

# Planetariumsprojektor Version 3

Baugruppe  
Ikosaederstumpf

Bauteil  
Schleifkontakt

Baugruppe  
„Neigung /  
Drehung“

Bauteil Zahnriemen

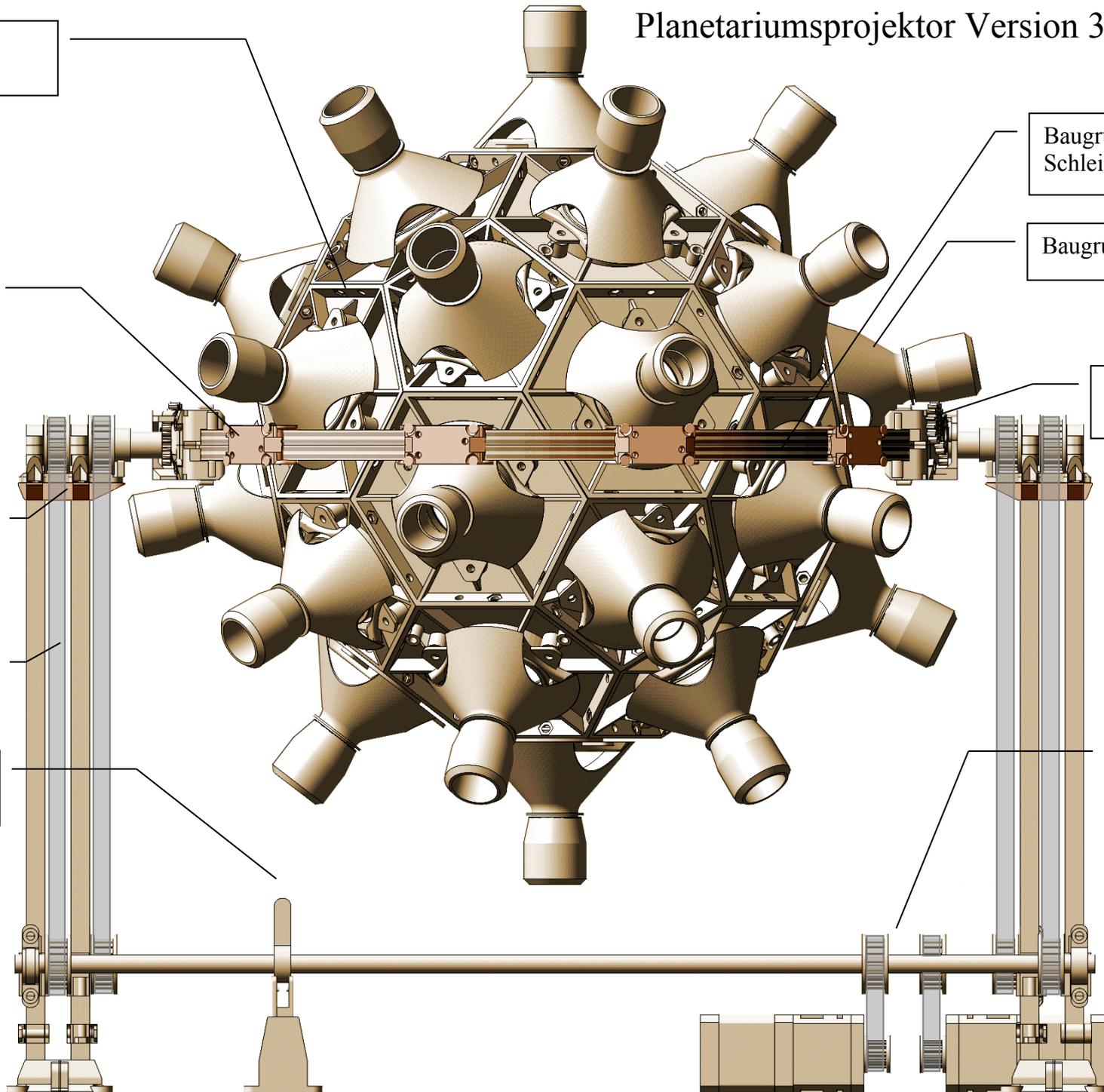
Baugruppe  
Endschalter

Baugruppe Zahnring mit  
Schleifkontakt

Baugruppe Sternprojektor

Baugruppe  
„Schlitten“

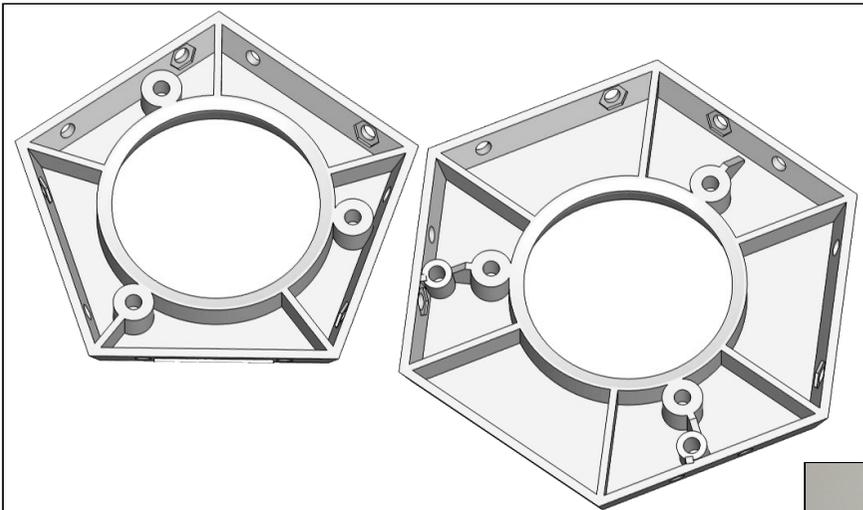
Baugruppe Antrieb



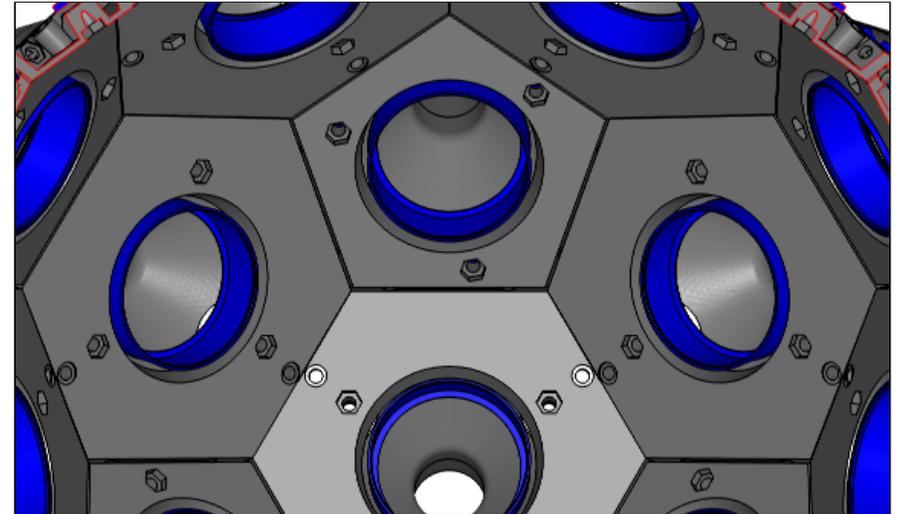
# Baugruppe Ikosaederstumpf

Der Ikosaederstumpf (auch Fußballkörper genannt) ist ein Polyeder (Vielflächner), das durch Abstumpfung der Ecken eines Ikosaeders entsteht und zu den archimedischen Körpern zählt. Anstatt der zwölf Ecken des Ikosaeders befinden sich nun dort zwölf regelmäßige Fünfecke; die 20 Dreiecke des Ikosaeders werden zu regelmäßigen Sechsecken. Das Polyeder setzt sich somit aus insgesamt 32 Flächen zusammen und hat 60 Ecken sowie 90 Kanten. (Wikipedia)

