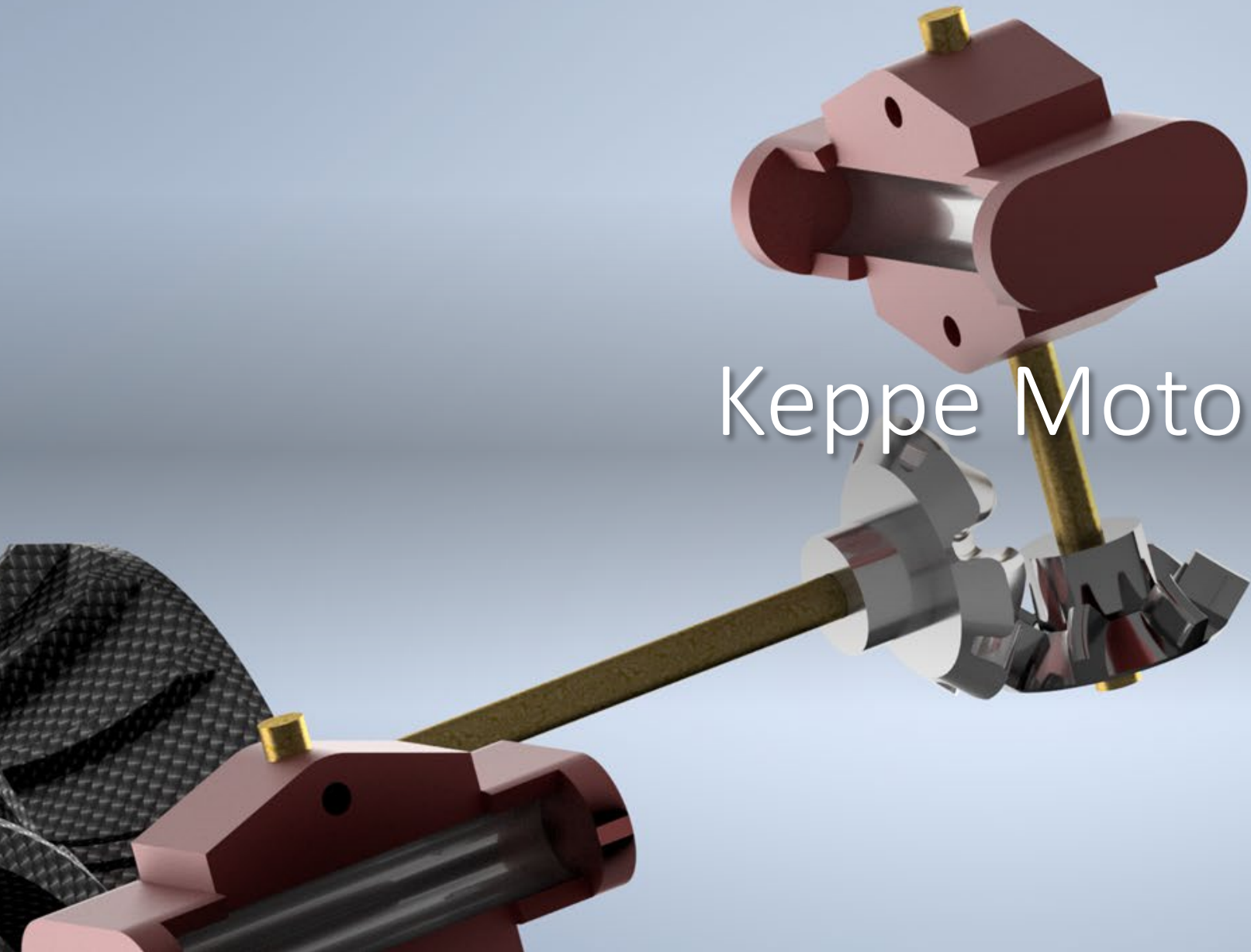


Keppel Motor



Inhalt

- Was ist ein Keppe Motor?
- Wie unser Motor aufgebaut ist.
- Unser Projektmanagment
 - Zeiteinteilung
 - Budget
 - Probleme
- Das resultierende Fazit

Grundidee des Keppemotors

wirkendes Drehmoment

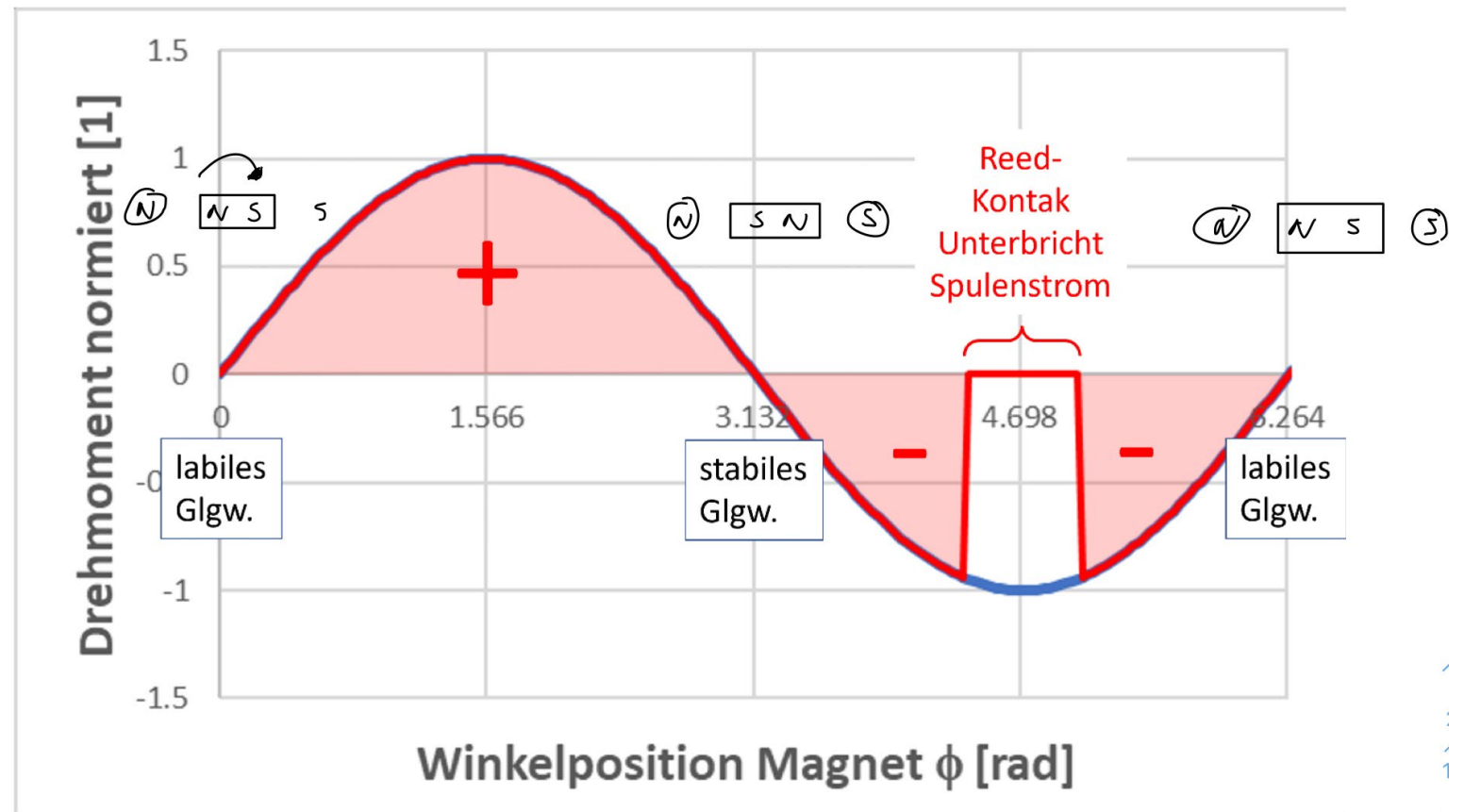
$$T = |B| |H| \sin x$$

Umsetzungsidee:

