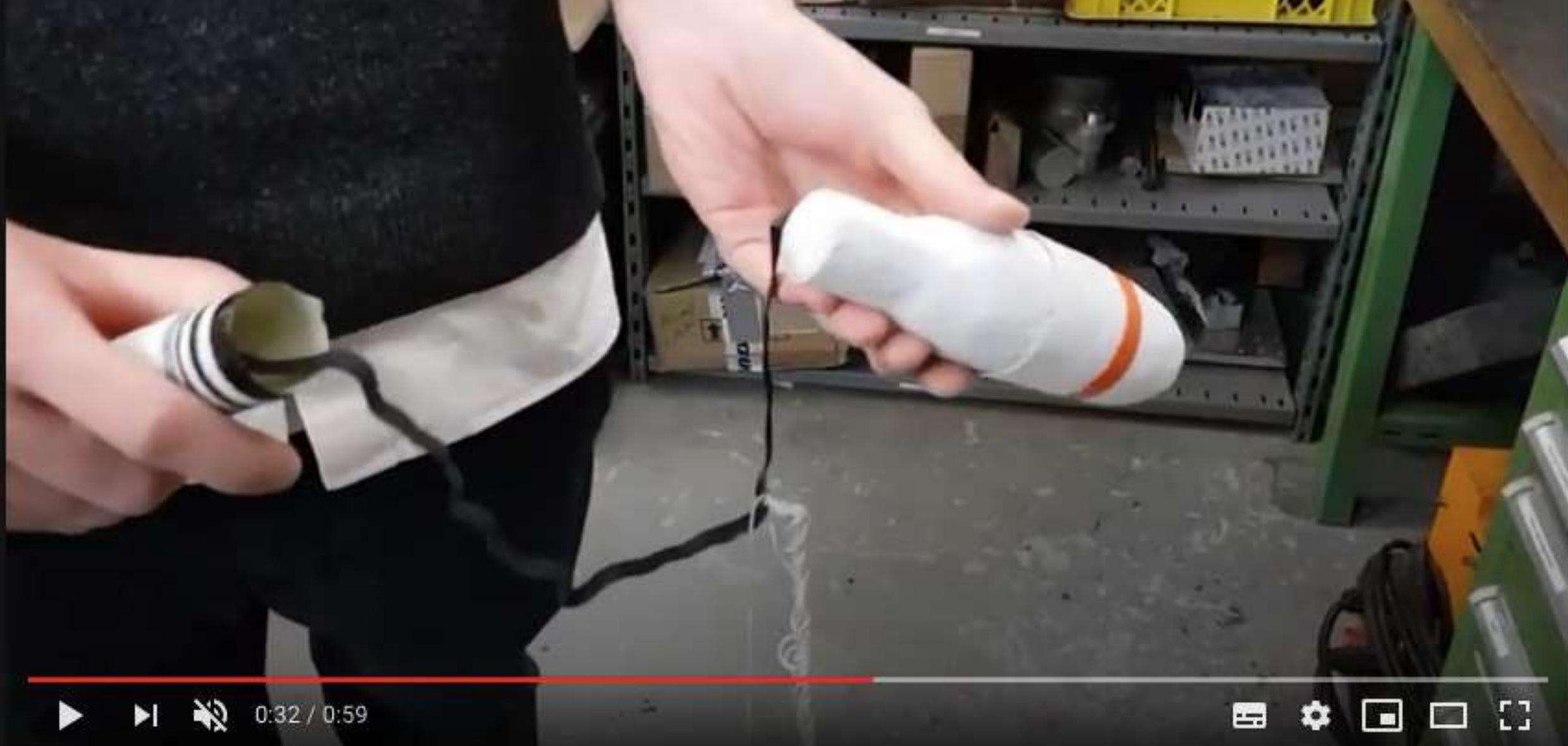
1. **Das Körperrohr.** Es ist das wichtigste krafttragende Element der Rakete. An diesem werden alle weiteren Strukturelemente befestigt. Das Körperrohr muss in Längsrichtung der Rakete **sehr stabil** sein, da hier die meisten Belastungen aufkommen.
2. **Die Leittröhrchen.** Beim Start wird die Beschleunigung vom Motor relativ „langsam“ aufgebaut, in dieser Phase kann es dazu kommen, dass die Rakete auf der Startrampe umkippt und in die falsche Richtung fliegt. Um dies zu vermeiden, muss sie auf einer Stange über eine gewisse Distanz geführt werden. Diese Funktion wird von den Leittröhrchen erfüllt.
3. **Die Leitflossen/Fins.** Sie tragen zur **Stabilität** der Rakete im Flug bei. Ihre Funktion wird später bei der Beschreibung des Druck- und Schwerpunktes erläutert.
4. **Die Spitze.** Sie ist durch eine Schnur mit dem Körperrohr verbunden. Beim Fahhrmanuvr trennt sich die Raketenspitze vom Körperrohr. Sie muss also **verschiebbar im Körperrohr** festgehalten werden. In der Raketenspitze befindet sich meistens auch die **Nützlast** (bei uns das Ei). Die Form für Raketen, welche im Unterschallbereich fliegen, ist frei wählbar. Sollte die Rakete nach Überschlagsrechnungen (mittels der Raketenrundgleichung etc.) in den Überschallbereich kommen, sollte die Spitze aus aerodynamischen Gründen die Form eines spitzen Kegels besitzen. Weitere Informationen dazu können aus entsprechender Fachliteratur entnommen werden.
5. **Der Fallschirm.** In dieser Version des Beugungssystems wird ein Fallschirm benutzt. Es gibt jedoch einige andere unkonventionelle Arten die Rakete sicher zum Boden zu bringen. Eine Schnur verbindet den Fallschirm mit dem Körperrohr und der Raketenspitze.
6. **Der Kolben.** Dieser befindet sich direkt über dem Motor und **schiebt** beim Auslösen der Ausstoßladung **den Fallschirm und die Raketenspitze aus dem Körperrohr heraus.** Der

Kolben muss **sehr genau an das Körperrohr angepasst werden**, da er sowohl den Fallschirm vor direkten Abgases (der Ausstoßladung) schützen soll, als auch die entsprechende Geifähigkeit gewährleisten muss, um alle Komponenten aus der Rakete herauszustößen.

7. **Die Halterungsschnur.** Sie verbindet das Körperrohr, die Raketenspitze und den Fallschirm. Ein Abschnitt der Schnur, an welchem der Fallschirm aufgehängt wird muss **aus elastischem Gummi bestehen**, um das ruckartige Öffnen des Fallschirms abzdämpfen und somit die Belastung der Struktur zu reduzieren (bzw. die Klebestellen nicht unnötig zu belasten).
8. **Raketentmotor.** Dieser wird im nächsten Abschnitt näher beschrieben.



Hier eine weitere Darstellung einer Modellrakete, wobei Schutzwanne an Stelle eines Kolbens eingesetzt wurde. In der Praxis hat es sich aber bewährt, einen Kolben zu verwenden.