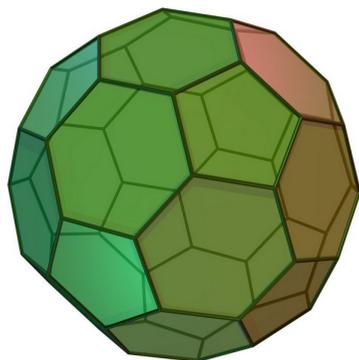
Der Ikosaederstumpf dient zur Aufnahme der 32 Sternprojektoren und der 12 Sonnenprojektoren (nicht eingezeichnet) sowie für etwa 20 Laserpointer-Sternbild-Projektoren (ebenfalls nicht eingezeichnet).



Für den Ikosaederstumpf wurden zwei Bauteile konstruiert.



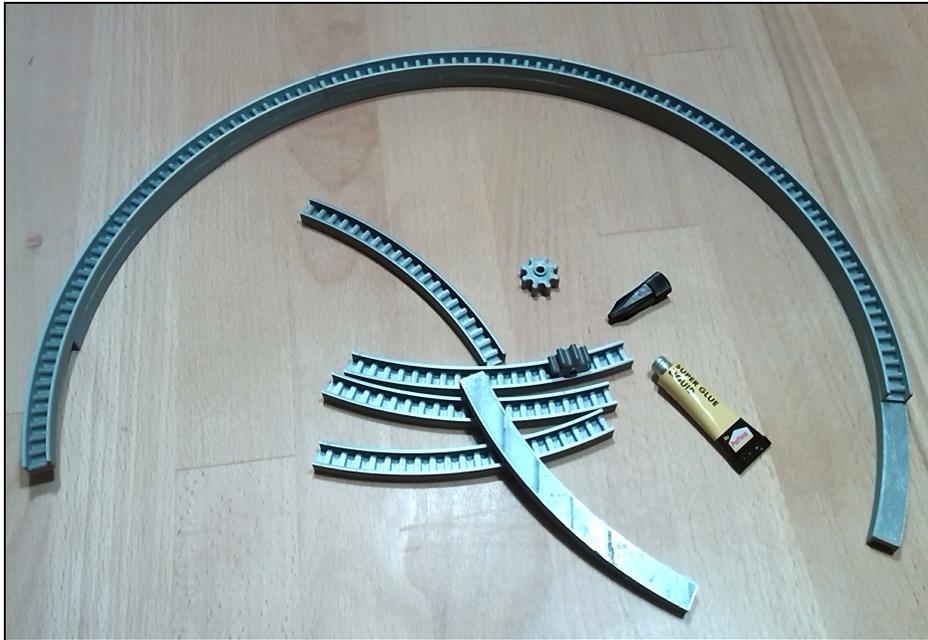
Innenansicht mit Kondensorlinsehalter (blau). Zentral dient als Lichtquelle eine 40W Halogenlampe.



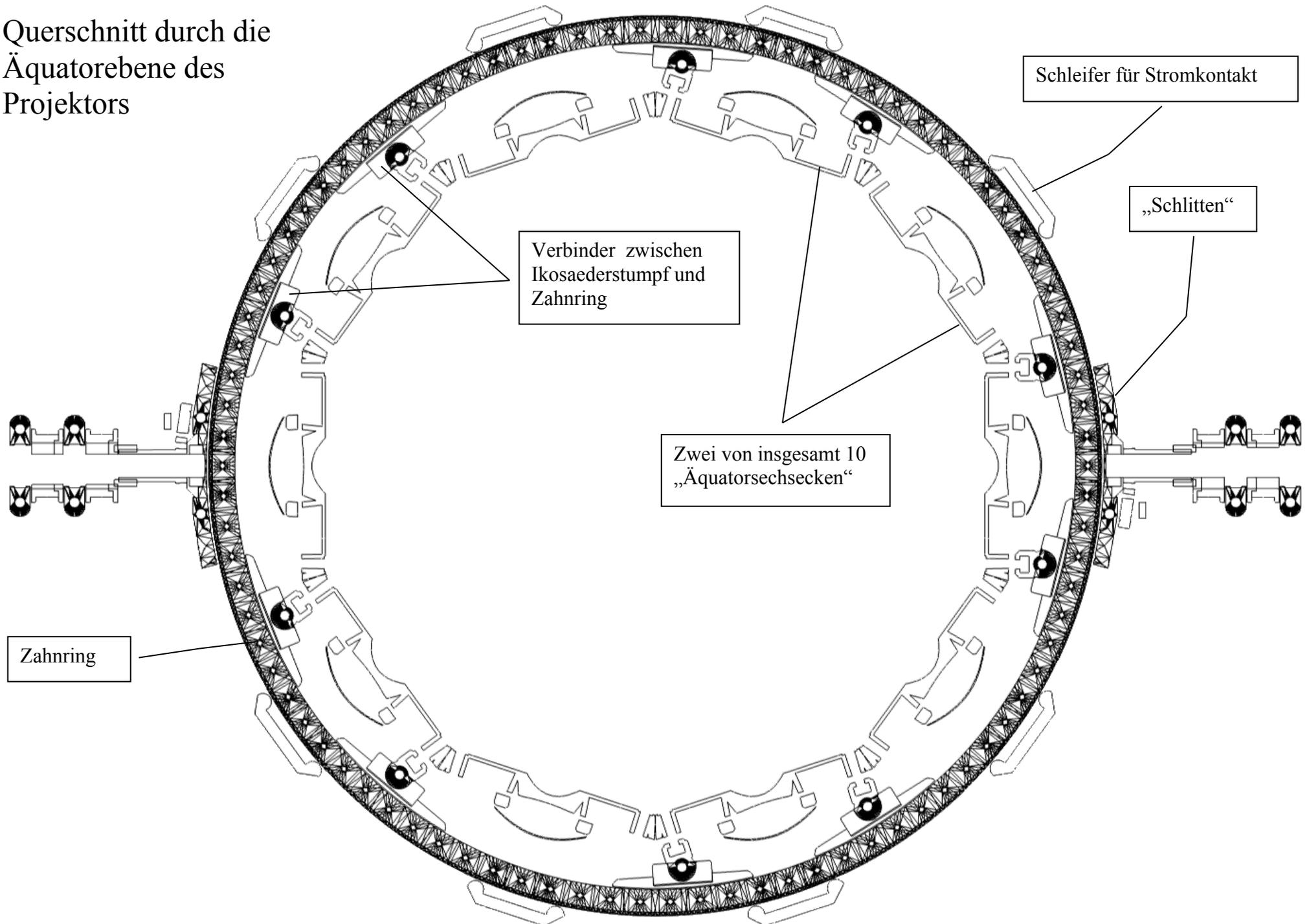
Die Bauteile werden mit Nylonschrauben verbunden (Gewichtersparnis)