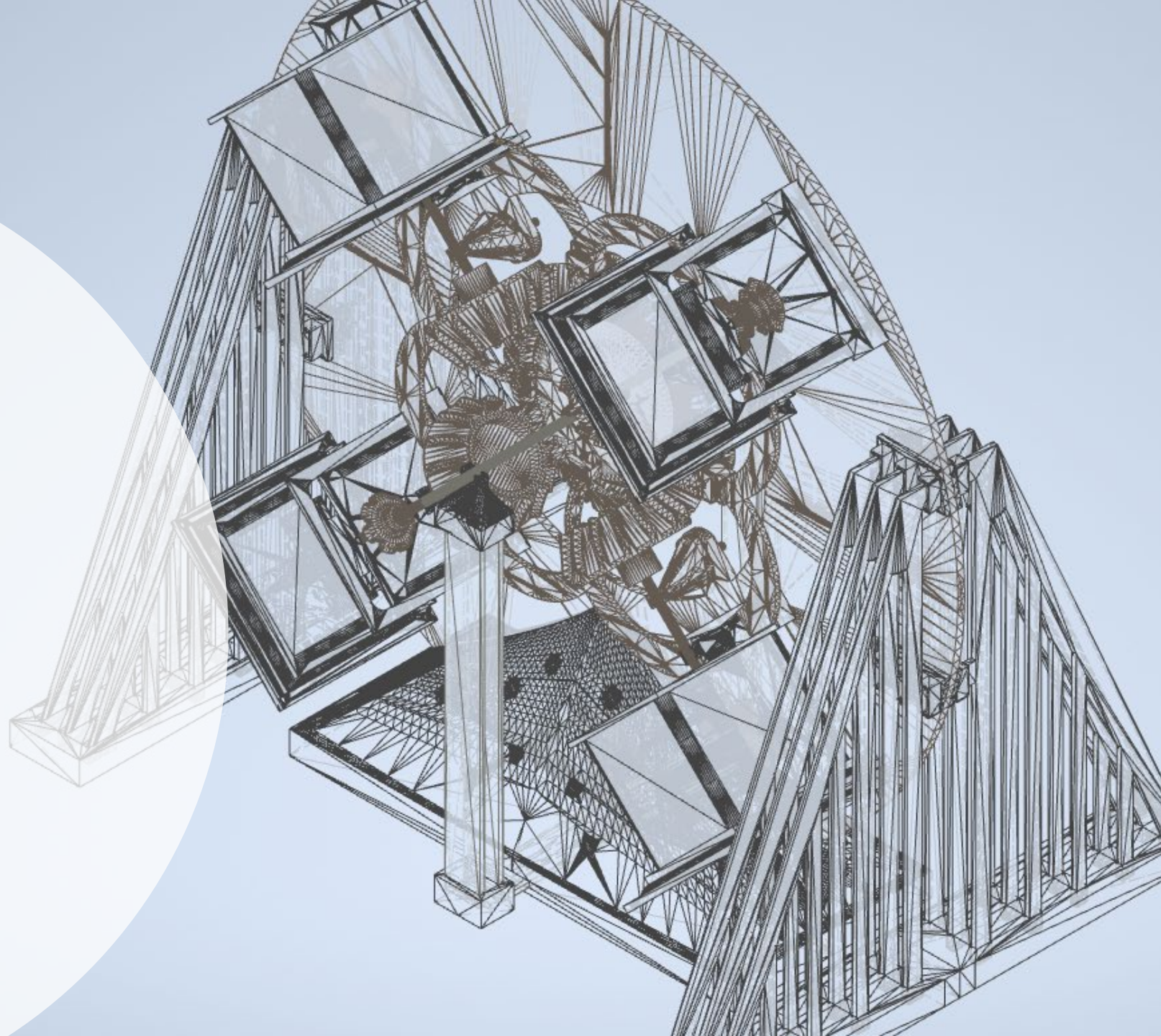
Drehmoment zwischen $\frac{1}{4} \pi$ und $\frac{3}{4} \pi$ nutzen.

Schwungmasse:

Masse des Magneten und Halterung.



