

Mechatronische Konstruktion

Testat 2



Louis Pfirrmann - 1407916
Lukas Rieger - 1535233
Klajdi Barci - 1465916[2ex]

Sommersemester 2025

Contents

1	Morphologischer Kasten	3
1.1	Auswahl	3
2	Darstellung Kraftfluss	4
2.1	Szenario 1, Schneelast	4
2.2	Szenario 2, Wind	4
2.3	Überlegungen	4
3	Berechnung Kräfte, Momente, Geschwindigkeiten, ...	5
3.1	Schnee	5
3.2	Wind	5
4	Handzeichnungen	7

1 Morphologischer Kasten

Table 1: Morphologischer Kasten für das Spiegelsystem des Solarspiegels

Merkmal	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3
Lichtweg	Hohlrohr	Umlenkspiegel	Glasfaser
Spiegelform	Monolithisch	Segmentiert- Gekrümmt	Segmentiert- Hexagonal
Spiegelbeschichtung	Aluminium	Silber	Silizium
Antrieb Azimuth	Elektrisch	Pneumatisch	Hydraulisch
Getriebe Azimuth	Direkt	Planet	Schnecke
Antrieb Elevation	Elektrisch	Pneumatisch	Hydraulisch
Getriebe Elevation	Schnecke	Planet	Schnecke
Material Rahmen	Stahl	Aluminium	Glasfaser

1.1 Auswahl

Es wird ein elektrischer Antrieb mit einem Schneckengetriebe gewählt, da Strom den Anbau vereinfacht (im Vergleich zu Pneumatik oder ähnlich) und ein Schneckengetriebe eine sehr hohe Übersetzung ermöglicht.

Für den Spiegel wird eine Aluminiumbeschichtung auf gekrümmten Segmenten gewählt

2 Darstellung Kraftfluss

Es werden die Kraftflüsse für zwei verschiedene Szenarien überlegt und skizziert. Im ersten Fall wenn durch Schneefall ein hohes Gewicht vertikal auf das System wirkt, im zweiten Fall wenn durch Wind eine hohe horizontale Kraft auf das System einwirkt.

2.1 Szenario 1, Schneelast



Figure 1: Kraftfluss Schneelast

2.2 Szenario 2, Wind

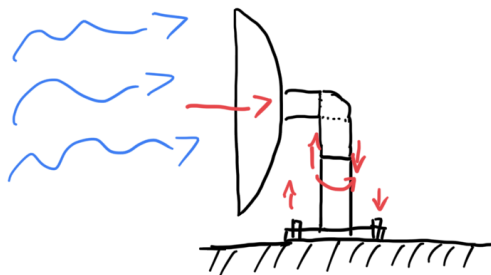


Figure 2: Kraftfluss Wind

2.3 Überlegungen

Obwohl die beiden Szenarien auf den ersten Blick sehr unterschiedlich aussehen, wirken die Kräfte ähnlich. In beiden Fällen wirkt die Kraft zuerst direkt gegen den offenen Spiegel und wird über die beiden Achsen in den Boden gelenkt. Um Hebelkräfte zu minimieren müssen alle Rohrlängen minimiert werden.

Im Szenario Wind wirkt zusätzlich eine Rotationskraft auf die erste Achse, welche von Getriebe und Motor gehalten werden müssen.

Dies sollte aber bei einem Schneckengetriebe kein Problem darstellen.

3 Berechnung Kräfte, Momente, Geschwindigkeiten, ...

Für die ersten groben Planungen werden die Kräfte vereinfacht berechnet.

3.1 Schnee

In Szenario "Schneefall" wird davon ausgegangen dass das Innenvolumen des Spiegels mit Schnee gefüllt ist.

Für einen Parabolspiegel mit Durchmesser D und Brennweite f ergibt sich die Tiefe zu:

$$h = \frac{D^2}{16 \cdot f}$$

Das Volumen des Paraboloids beträgt:

$$V_{\text{Paraboloid}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h}{8} = \frac{\pi \cdot D^4}{128 \cdot f}$$

Für das spezifische Gewicht von Schnee wird angenommen: $\gamma_{\text{Schnee}} = 4 \text{ kN/m}^3$

Die resultierende Schneelast beträgt somit:

$$F_{\text{Schnee}} = V_{\text{Paraboloid}} \cdot \gamma_{\text{Schnee}} = \frac{\pi \cdot D^4 \cdot \gamma_{\text{Schnee}}}{128 \cdot f}$$