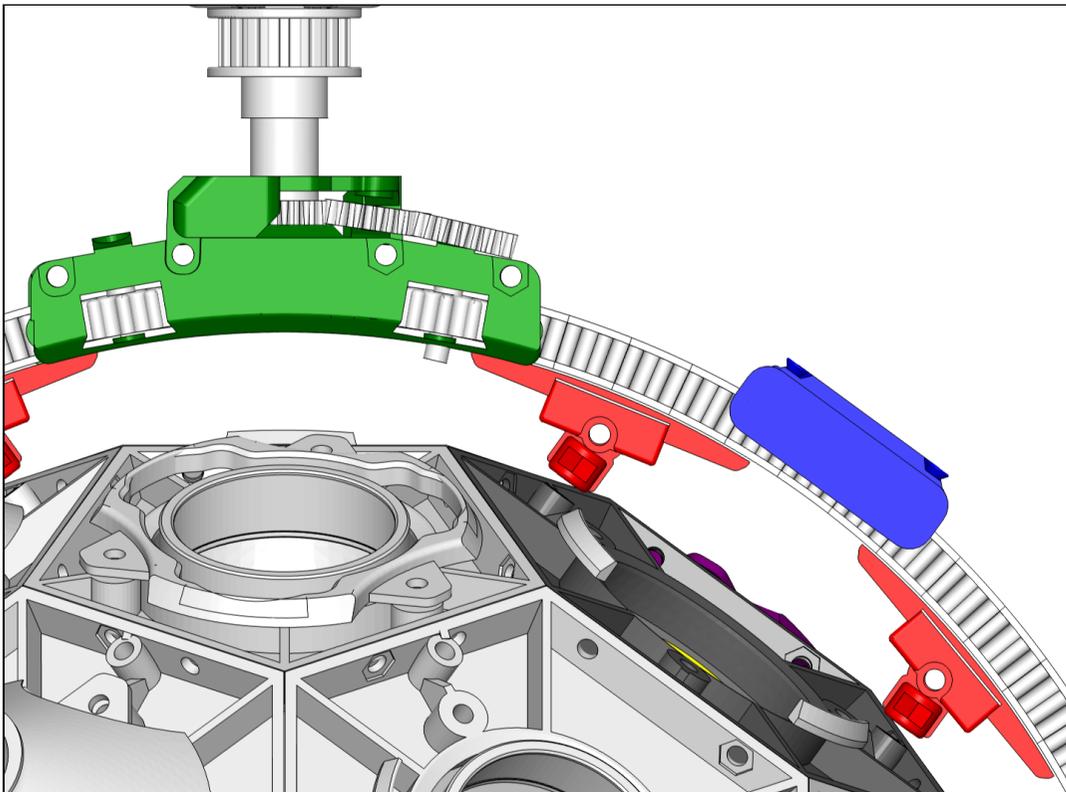
## Baugruppe Zahnring mit Schleifkontakt

Die Aufhängung des Ikosaederstumpfes geschieht mit einem umlaufenden Zahnring am „Äquator“. Bei einem Durchmesser von etwa 40 cm ist das Drucken mit unserem 3D-Drucker (Ultimaker2, Druckfläche 20 cm x 20 cm) nicht möglich, daher besteht der Zahnring aus 20 Einzelteilen die mit Sekundenkleber verklebt wurden. Anschließend erfolgte die Verklebung der Verbinder für den Ikosaederstumpf. Auf der Außenseite wurden anschließend noch 4 Kupferblechstreifen für den Schleifkontakt aufgeklebt.