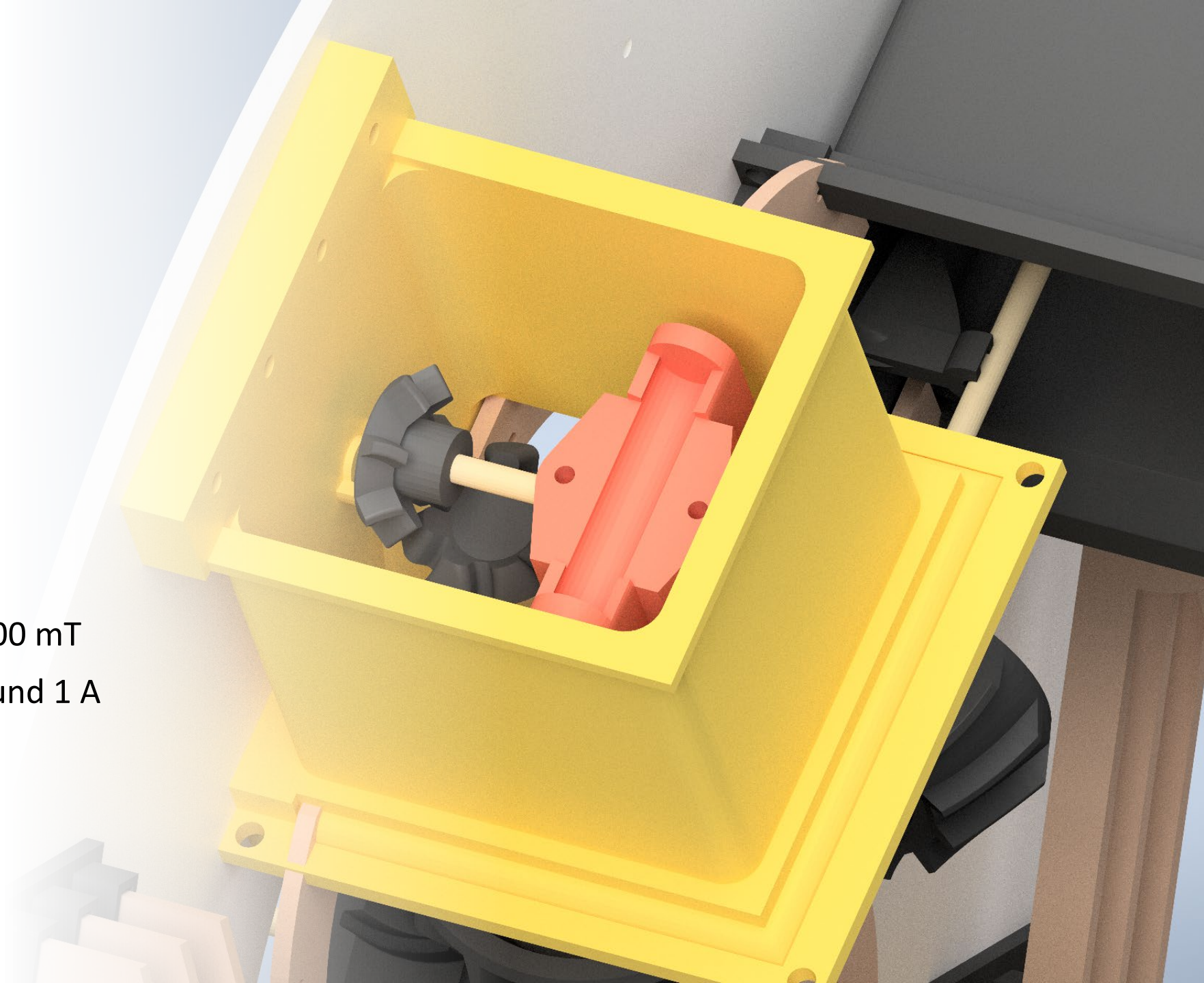
Design Ideen



Spule

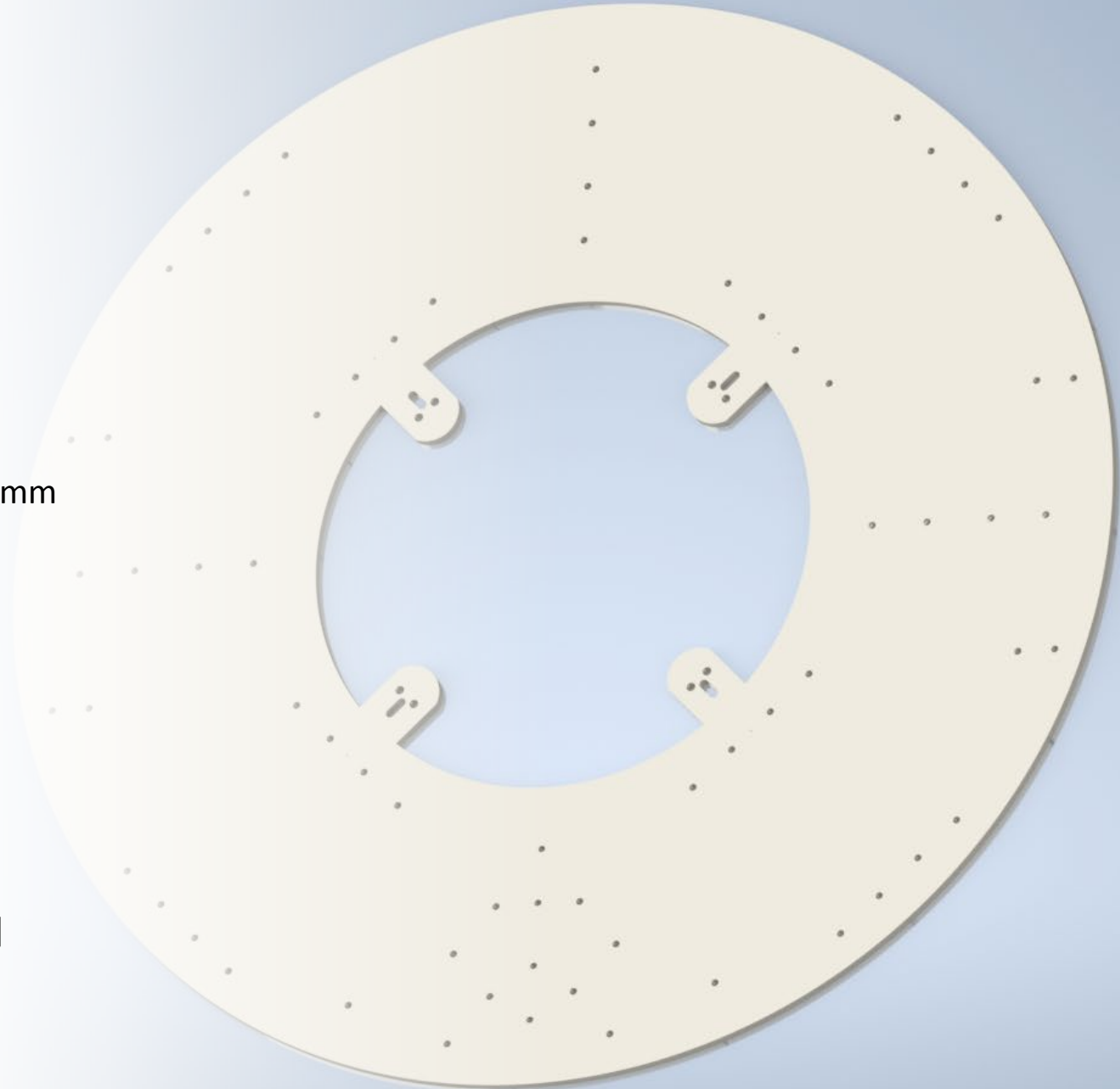
- Abmessungen:
 - 132mm x 132mm x 148.5mm
- Form: Rechteckig
- 500 Wicklungen
- erzeugtes Magnetfeld: 7.00 mT
- Hitzebeständigkeit: 30 V und 1 A