 GARCHING BEI MÜNCHEN

Tipps & Tricks für den Modellraketenbau - Teil 2: Übergang und Raketenspitze

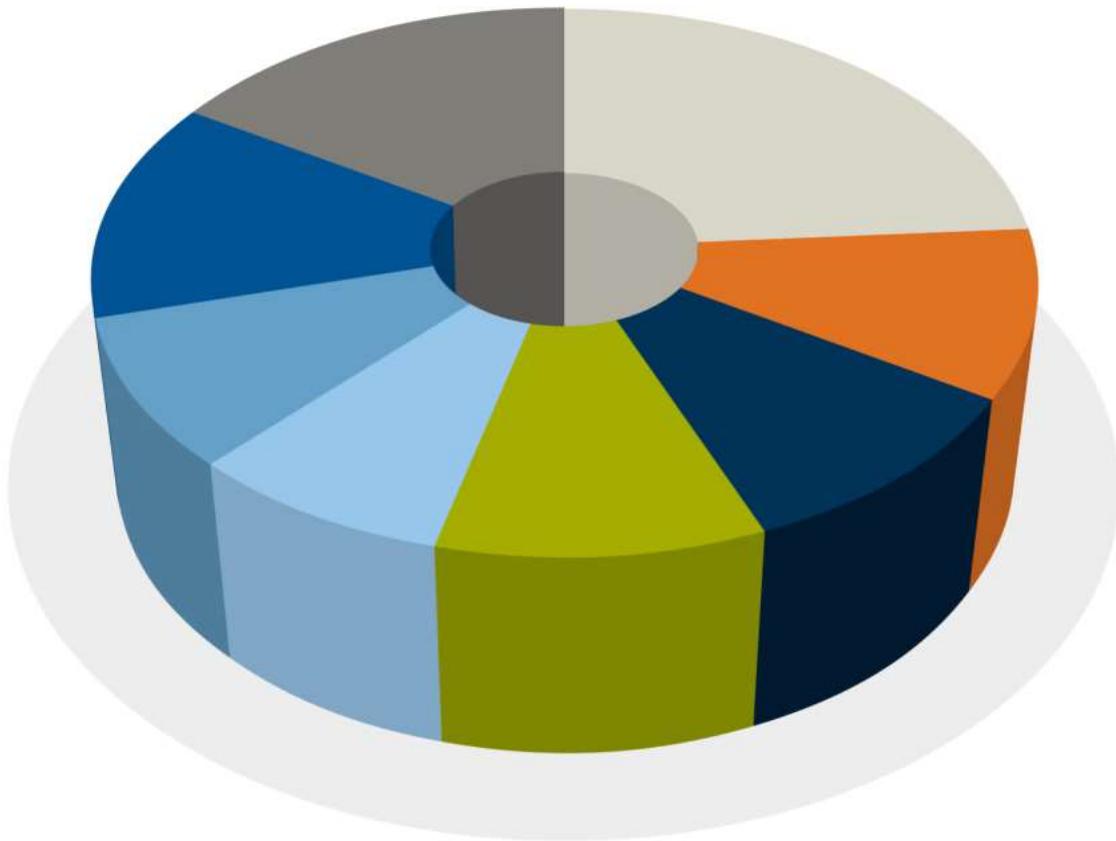
 Nicht gelistet

Ziele

- Flugfähige Rakete bauen
- Rohes Hühnerei mit Rückkehrsystem heil landen
- Rakete einfach wiederverwendbar
- Gewicht der Rakete
 - möglichst unter 140g
 - max. 210g (ohne Ei und Motor)

Regeln

- Rakete nicht vor gemeinsamen Starttag starten
- Nach dem Start nicht mehr beeinflussen
- Zusätzliche Antriebe sind nicht gestattet
- Sicherheitskodex beachten
- **Werkstatt sauber verlassen**
- **Gestellte Materialien nicht verschwenden**



1000 Punkte

Raketengrundgleichung (Ziolkowski-Gleichung) (1)

Beziehung zwischen m und v aus Impulsbilanz:

Zeitpunkt t

$$I_R = m_R \cdot v_R$$

Zeitpunkt $t+dt$

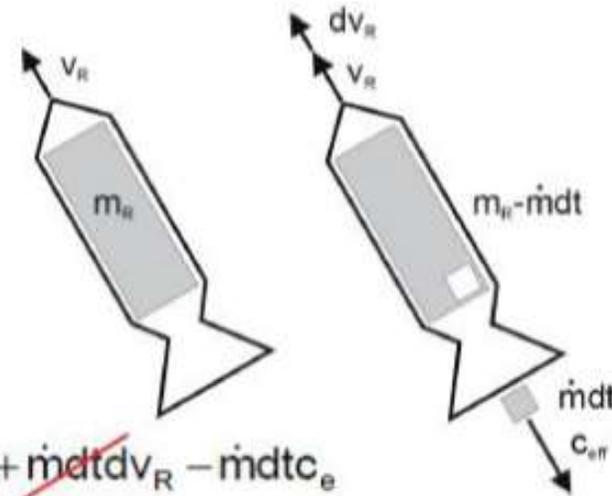
$$I_R = (m_R - \dot{m}dt)(v_R + dv_R)$$

Somit:

$$I_G = (\dot{m}dt)(v_R + dv_R - c_e)$$

$$I_{\text{ges}}(t) = I_{\text{ges}}(t + dt)$$

$$\cancel{m_R v_R} = \cancel{m_R v_R} + m_R dv_R - \cancel{\dot{m}dt v_R} - \cancel{\dot{m}dt dv_R} + \cancel{\dot{m}dt v_R} + \cancel{\dot{m}dt dv_R} - \dot{m}dt c_e$$