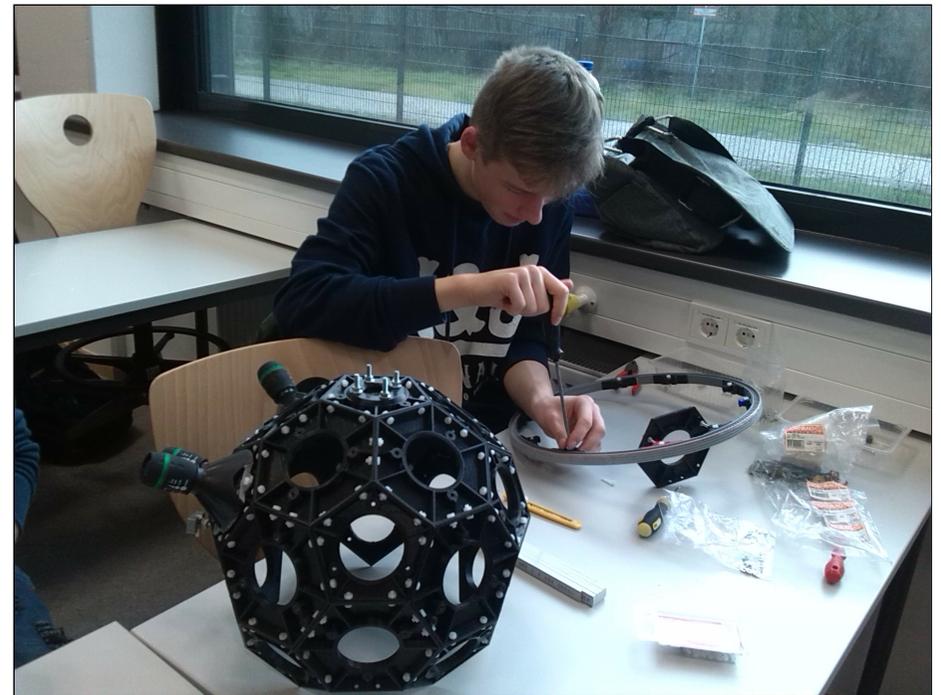


Querschnitt durch die  
Äquatorebene des  
Projektors





Rot: Verbinder, blau: Schleifer für Stromkontakt, grün: Schlitten



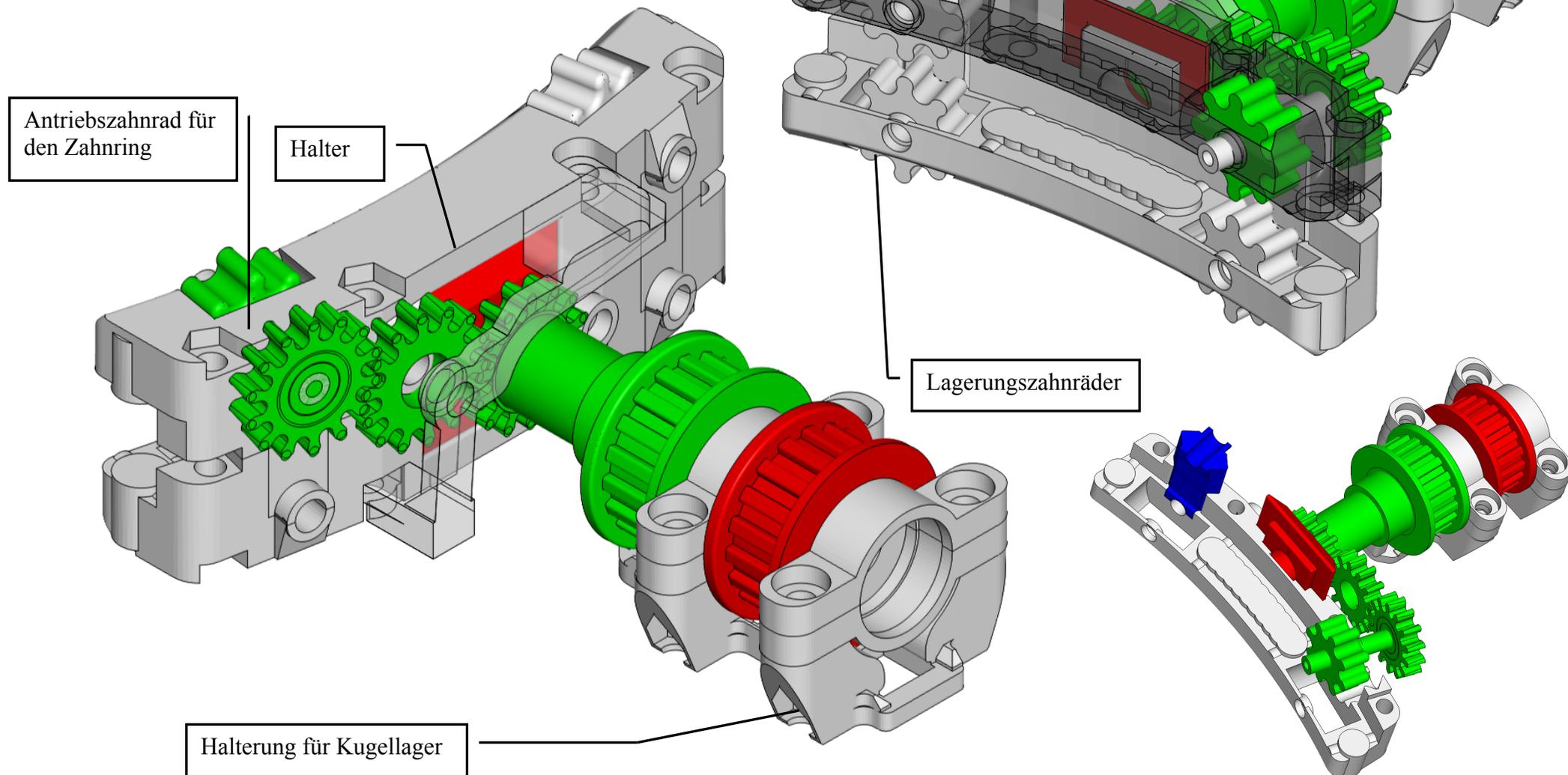
Millimeterarbeit: Montage des Rings



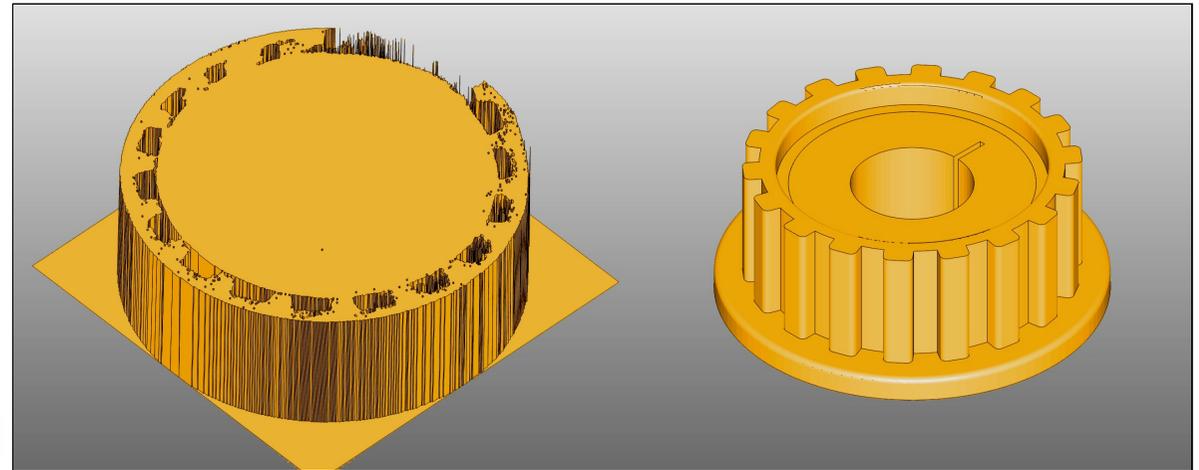
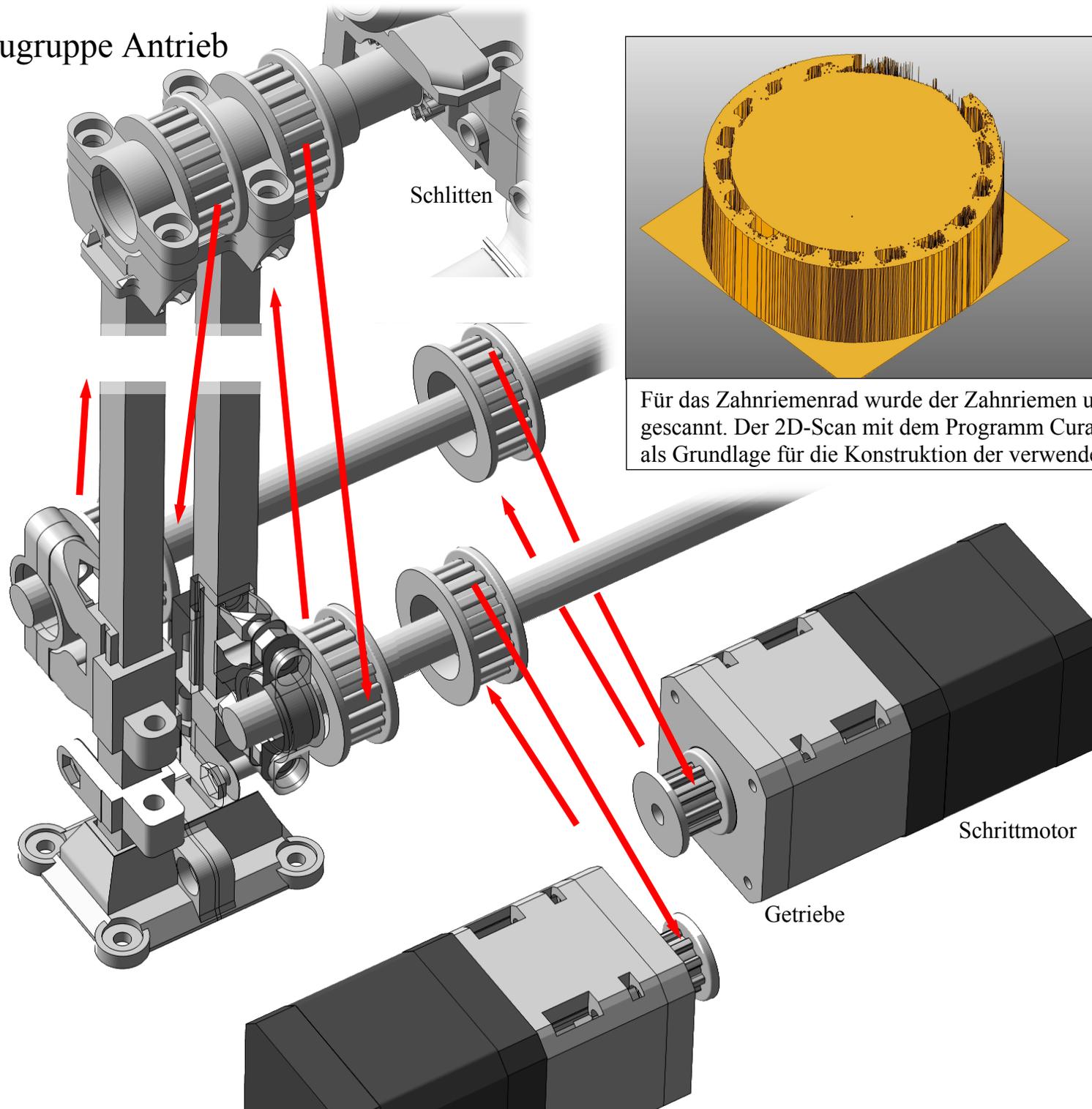
Die Schleifer werden über Spiralfedern mit den beiden Schlitten und untereinander verbunden. Als Kontakt dient versilberter Kupferdraht. Die Litze sind hier mit Heißkleber fixiert. Jede der vier Kupferleitungsbahnen hat somit mehrfach Kontakt, Unterbrechungen sind bisher ausgeblieben.