- Fazit:
 - Bessere Planung



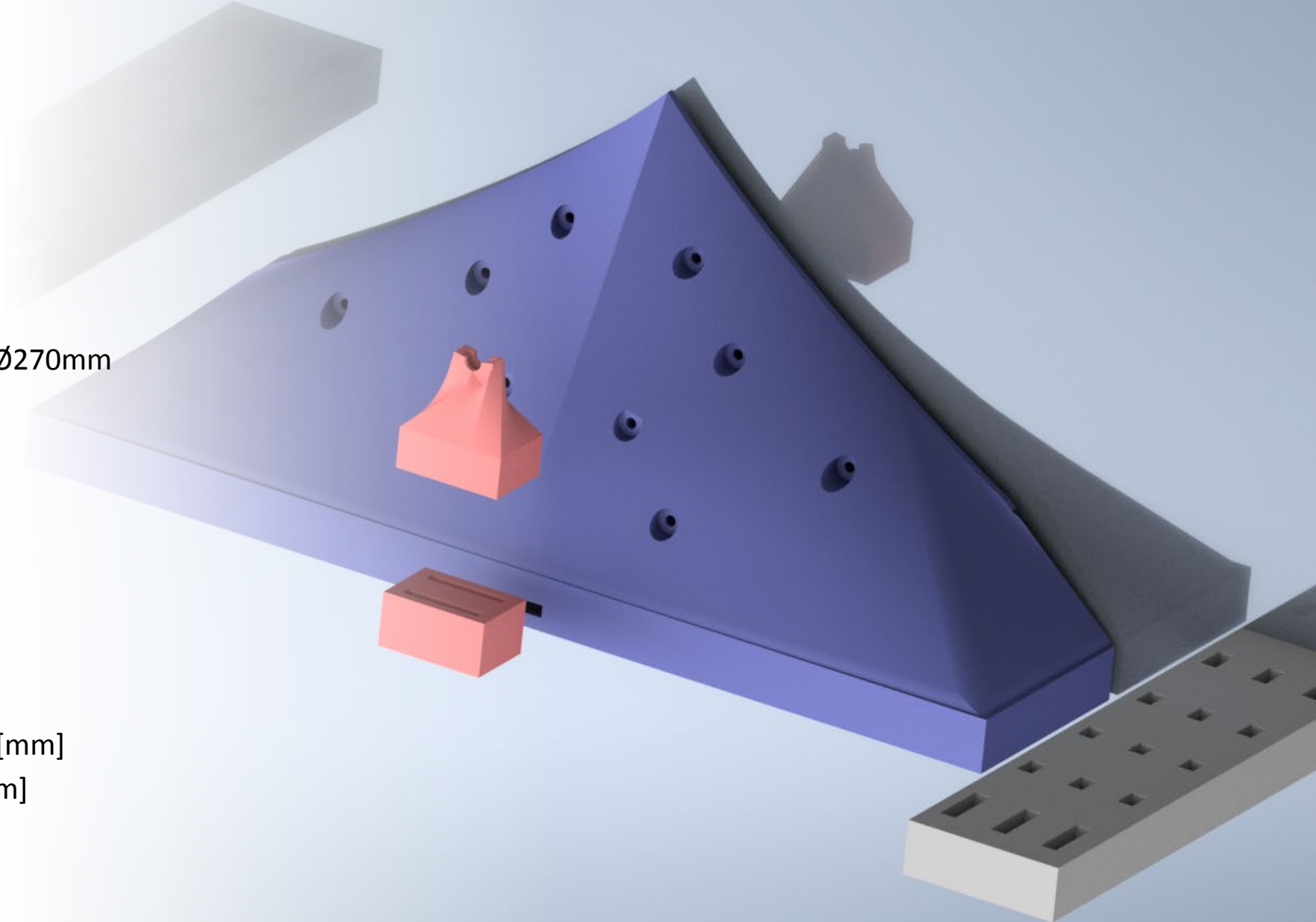
Halterung

- Spulenhalterung
 - Inspiration von Vorgänger
 - Aussen: $\varnothing 600\text{mm}$, Innen: $\varnothing 270\text{mm}$
- Bodenhalterung
 - hoher safety factor
 - 170x380x170 [mm]
- Seitenhalterung
 - Redundante Stützen
 - 208x60x380 [mm]
- Achsenhalterung
 - Mittlere Achse: 20x32x45 [mm]
 - Hauptachse: 40x28x45 [mm]



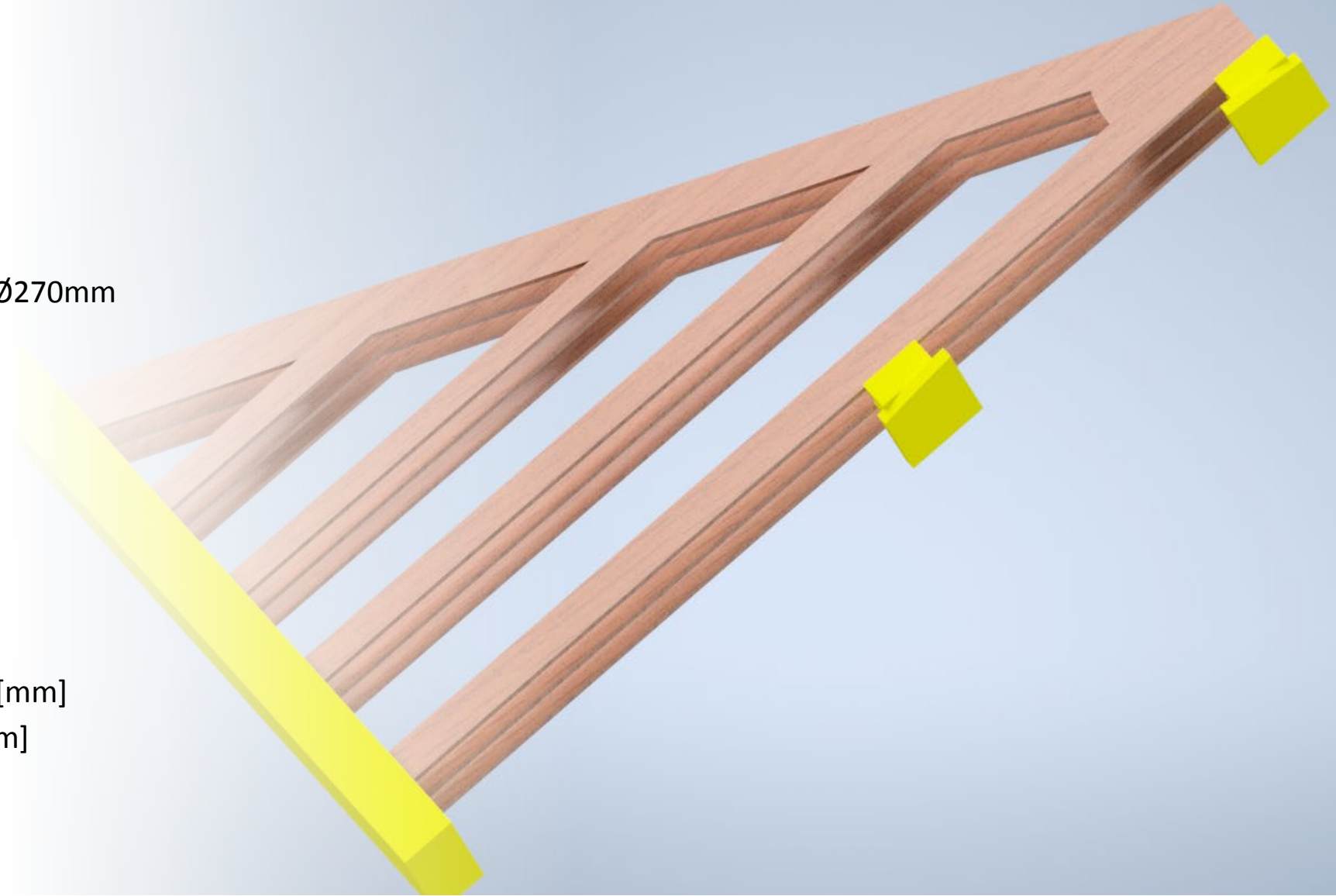
Halterung

- Spulenhalterung
 - Inspiration von Vorgänger
 - Aussen: $\text{Ø}600\text{mm}$, Innen: $\text{Ø}270\text{mm}$
- Bodenhalterung
 - hoher safety factor
 - $170 \times 380 \times 170$ [mm]
- Seitenhalterung
 - Redundante Stützen
 - $208 \times 60 \times 380$ [mm]
- Achsenhalterung
 - Mittlere Achse: $20 \times 32 \times 45$ [mm]
 - Hauptachse: $40 \times 28 \times 45$ [mm]



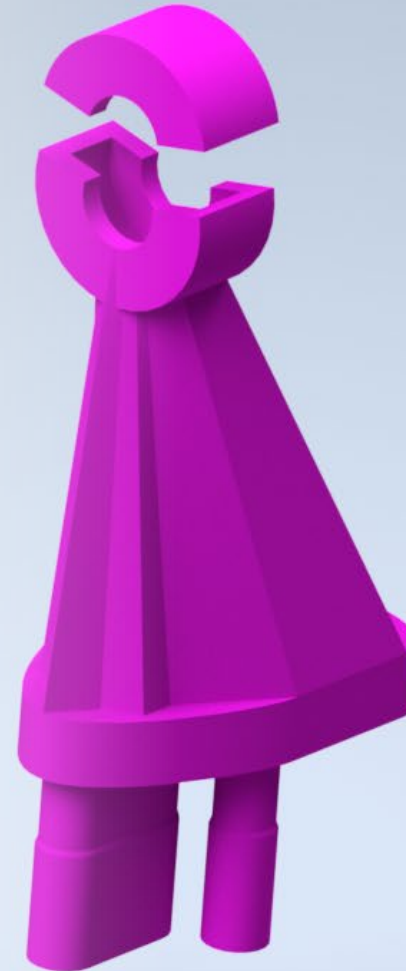
Halterung

- Spulenhalterung
 - Inspiration von Vorgänger
 - Aussen: $\text{Ø}600\text{mm}$, Innen: $\text{Ø}270\text{mm}$
- Bodenhalterung
 - hoher safety factor
 - $170 \times 380 \times 170$ [mm]
- Seitenhalterung
 - Redundante Stützen
 - $208 \times 60 \times 380$ [mm]
- Achsenhalterung
 - Mittlere Achse: $20 \times 32 \times 45$ [mm]
 - Hauptachse: $40 \times 28 \times 45$ [mm]