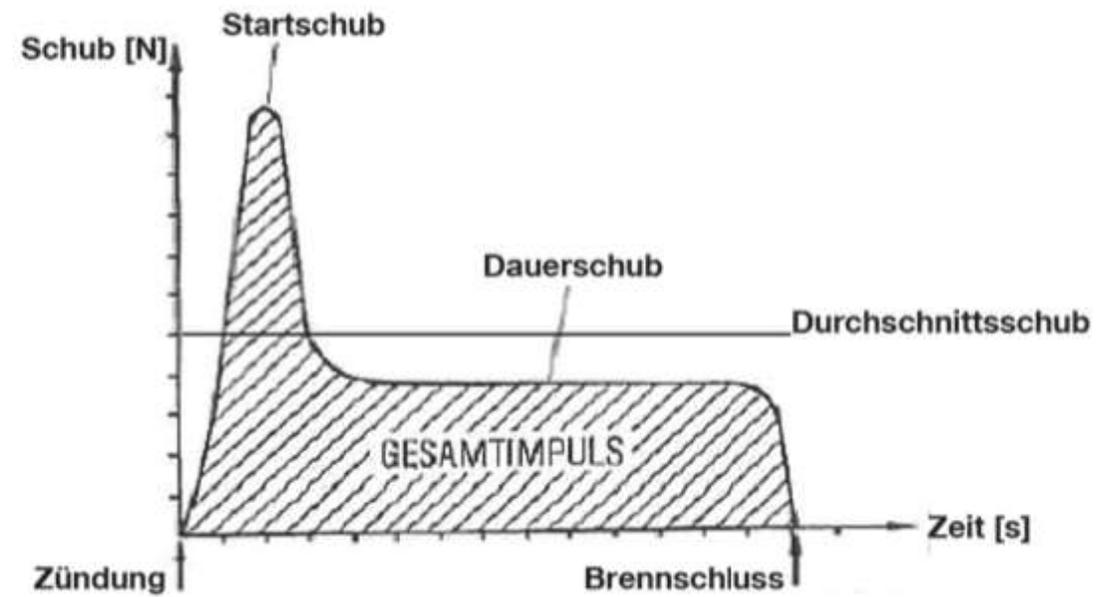
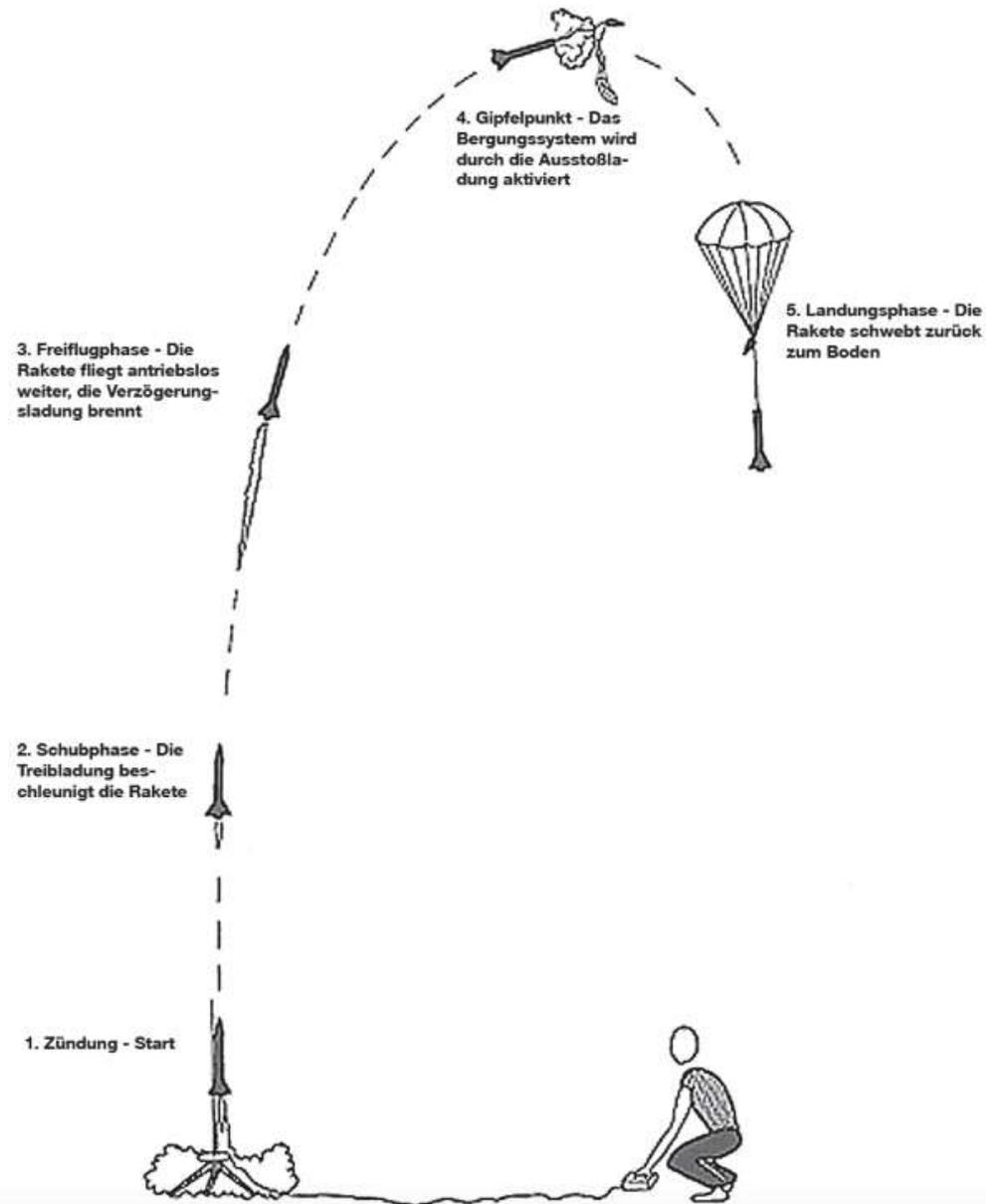
Mit $m_R(t + dt) = m_R(t) - \dot{m}dt \rightarrow \frac{dm_R}{dt} = -\dot{m}$

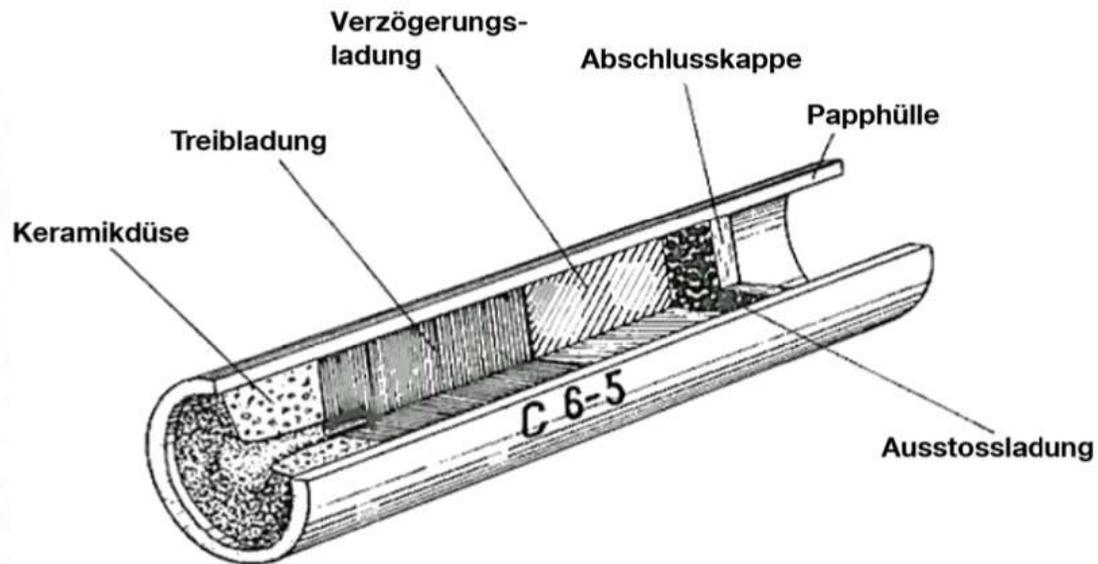
Folgt $dv_R = -\frac{dm_R}{m_R} c_e \rightarrow \int_{v_0}^{v_B} dv_R = -c_e \int_{m_0}^{m_B} \frac{1}{m_R} dm_R$

$$\Delta v = v_B - v_0 = c_e \ln \frac{m_0}{m_B}$$

mit $m_0 = \text{Startmasse}$

$m_B = \text{Brennschlussmasse}$





- Modell **D9-5**
 - Motorgewicht ca. 27g
 - Länge 7cm, Durchmesser ca. 18mm
- Treibladung
 - Max. Schub: ca. **9 N**
 - Gesamtimpuls: ca. 20 Ns
 - Schubdauer ca. 2s
- Verzögerungsladung
 - Verzögerte Zündung der Ausstoßladung ca. **5 Sekunden** nach Abbrennen der Treibladung
- Ausstoßladung
 - Entgegengesetzt, schleudert Kolben samt Fallschirm heraus