## Baugruppe „Schlitten“

Der Schlitten ist die zentrale Schnittstelle zwischen dem feststehenden und dem rotierenden Teil des Projektors. Die grün eingefärbten Zahnräder versetzen den Ring und somit die Ikosaederstumpf in Rotation während das rot eingefärbte Zahnriemenrad über eine Aluminiumachse starr mit dem Halter verbunden ist, letzteres dient der Einstellung der Neigung. Der Schlitten verdiente unsere besondere Aufmerksamkeit, die Innenachse ist mit zwei Kugellagern gelagert, insgesamt dreimal wurde er gedruckt und jedes Mal Veränderungen im Zehntelmillimeterbereich vorgenommen. Der Schlitten ist zweiteilig aufgebaut und wird mit 4 durchgehenden Schrauben verbunden, um für Wartungsarbeiten den rotierenden Teil „schnell“ ein- und ausbauen zu können. Die beiden Schlitten sind genau spiegelsymmetrisch aufgebaut, da muss man beim Ein- und Ausbau schon darauf achten, dass man keine Teile verwechselt...



## Baugruppe Antrieb



Für das Zahnriemenrad wurde der Zahnriemen um ein Multivitaminröhrchen gelegt und gescannt. Der 2D-Scan mit dem Programm Cura skaliert und aufgepolstert. Dies diente als Grundlage für die Konstruktion der verwendeten Zahnriemenräder.

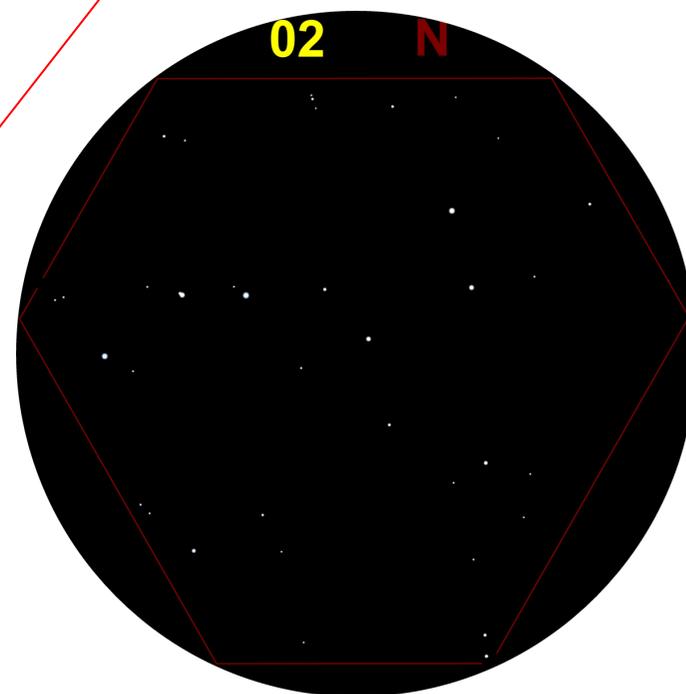
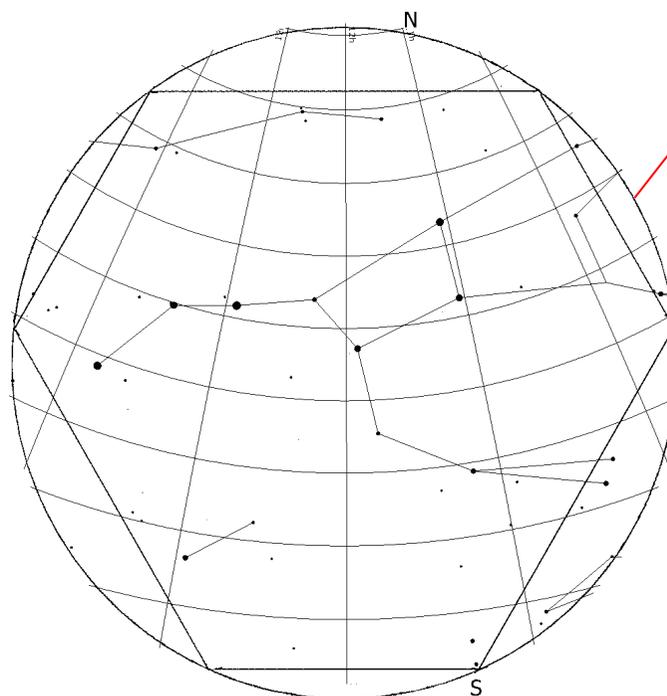
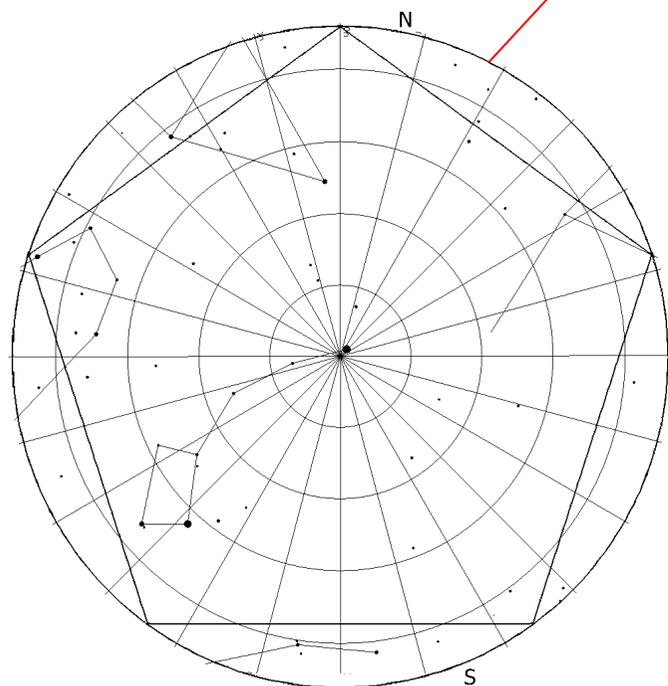
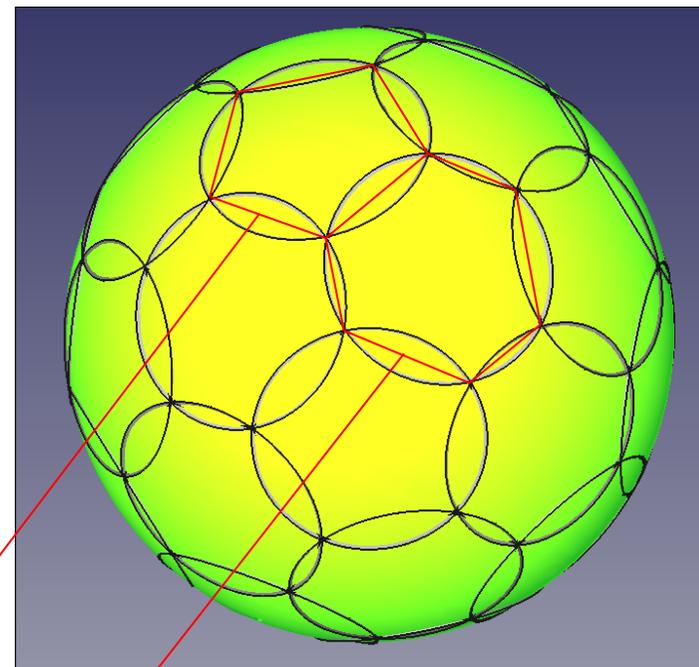
Die oberen Achsen werden über Zahnriemen (hier rote Pfeile) in Drehung versetzt.