Für die konkreten Abmessungen ($D = 2\text{m}$, $f = 0,4\text{m}$) ergeben sich folgende Werte:

Die Tiefe des Paraboloids:

$$h = \frac{2^2}{16 \cdot 0,4} = 0,625 \text{ m}$$

Das Volumen des Paraboloids:

$$V_{\text{Paraboloid}} = \frac{\pi \cdot 2^4}{128 \cdot 0,4} = 0,982 \text{ m}^3$$

Die resultierende Schneelast:

$$F_{\text{Schnee}} = 0,982 \cdot 4000 = \mathbf{3,93 \text{ kN}}$$

Diese Schneelast entspricht etwa 400 kg. Bei nassem Schnee würde sich diese aber gegebenenfalls noch erhöhen. Bei Schneefall muss also der Spiegel - automatisiert über einen Wetterbericht, einen Schneesensor, oder per Hand vom Besitzer - gekippt werden.

3.2 Wind

Die auf eine Fläche wirkende Windkraft berechnet sich nach:

$$F_{\text{Wind}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot c_d$$

Mit

- $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$ = Luftdichte auf Meereshöhe

- v = Windgeschwindigkeit [m/s]
- A = projizierte Fläche senkrecht zur Windrichtung [m²]
- c_d = Widerstandsbeiwert (dimensionslos)

Nach DIN EN 1991-1-4 beträgt die Basiswindgeschwindigkeit in WZ 4 30m/s, mit einem Böenfaktor von 1,7 müsste das System somit 51m/s standhalten können.

Für einen Parabolspiegel gilt für die projizierte Fläche:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \cos(\alpha)$$

wobei α der Anstellwinkel zur Windrichtung ist.

Der Widerstandsbeiwert variiert je nach Anströmrichtung:

- Frontalanströmung (konkave Seite): $c_d \approx 1,2 - 1,4$
- Schräge Anströmung: $c_d \approx 1,8 - 2,2$
- Rückseitige Anströmung: $c_d \approx 0,4 - 0,6$

Die maximale Windkraft tritt typischerweise bei schräger Anströmung ($\alpha \approx 30 - 45$) auf:

$$F_{Wind,max} = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot (51)^2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \cos(30) \cdot 2,0$$

$$F_{Wind,max} \approx 2,76 \cdot D^2 \text{ [kN]}$$

Gegebenenfalls muss bei zu starken Wind der Spiegel gedreht werden um die Fläche zu reduzieren.

Konkret beträgt bei einem 2 Meter Spiegel die projizierte Fläche

$$A = \frac{\pi \cdot 2^2}{4} = 3,14 \text{ m}^2$$

Für die verschiedenen Anströmrichtungen:

Anströmszenario	c_d	Winkel α	F_{Wind} [kN]
Frontal	1,3	0°	9,01
Schräg	2,0	30°	12,00
Rückseitig	0,5	0°	3,46

Table 2: Windlasten für verschiedene Anströmszenarien

Die Kräfte wirken auf beide Achsen ähnlich, die Überlegungen der Elevations-Achse gelten also ebenso für die Azimut-Achse.

Zusätzlich muss sichergestellt werden dass die Rotationskraft abgefangen werden kann, und dass die Verankerung mit Boden/Dach die Kräfte aushält.