1. CAD Programm
 - **Open Rocket → Entwurf erstellen**
2. Arbeitsplatz auswählen
3. Material inspizieren
4. **Fertigung (→ Videotutorial)**
 - Nasslaminieren mit GFK
 - 3D Drucken
 - Alternative Methoden (siehe Skript)



Corona Edition

1. WARR Werkstatt (Unten in alter Mensa, Garching Campus)

- **Es gilt 3G!**
- Allgemeine Einweisungen für alle Arbeiten notwendig
- Spezielle Einweisung für Drehbank notwendig (Einer pro Team)
- Einweisung für die Benutzung des 3D Drucker notwendig
- **Termine Mitte nächste Woche (Genauerer folgt)**
- **Neu:** Versicherungsbeitrag für Arbeiten notwendig (13,50€ für ein Jahr)
- WARR Mitgliedschaft für Versicherung notwendig (1. Jahr gratis, danach 10€/Jahr)
- **Corona:**
 - Maximal erlaubte Personenanzahl beachten
 - Online Reservierung und Eintragung in Liste (Link in Telegram)
 - Maskenpflicht und regelmäßige Desinfizierung

Corona Edition

2. TUM MakerSpace (Lichtenbergstraße 6, Garching Campus)

- Tische und Arbeitsflächen
- verschiedene Maschinen (3D Drucker, Lasercutter, ...) → Einführungskurs notwendig
- „Stipendium“ für MINT Studierende
 - ½ Jahr gratis Zugang & ein gratis Kurs
 - Keine automatische Verlängerung
 - Einfach online beantragen
- Dortige Hygienemaßnahmen beachten!

Corona Edition

3. Eigenverantwortlich andere Arbeitsplätze suchen

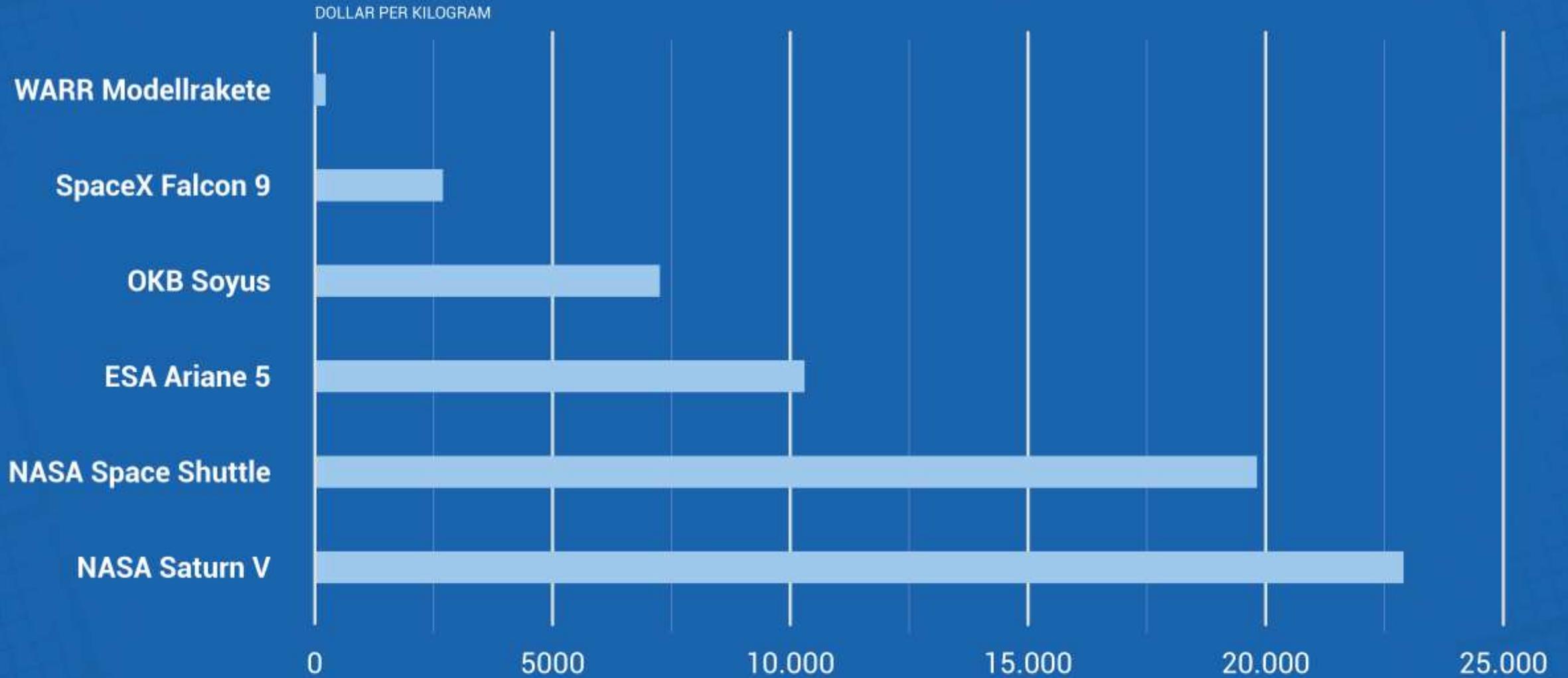
- TUM Gelände
- Zu Hause
- ...

→ Alles außer Drehbank/3D Drucker kann flexibel an verschiedenen Orten erledigt werden