Der Antrieb und die Steuerung von Neigung und Drehung des Projektors geschieht mit zwei Schrittmotoren. Beide Motoren wurden mit einem Planetengetriebe versehen und werden durch einen Arduino mit entsprechenden Vorschaltmodulen angesteuert. Der Arduino wird dann seinerseits über Bluetooth durch eine Smartphone-App angesteuert.

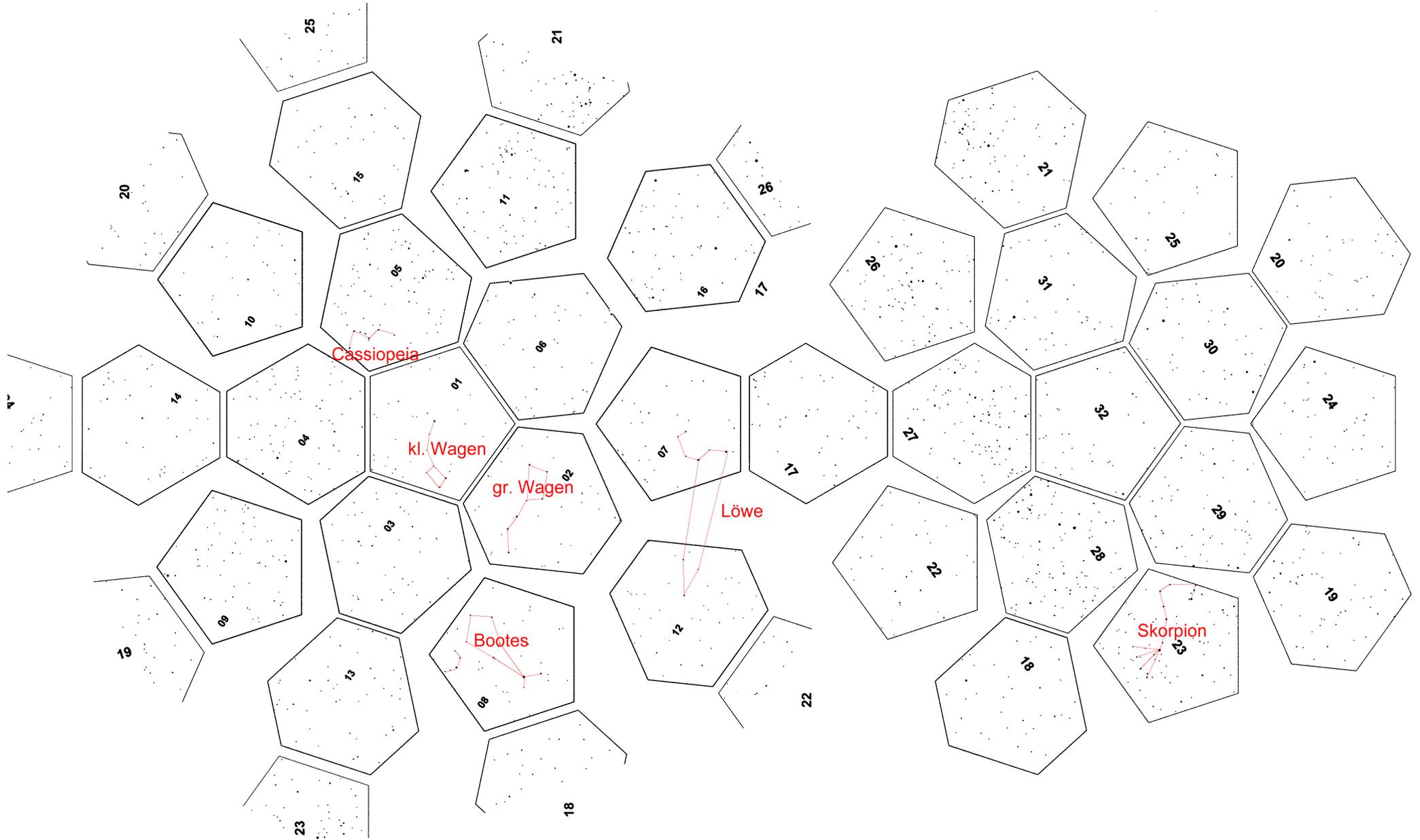
Die beiden unteren Achsen vorlaufen durchgängig zum zweiten Holm und den entsprechenden Zahnriemen und dienen so zur mechanischen Synchronisation der beiden Schlitten.