4 Handzeichnungen

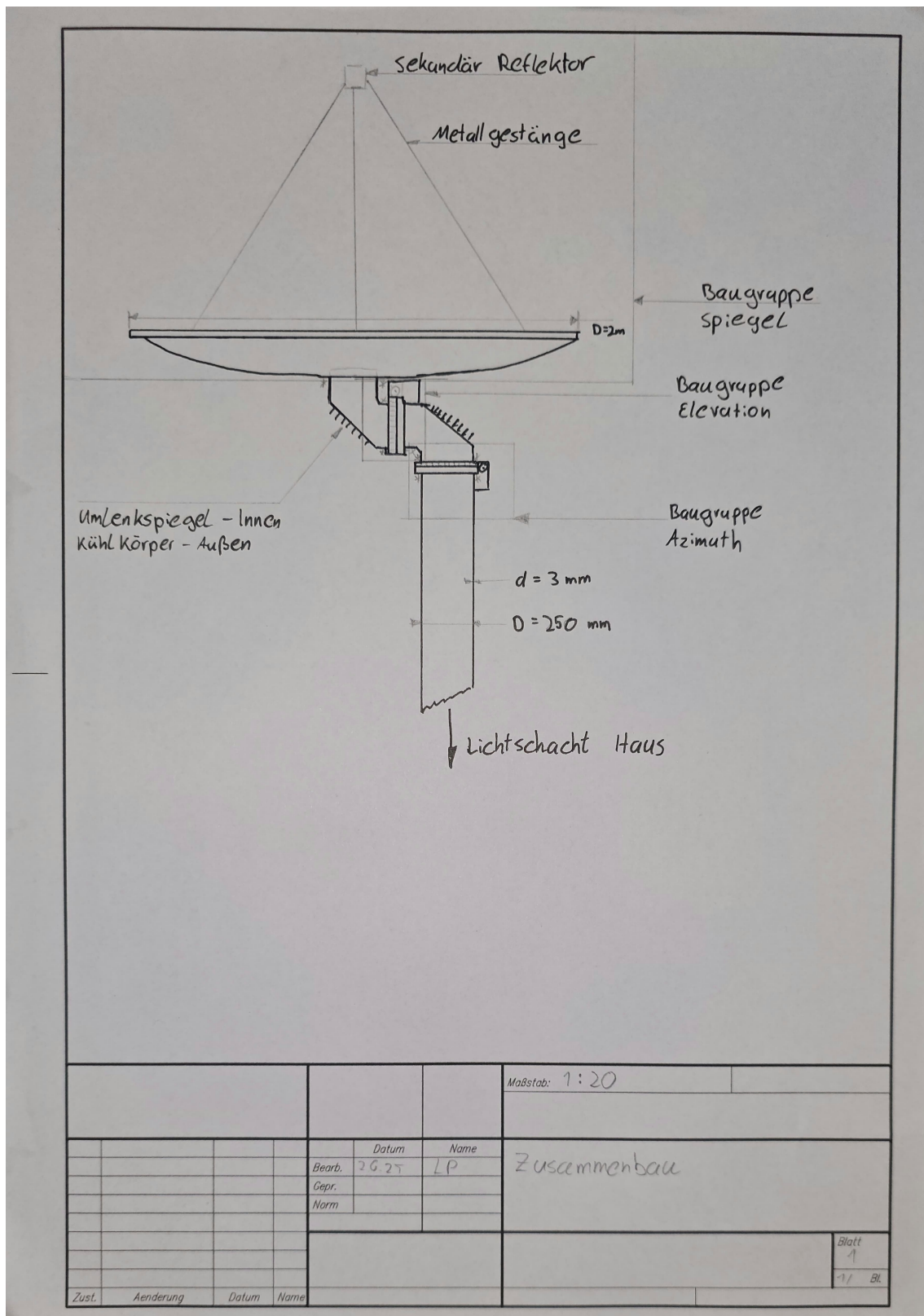


Figure 3: Zeichnung Gesamtsystem

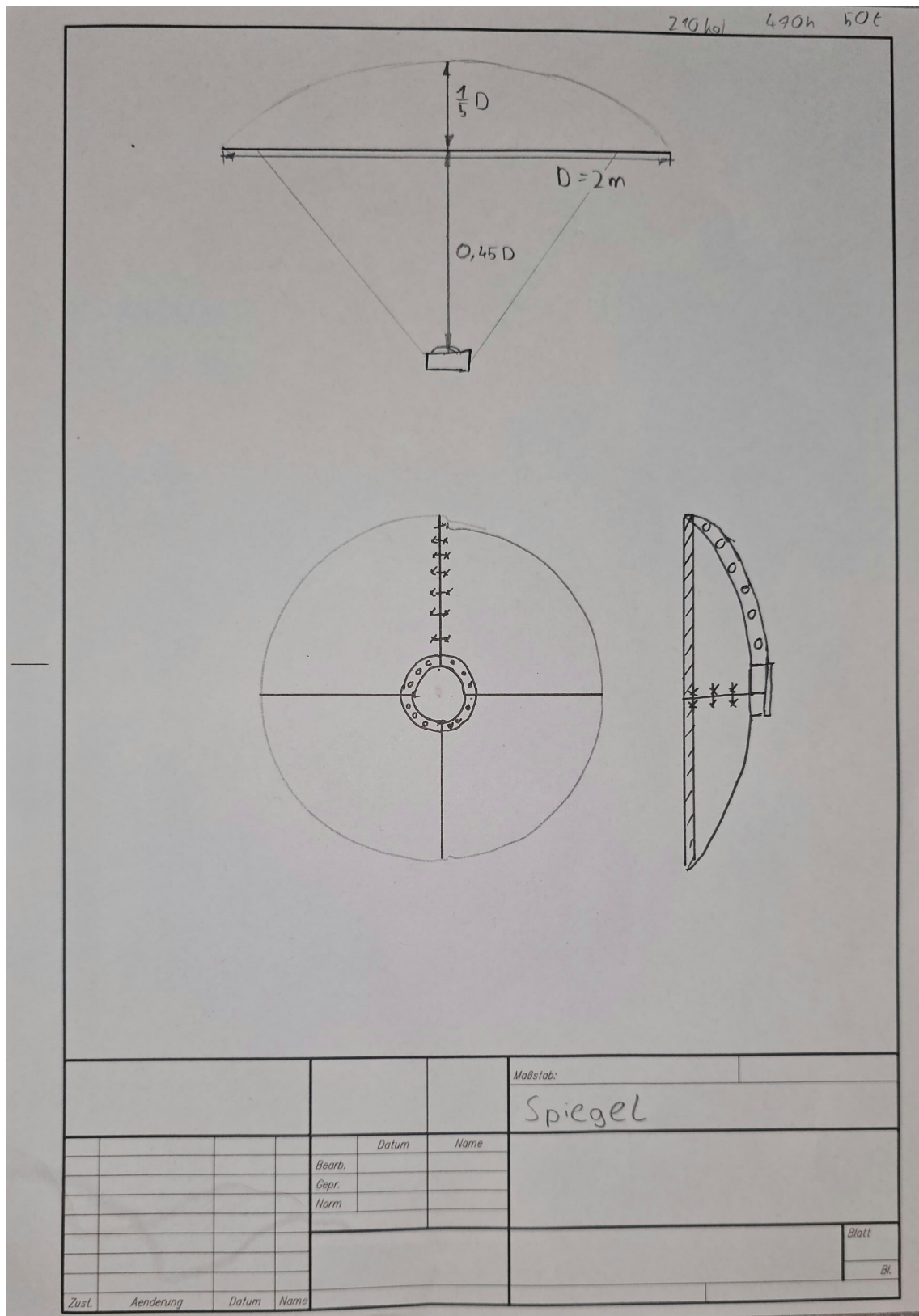


Figure 4: Zeichnung Spiegel