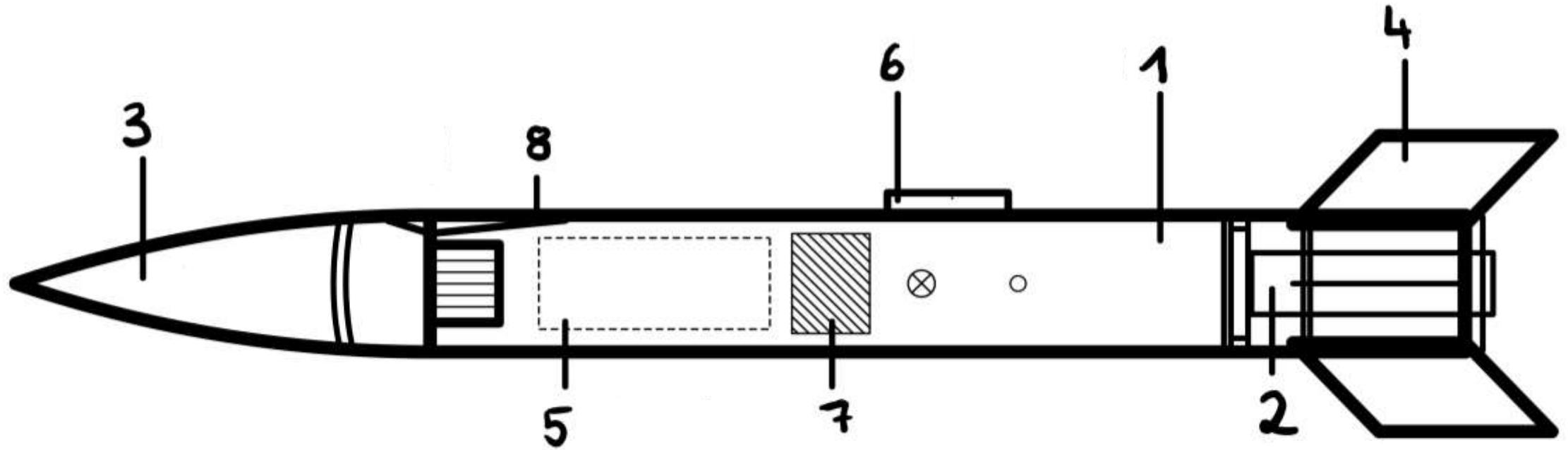
Corona Edition

Alle für den Bau notwendigen Materialien findet ihr in der Werkstatt.

- Lacke/Farben → Zugänglich in der Werkstatt auch ohne Einweisung/Versicherung. Nur im Freien lackieren
- Drehbank für Vorlagen aus Holz
 - In WARR Werkstatt, nur mit Einweisung/Versicherung
 - Im Makerspace, dortige Einweisung nötig
- 3D Drucker → In WARR Werkstatt, ihr könnt:
 - Drucker selbst bedienen mit Einweisung/Versicherungen
 - Datei für 3D Drucker entwerfen und wir drucken es für euch, ohne Einweisung/Versicherung

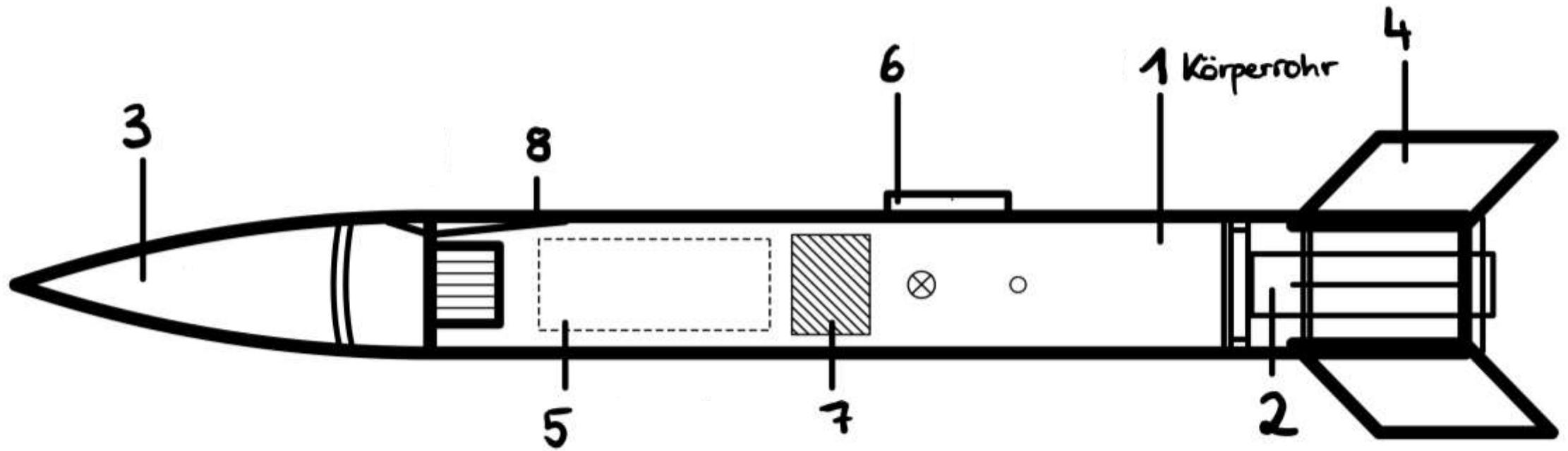


sources: spacex.com, wikipedia.com or closest estimates © WARR 2019



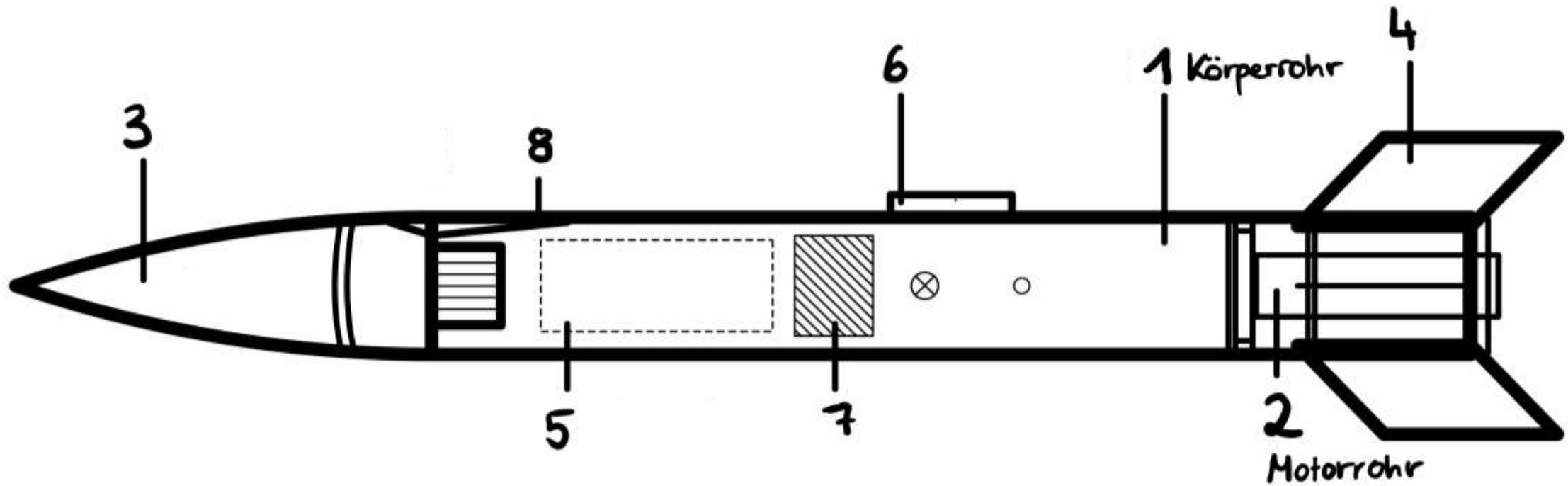


- Anforderungen: sehr stabil
- Laminieren
- Als Vorlage Rohr mit richtigem Durchmesser verwenden (und Backpapier!!)