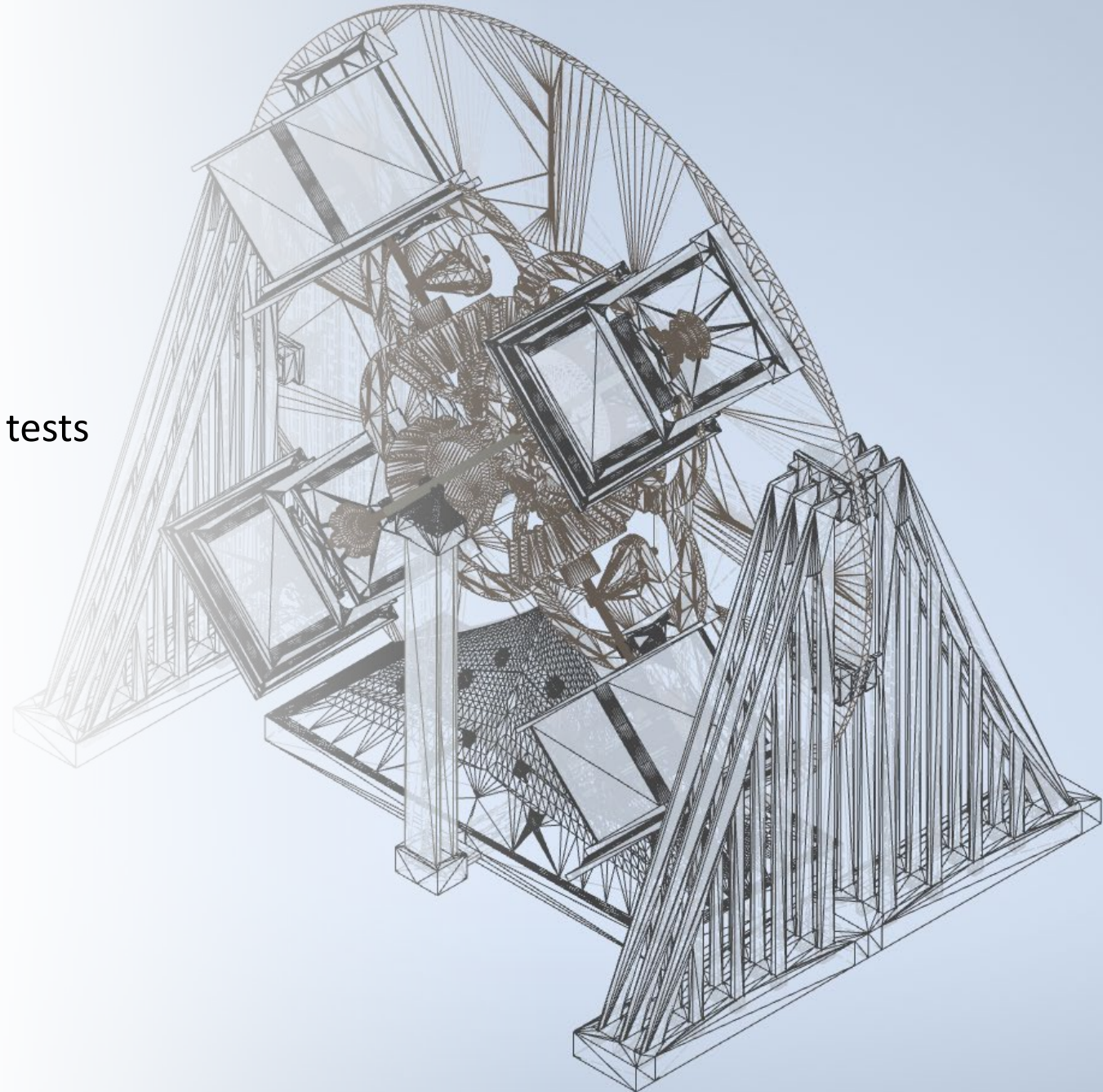
Halterung

- Spulenhalterung
 - Inspiration von Vorgänger
 - Aussen: $\varnothing 600\text{mm}$, Innen: $\varnothing 270\text{mm}$
- Bodenhalterung
 - hoher safety factor
 - 170x380x170 [mm]
- Seitenhalterung
 - Redundante Stützen
 - 208x60x380 [mm]
- Achsenhalterung
 - Mittlere Achse: 20x32x45 [mm]
 - Hauptachse: 40x28x45 [mm]



Halterung

- Verbesserungspotential
 - "dummy" halterung für tests
 - Reviews
 - Mass management
 - Auswahl von Material
 - kritische Designphase



Elektronik

Funktion:

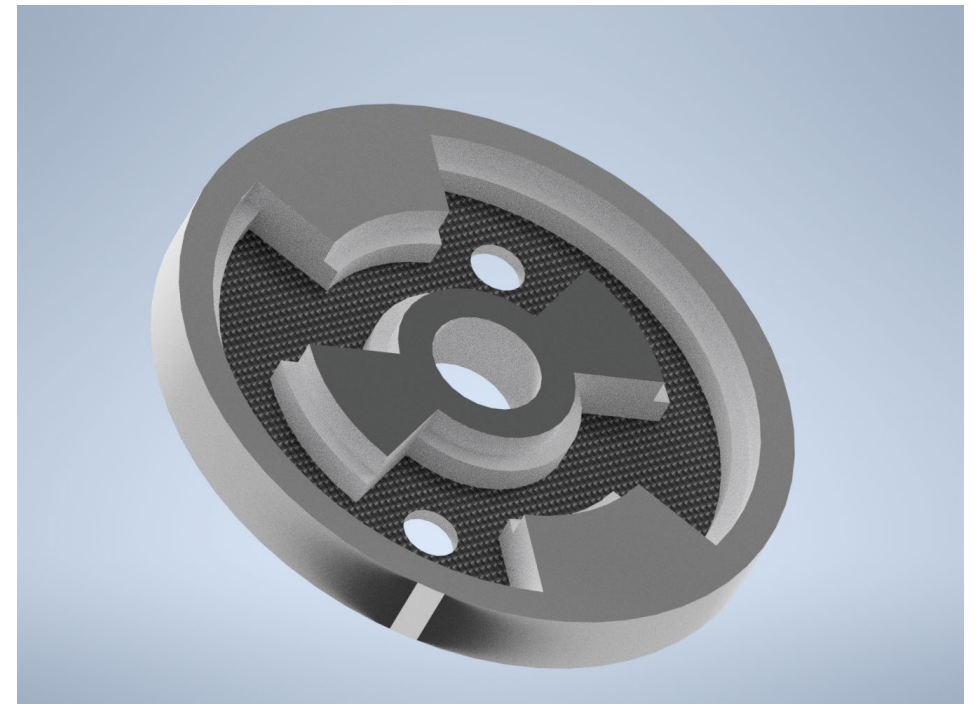
- Ein-/Ausschalten der Spulen

Schwierigkeiten:

- Gescheiterter Prototyp
- Löten
- CNC-Fräsen

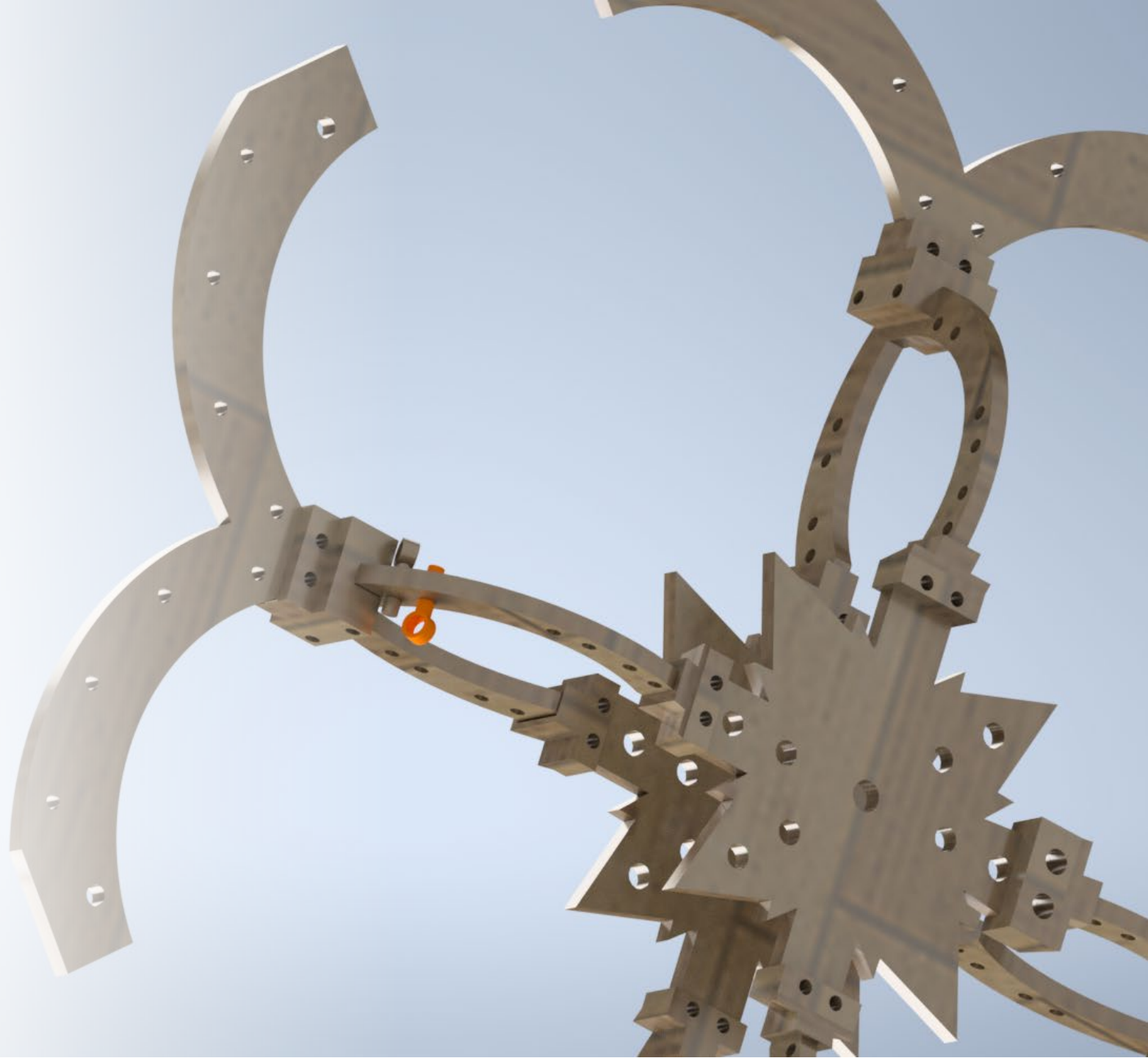
Verbesserungspotential:

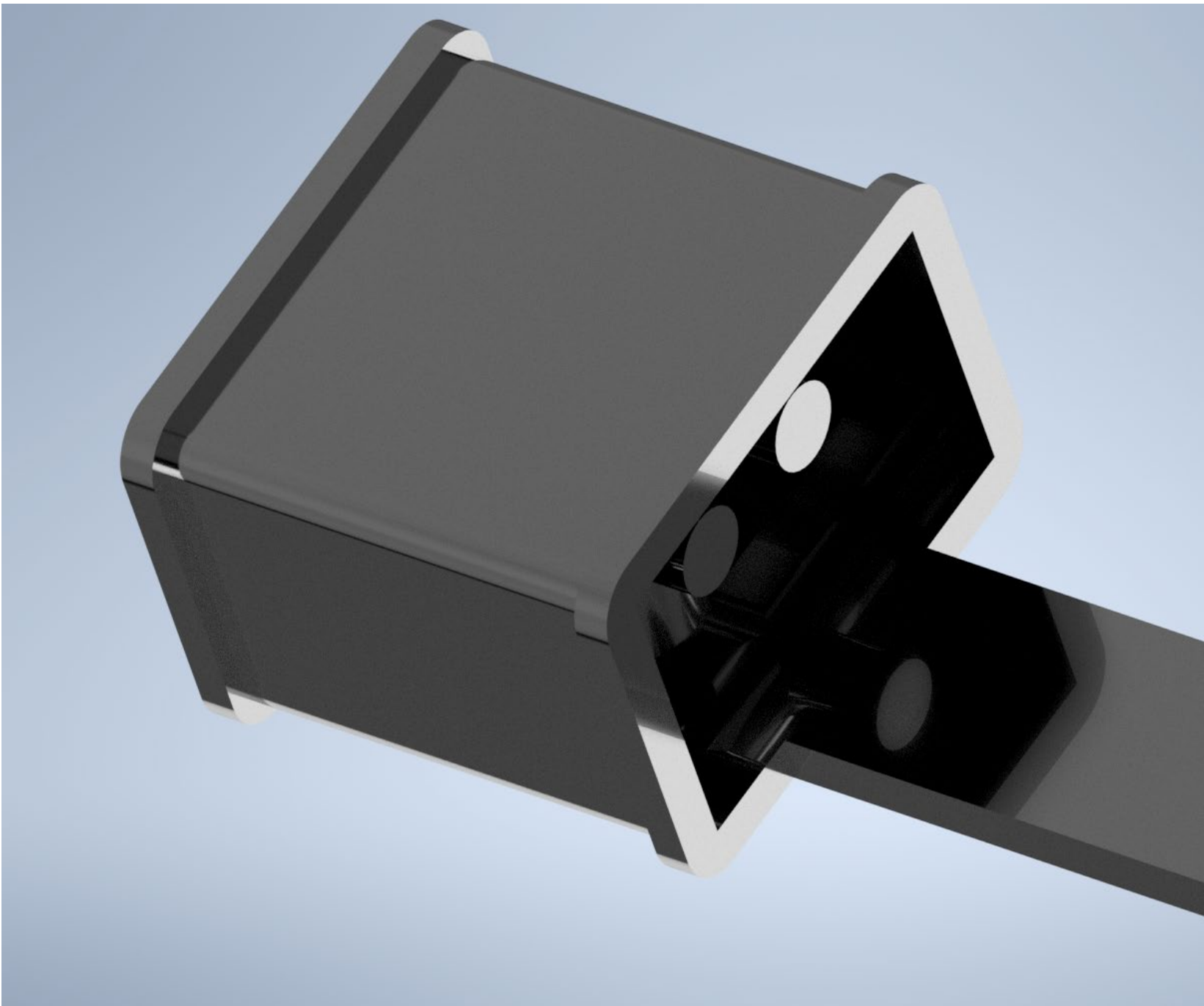
- Gewicht
- Befestigung (Isolation Zentralachse)
- Schleifkontakte (Ungleichmässiger Stromfluss)