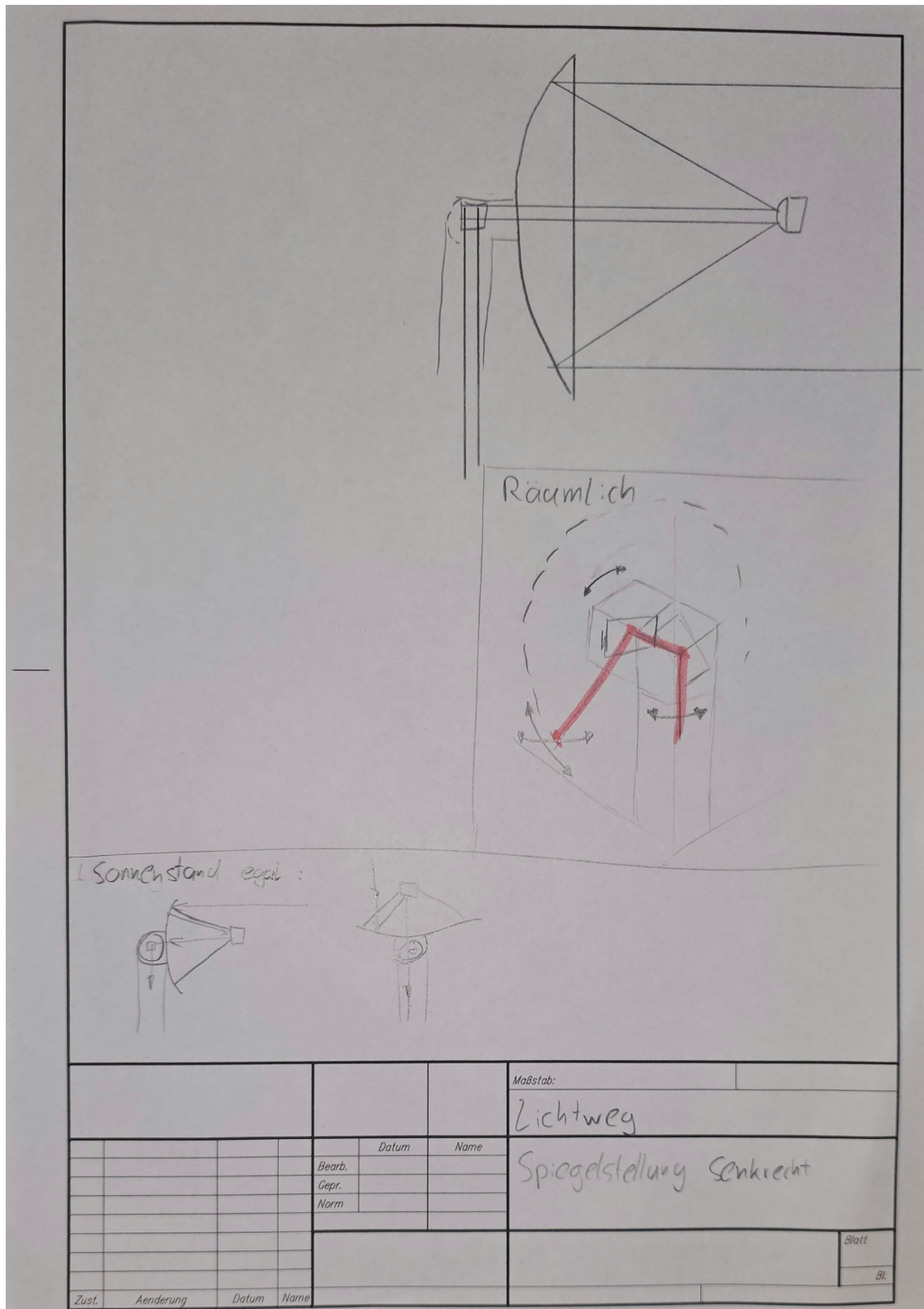


Figure 5: Zeichnung Lichtweg

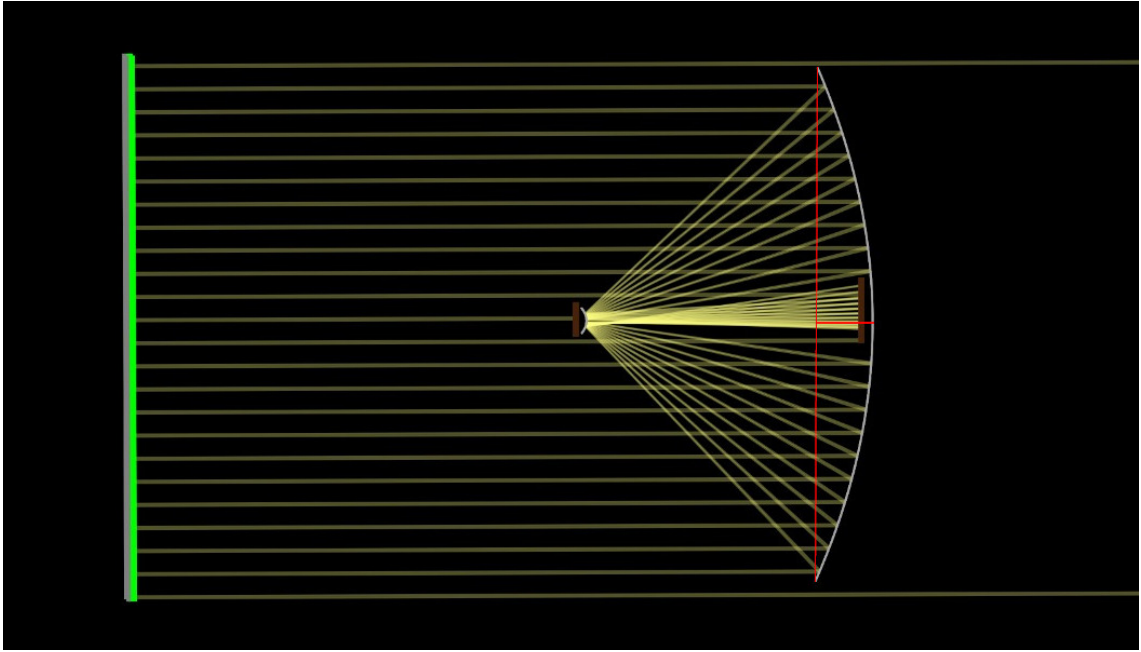


Figure 6: Simulation Lichtweg