# Baugruppe Sternprojektor und Sternkarte

Teilt man die Oberfläche einer Kugel in 32 kreisförmige sich überlappende Flächen, so dass die Fünf- und Sechsecke des Fußballkörpers abgedeckt werden, so ergibt sich ein Kegelwinkel von etwa  $45^\circ$ . Für ein selbstgebautes Objektiv ist ein Abstrahlungswinkel von  $45^\circ$  schon eine Herausforderung! Im Gegensatz zu den Fünf- und Sechsecken des Icosaederstumpfes der zur Aufnahme der Objektivdient (gleichmäßige Fünf- und Sechsecke) ergeben sich für die Sternkarte unregelmäßige Sechsecke. Dies ist so, weil sich sonst für die „Fünfeckprojektoren“ ein kleinerer Abstrahlungswinkel als  $45^\circ$  ergibt (unproblematisch) aber für die Sechsecke würde sich dementsprechend ein größerer Winkel als  $45^\circ$  ergeben und dies würde noch größere Ansprüche an das Objektiv stellen. Nun kann man eine kugelförmige Sternkarte in entsprechende Fünf- und Sechsecke aufteilen, sobald die Ausrichtung der einzelnen Kegel bekannt ist. Die entsprechend modifizierte Sternkarte wurde auf 32 Dias belichtet. Hierfür haben wir uns für einen professionellen Anbieter entschieden, der unsere Computergrafiken (Bild unten rechts) mit einer Auflösung von 8K (8192 x 5464) auf Diafilm belichtet hat.

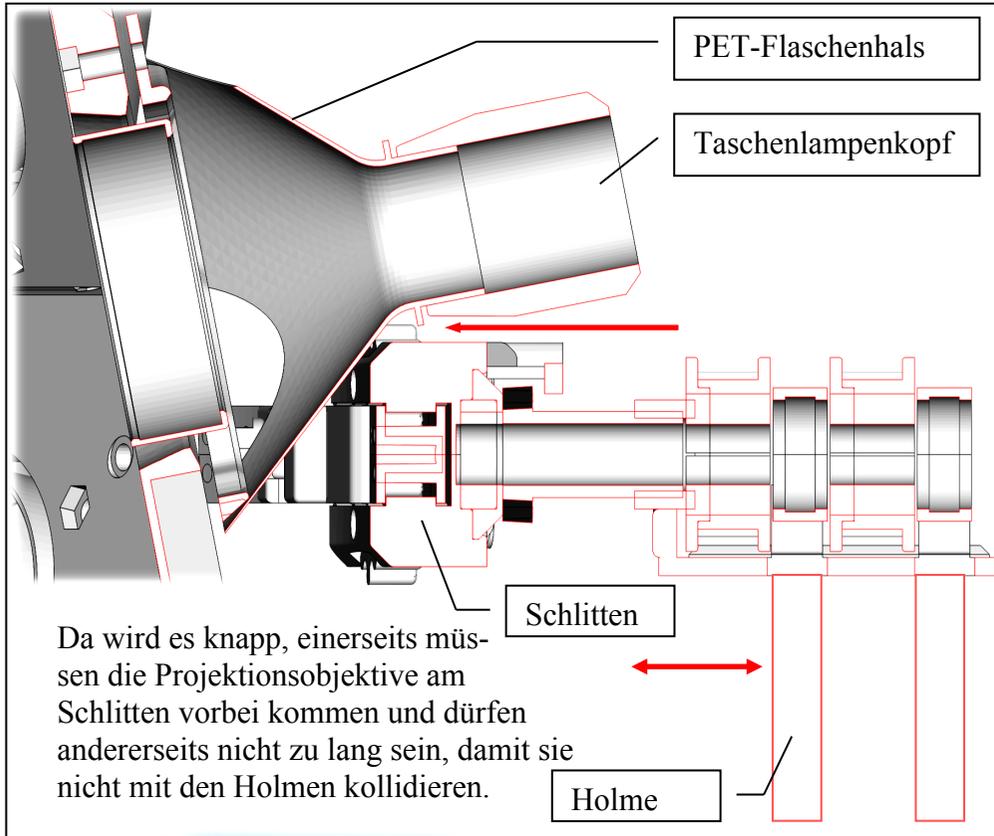


# Sternkarte Übersicht

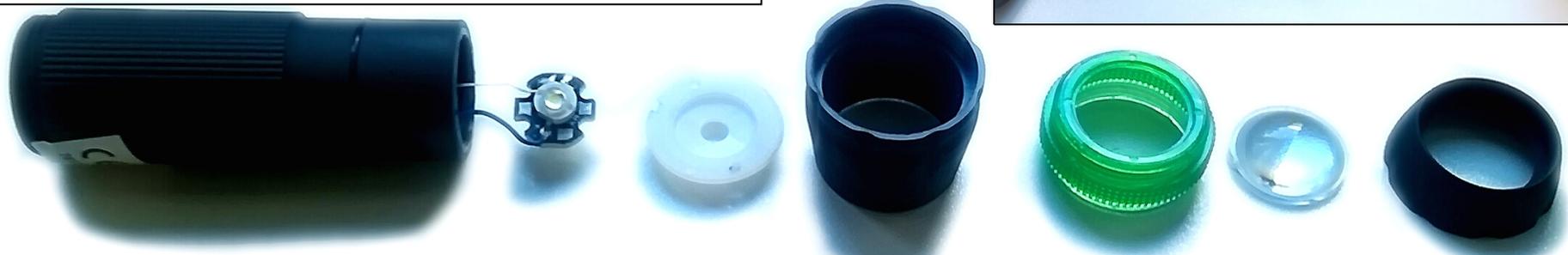


# Bauteile der Projektionsobjektive

Zur Sternprojektion werden 32 Objektive mit einem Abstrahlungswinkel von etwa 45° benötigt (lieber etwas mehr, der Rest kann über die Diagröße eingestellt werden). Nun ist es nicht so, dass wir ein Objektiv berechnet haben und dann die entsprechenden Linsen bestellt, sondern geschaut haben welche Linsen für uns erschwinglich sind und in ausreichender Menge vorhanden sind. Fündig geworden sind wir letztlich bei Lupen und Taschenlampen vom Restpostenmarkt. Weiterhin ist für uns die Baugröße wichtig, da der Projektor drehbar und neigfähig auf zwei Holmen gelagert ist. Es muss also eine Kollision vermieden werden.



Die Lupen dienen als Kondensorlinsen (wegen der kurzen Bauform sind zwei notwendig), ein PET-Flaschenhals als Tubus und der gesamte Taschenlampenkopf mit Plastiklinse als Projektionsobjektiv. Der „Flaschentubus“ wurde später durch ein 3D-Teil ersetzt.