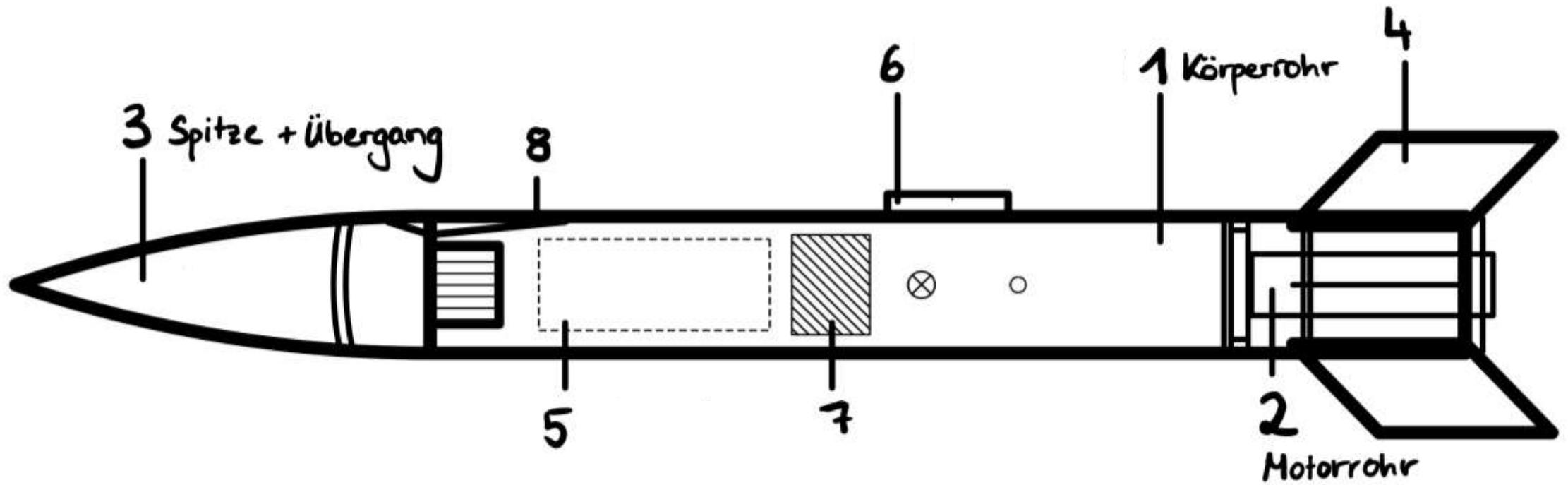


- Motor im Innenrohr (mit passenden Maßen) befestigen
 - **WICHTIG:** Von beiden Seiten fixieren
 - Motor darf nicht verkleben
- Durch Distanzringe (Holz) an Körperrohr befestigt
 - Fertigung auf der Drehbank
- Innenrohr: Fertigung wie Körperrohr



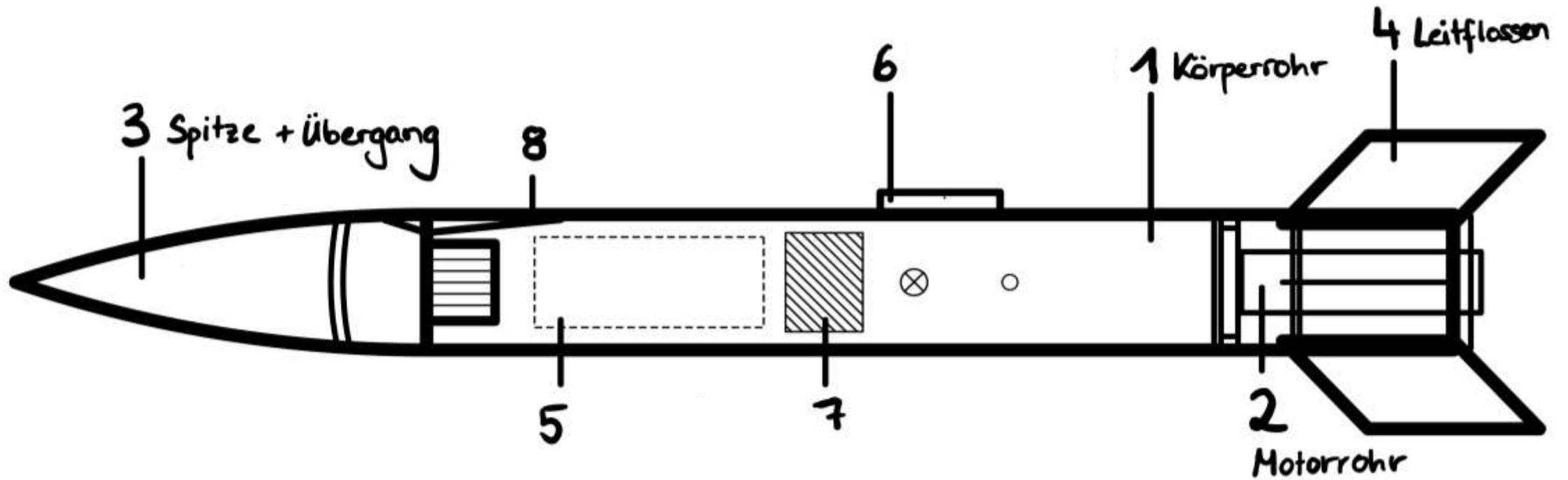


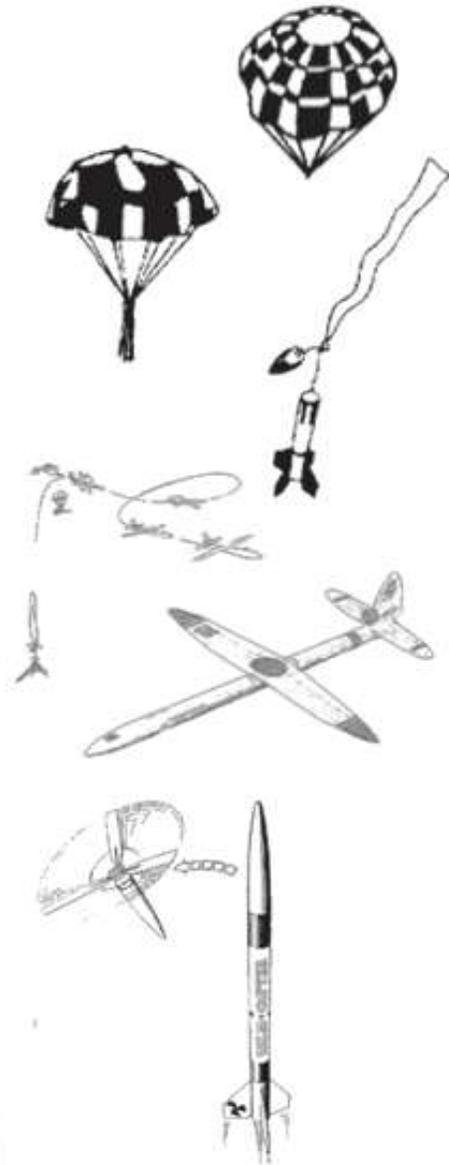
- Ei mit Watte kommt in die Raketenspitze
- Übergang
 - Verbindung zwischen Körperrohr und Spitze
 - Muss leicht aus Körperrohr herausgestoßen werden können
- Genau auf Durchmesser und Form achten
- Vorlage: Holz auf Drehbank drehen
- Statt Backpapier Kondom o.ä.
- Einzeln lackieren