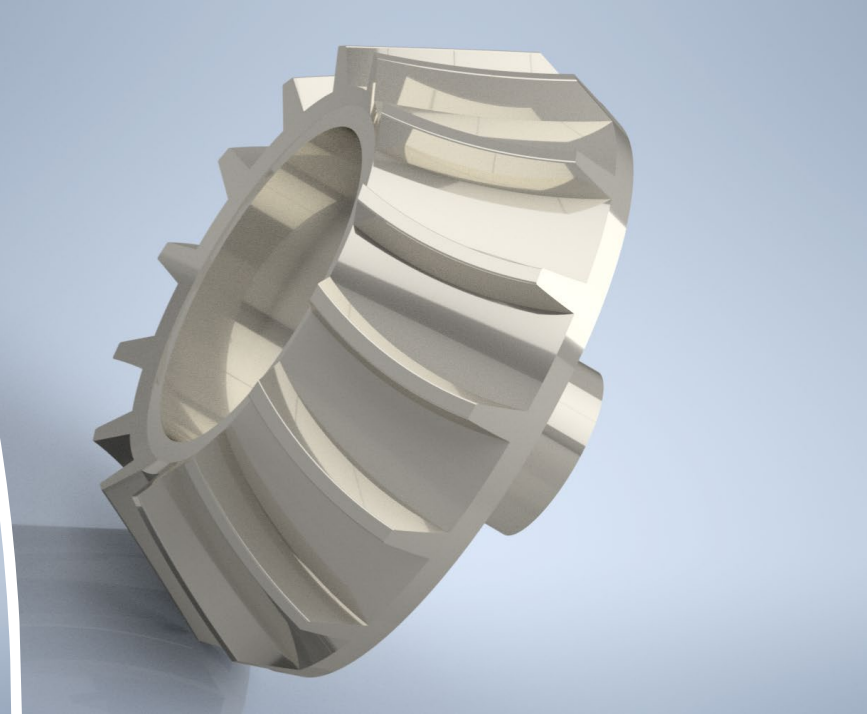
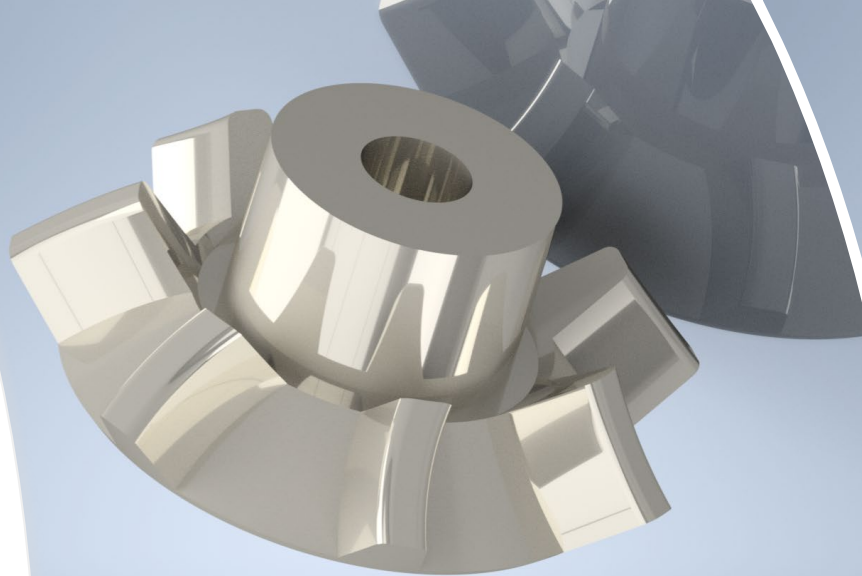


Interface – Bindeglied zwischen den Spulen

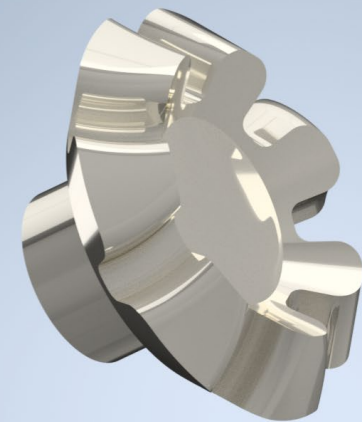
- 22 Elemente
- 40 Kabelhalter
- Wendepunkt im Projekt mit neuen Arbeitsmethoden
- Spannt 337 mm auf
- Anfangs als Fixierung der Achse zwischen der Spule und der Hauptachse