Bauteile der Taschenlampe:

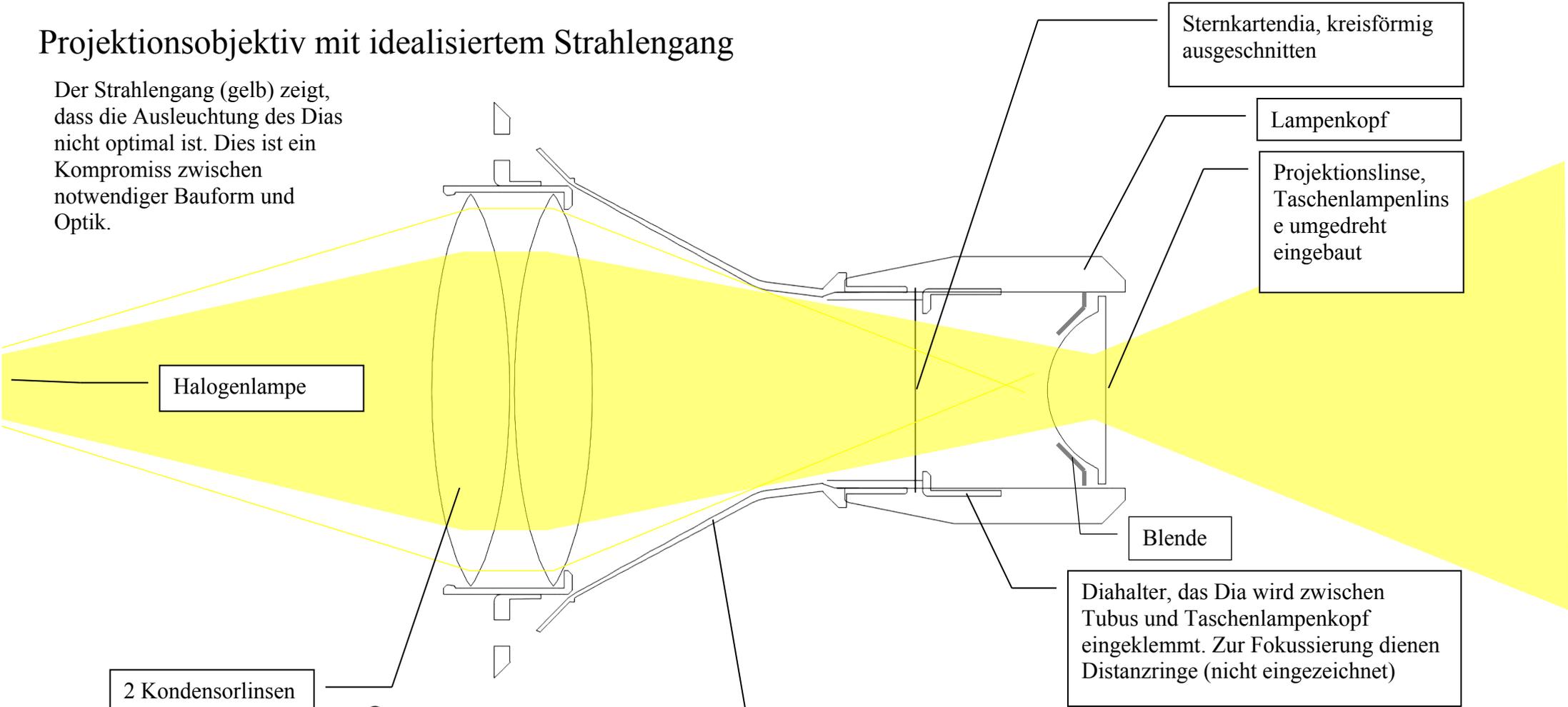
Gehäuse mit LED,

LED-Fassung,

vierteiliger Lampenkopf mit Kunststofflinse

# Projektionsobjektiv mit idealisiertem Strahlengang

Der Strahlengang (gelb) zeigt, dass die Ausleuchtung des Dias nicht optimal ist. Dies ist ein Kompromiss zwischen notwendiger Bauform und Optik.



Sternkartendia, kreisförmig ausgeschnitten

Lampenkopf

Projektionslinse, Taschenlampenlinse umgedreht eingebaut

Halogenlampe

Blende

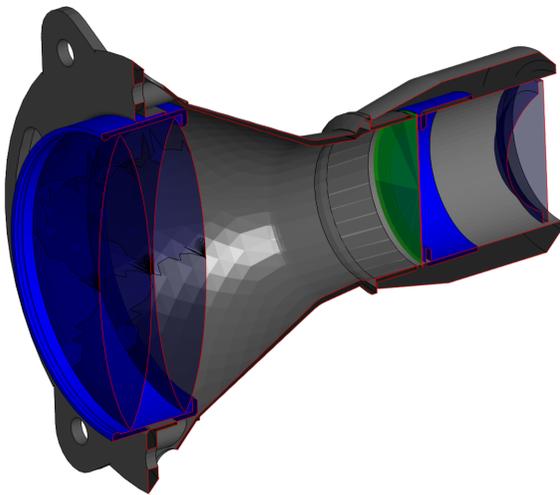
Dialhalter, das Dia wird zwischen Tubus und Taschenlampenkopf eingeklemmt. Zur Fokussierung dienen Distanzringe (nicht eingezeichnet)

2 Kondensorlinsen

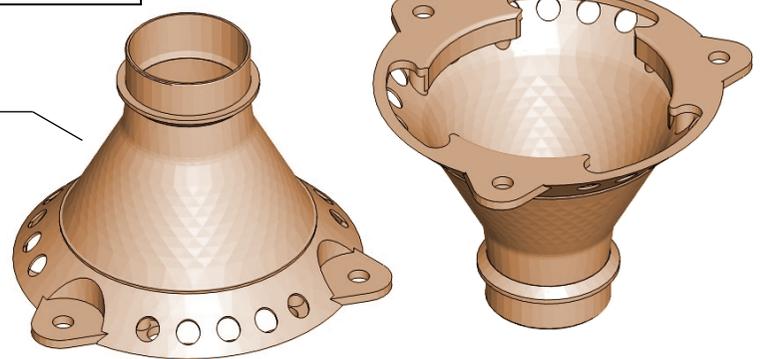
Tubus, optimiert (3D-Druck)



Blende



Tubus mit Lüftungslöchern und Kondensorhalterung



## Zusatzprojektoren

Der Ikosaederstumpf nimmt zwischen den Sternprojektoren noch zwölf Sonnenprojektoren und 24 Laserprojektoren auf. Wir haben uns gegen einen beweglichen Sonneprojektor entschieden, da ein solcher wie in Version 2 realisiert Probleme bei der Servoansteuerung aufwies. Nun arbeiten wir mit zwölf Sonnenprojektoren die je nach anzuzeigendem Monat oder Jahreszeit ein- und ausgeschaltet werden. Die Laserprojektoren zeigen Verbindungslinien der Sternbilder an.



Sonnenprojektor: Kondensator ist die Laserlinse, Bild aus Alufolie mit Stecknadelloch. Objektiv: Taschenlampenkopf



Laserprojektor: Extern Stromversorgung, Laserprojektor mit entfernter Linse, rechts: mit Bildhalter



# Endmontage und Ausstellung auf der Maker Faire