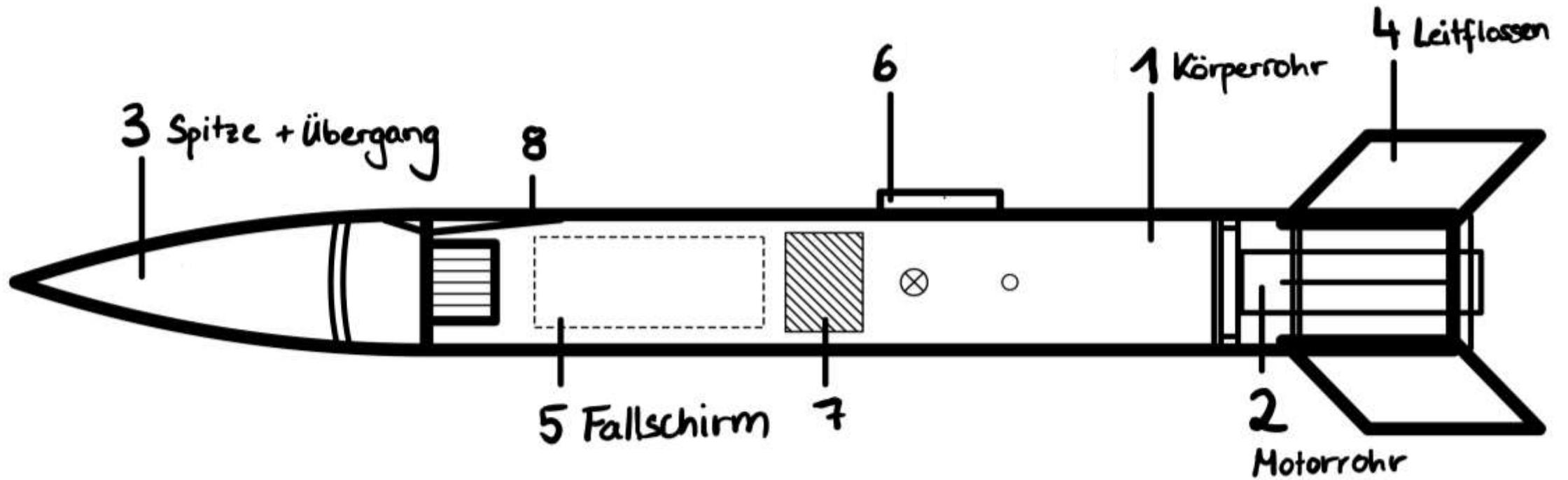


- Tragen zur Stabilität bei
- Form in Open Rocket genau festlegen
- Fertigung:
 - Glasfaser auf gerader Oberfläche (Holzplatte o.ä.) auf einer Schutzschicht (z.B. Backpapier) laminieren
 - später weitere Platte und Beschwerer oben drauf (wieder mit Backpapier!)
- Flossen nach Trocknen zuschneiden und schleifen



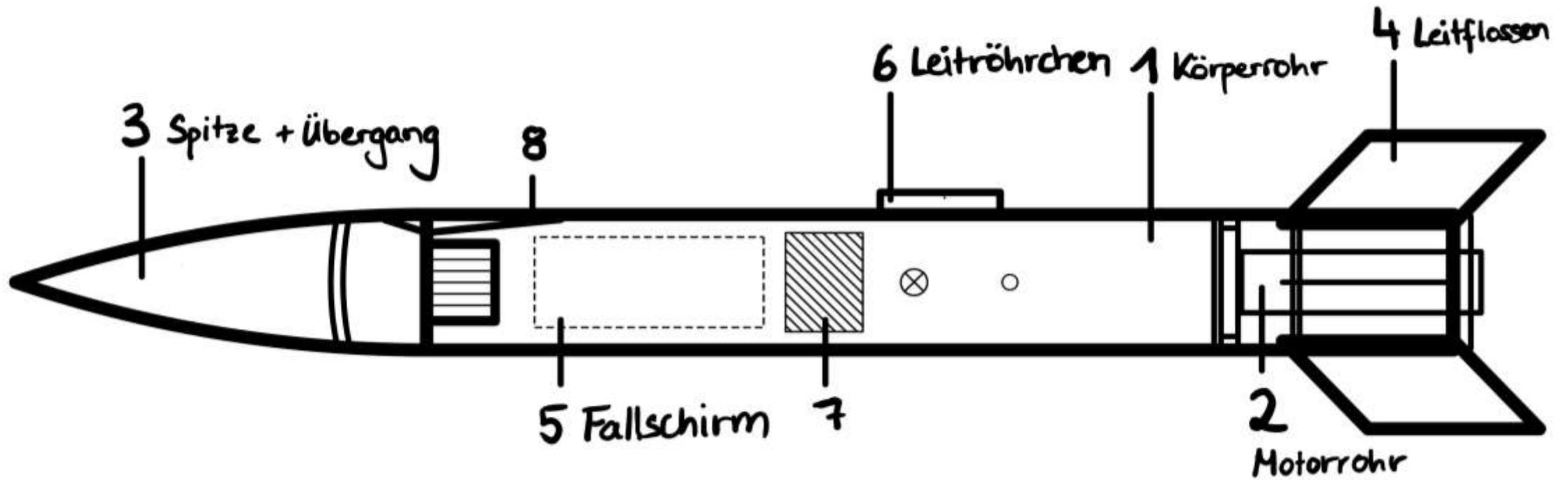


- Durch Schnur mit Spitze und Körperrohr verbunden
- Anforderungen
 - geringe Dichte
 - hohe Reißfestigkeit
 - darf nicht verkleben
- Material: Rettungsdecke, Fallschirmseide,...
- Locker packen (siehe Skript)
- Größe: Schätztabelle in Skript
- Alternativ: Rumpfteiler, Flatterband, Helikopter, Gleiter





- Zweck:
 - Fixierung der Rakete an der Startrampe
 - Führung beim Start
- Material: Strohhalme
- Befestigung an Spitze und Finne, sodass Rakete gerade steht
- Vor dem Lackieren ankleben