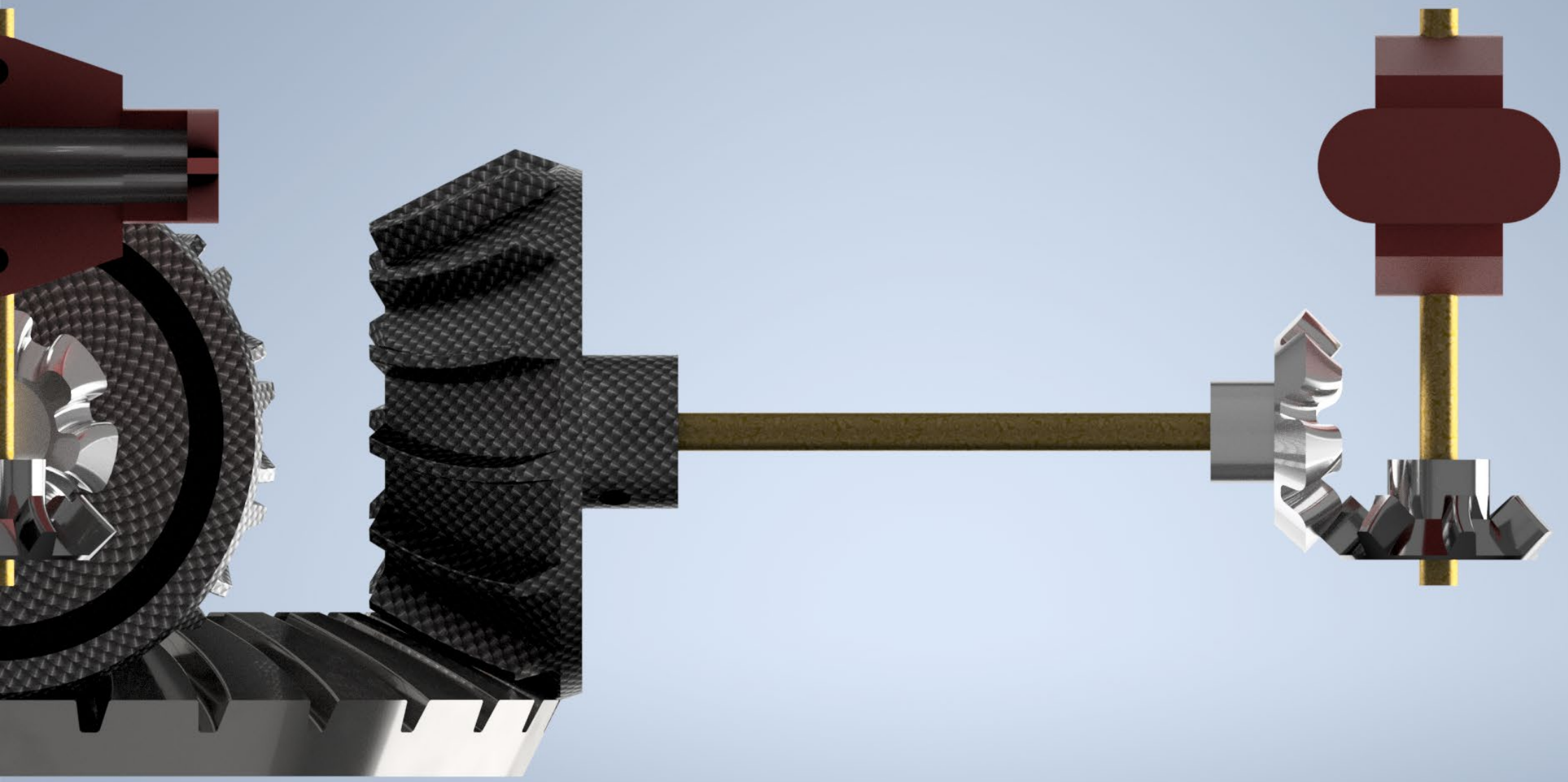


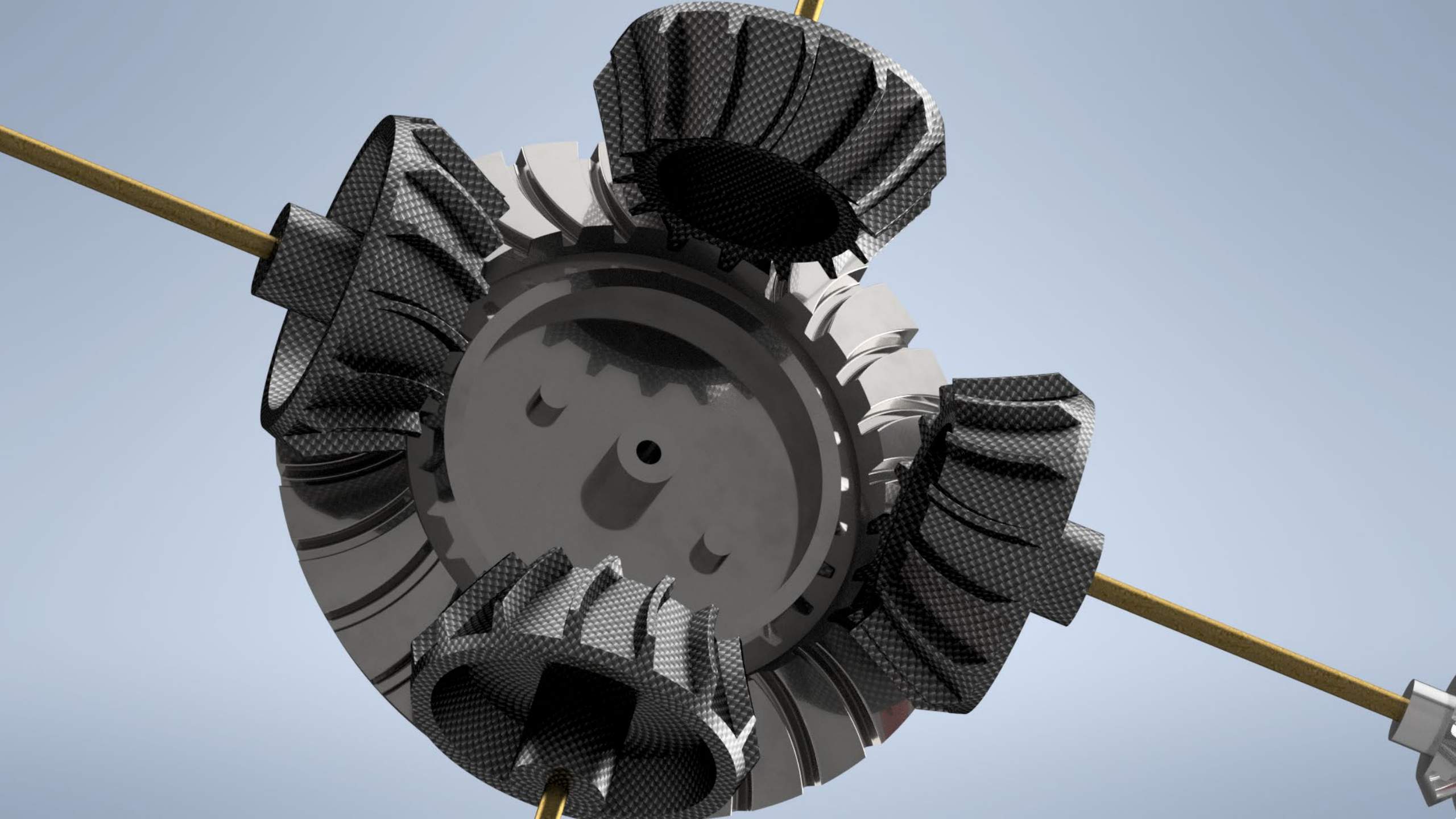




- **Zentrales Zahnrad:**
 - \varnothing : 177 mm
 - 28 Zähne
 - Halterung für die Leiterschleife
- **Grosses Zahnrad:**
 - \varnothing : 88 mm
 - 14 Zähne
 - 2:1 Übersetzung
- **Zahnrad der Nebenachse:**
 - \varnothing : 38.5 mm
 - 7 Zähne
- **Zahnrad in der Spule:**
 - \varnothing : 38 mm
 - 7 Zähne
 - 1:1 Übersetzung







Budget

Verbesserungspotential:

- Sparen bei teurem Material
 - Weniger Material (Infill etc)
 - Ersetzen durch anderes Material
- Effizienteres Prototyping

Bauteil	Material	Menge	Gewicht [g]	Preis	Bauteil	Material	Menge	Gewicht [g]	Preis
Spulen		4		CHF 172.78	Nebenachse				CHF 12.39
Wickelkörper	PLA/PETG	4	1185.6	CHF 23.71	Achsen	Messing	4		CHF 2.00
Magnete	Neodym-Eisen-Bor	8		CHF 69.60	Grosse Zahnräder	PLA	4	414.2	CHF 8.28
Magnethalterugen	PLA	4	354.7	CHF 7.09	Kleine Zahnräder	PLA	4	44.42	CHF 0.89
Spulenachsen	Messing	4		CHF 2.00	Achsenhalterung	PLA	4	61	CHF 1.22
Zahnrad Spule-Innen	PLA	4	18.9	CHF 0.38					
Kupferdraht 0.4mm	Kupfer			CHF 70.00	Zentralachse				CHF 15.01
					Achse	Messing	1		CHF 2.00
Gesamtkosten:				CHF 462.58	Zentralzahnrad	PLA	1	250.6	CHF 5.01
Kosten pro person:				CHF 92.52	Schaltscheiben	Alluminium	2		CHF 8.00
					Abdeckung Scheiben	PMMA	2		CHF -
Gesamtgewicht Filament [g]:			6009.02						
					Halterung				CHF 185.56
					Bodenstütze	PLA	4	1660	CHF 33.20
					Ringstruktur	Aluminium	4		CHF 150.80
					Holzverbindungen	MDF			CHF -
					Verbindungsstücke	PLA	12	64.68	CHF 1.29
					Kabelhalter	PLA	64	13.4	CHF 0.27
					Divers				CHF 14.00
					Kugellager		14		CHF 14.00
					Schrauben				
					Prototypen				CHF 62.83
					Schaltscheiben	Aluminium/Epoxy	2		CHF 24.00
					Wickelkörper	PLA	2	600	CHF 12.00
					Zahnräder	PLA/ASA	YES	470	CHF 9.40
					Mittelhalterung	PLA	1	268.33	CHF 5.37
					Bodenhalterun Holzstruktur	PETG	4	603.19	CHF 12.06

Warum der Motor schlussendlich doch nicht lief:

Viele kleine Fehler summieren sich.

- Ganz genau wie im CAD wird es nie
- Wenn die MDF Platte plötzlich 5mm breit ist
- Die CNC Fräse hat entschieden, dass dort nicht gefräst wird
- Nun ja es ist dann doch unser erstes grösseres Projekt
- Von aussen sieht es funktionstüchtig aus
- Einen „Design Freeze“ und „External Review“ gab es nicht
- Ein neues Rad läuft nicht unbedingt runder

Fazit

- Bescheidenheit ist essentiell
- Design Iterationen brauchen zeit
- Auch die kleinsten interfaces sind Projektentscheidend
- Je kritischer man ist, desto besser wird das System
- Management Tools helfen für Übersicht
- Back-up Plan einbauen
- Kommunikation direkter gestalten

How to fail but still succeed