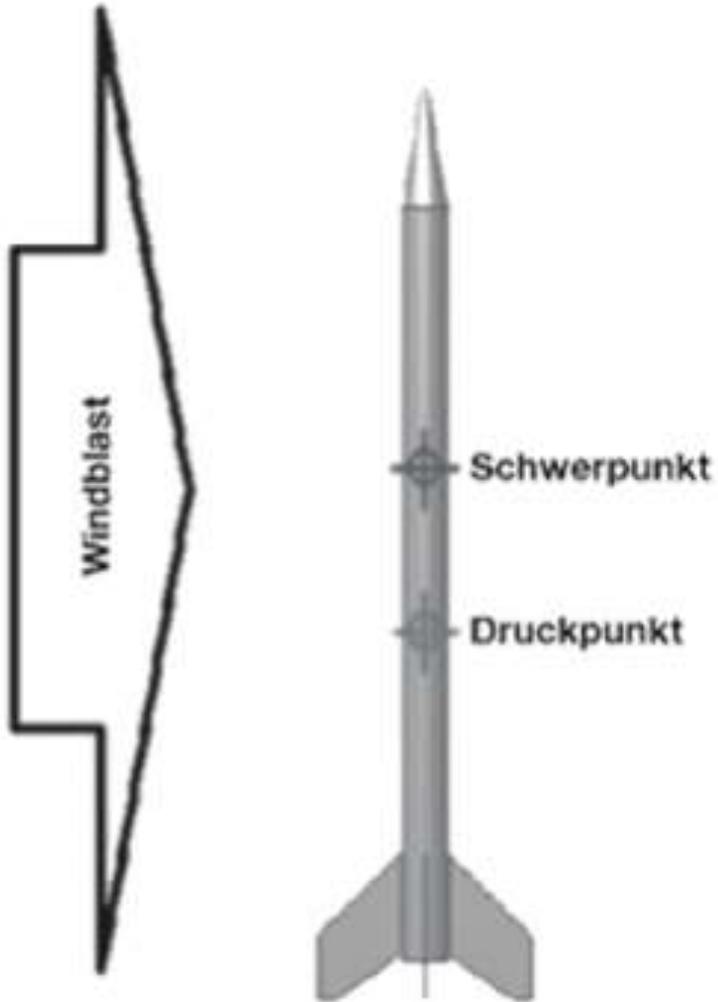


- **Kolben**

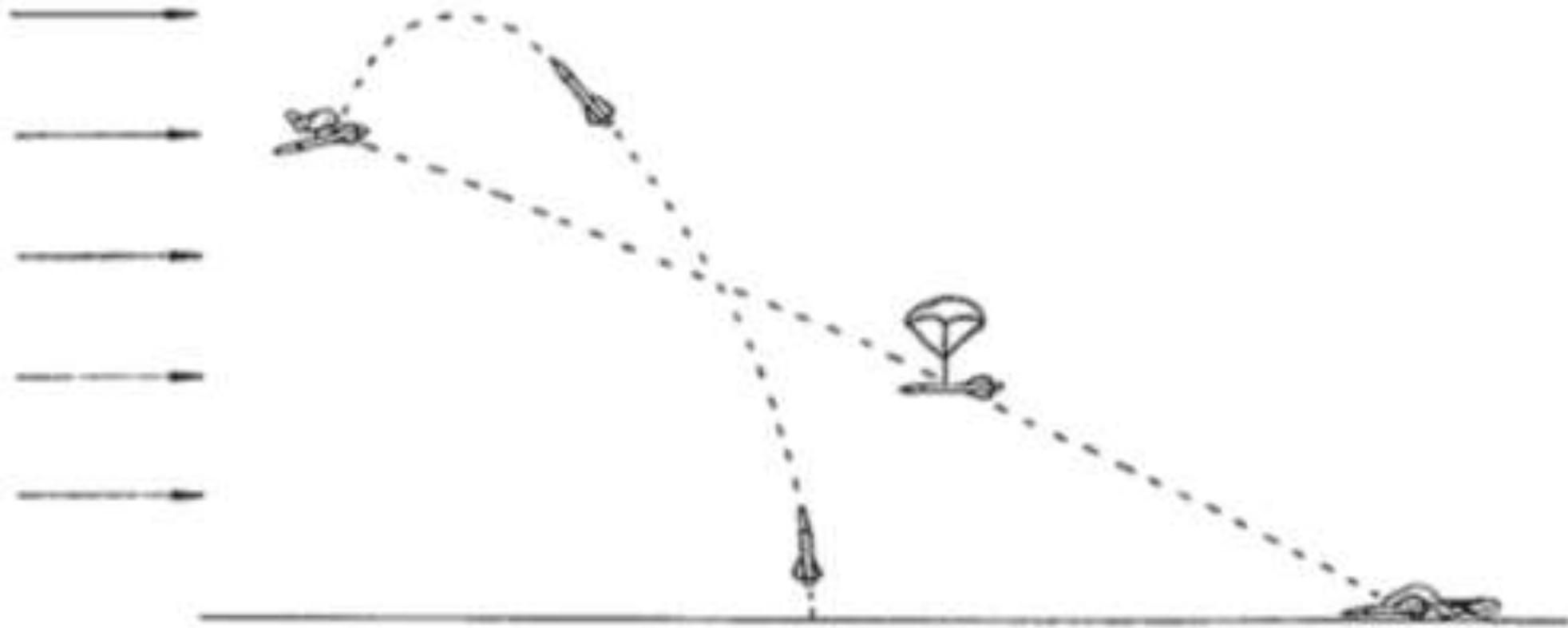
- Schiebt durch Ausstoßladung Fallschirm und Raketenspitze aus Körperrohr
- Größe sehr genau anpassen, möglichst reibungsarm
- In Alufolie gewickeltes Polysryrol

- **Halterungsschnur**

- Verbindet Körperrohr, Spitze und Fallschirm
- Elastisches Gummi



- **Schwerpunkt**
 - Schubkraft des Motors und Schwerkraft greifen hier an
- **Druckpunkt**
 - Kraft aus Luftwiderstand
- **Stabilität**
 - Schwerpunkt vor Druckpunkt!
 - Stabil: Abstand von ca. 1,3- 2,5 Kaliber
 - Überstabil: Abstand von ca. 2,5- 4 Kaliber
 - Kaliber: Durchmesser des Körperrohrs



AMOUNT OF EGGS PER LAUNCH

WARR Modellrakete

SpaceX Falcon 9

OKB Soyus

ESA Ariane 5

NASA Space Shuttle

NASA Saturn V

0

0,2

0,4

0,6

0,8

1

shown data is based on closest estimates © WARR 2019

1. Teams bilden (z.B. auf Telegram)
2. Anmeldung per E-Mail **bis zum 2.11.2020**
3. Ihr bekommt von uns auf Telegram: Skript und Links zu Videotutorials sowie Formulare (Mitgliedsantrag, Versicherung) und diese Präsentation
4. Falls ihr in die WARR Werkstatt wollt:
 1. Mitgliedsantrag ausfüllen und abgeben und Versicherungsbeitrag (10€) bezahlen
 2. Einweisung (allgemein, speziell für Drehbank/3D Drucker)
5. Ggf. beim MakerSpace anmelden
6. Entwurf in Open Rocket erstellen und Modellrakete selbstständig fertigen
7. Falls Materialien ausgehen, euch irgendwas fehlt oder ihr Probleme habt, sagt uns Bescheid!

WICHTIG, BITTE AUFSCHREIBEN:

E-Mail

modellraketen@warr.de

Anmeldung per Mail **bis 02.11.20** mit:

1. Name und Email der Teammitglieder
2. Teamnamen
3. Wollt ihr in der Werkstatt arbeiten
(Wer & Welche Einweisungen)

Telegramgruppe



Skript



Wir stehen euch jeder Zeit für Fragen zur Verfügung!