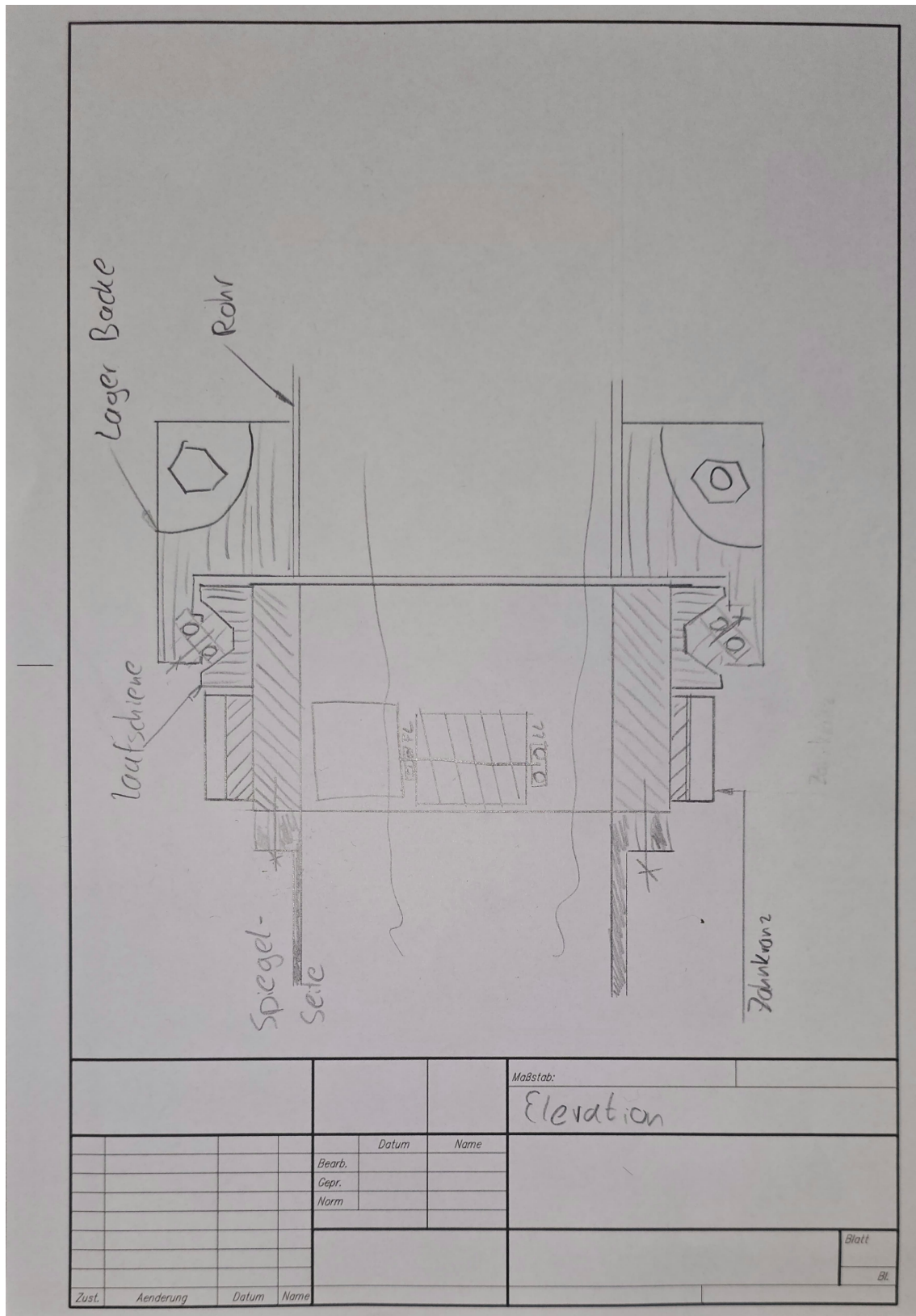


Figure 7: Zeichnung Elevation Achse

Das Design erlaubt es, das gleiche Modul für Azimuth und Elevation Achse zu recyceln und damit die Fertigungskosten massiv zu senken. Da das allerdings nicht der Aufgabenstellung entspricht werden weiter beide separat behandelt.

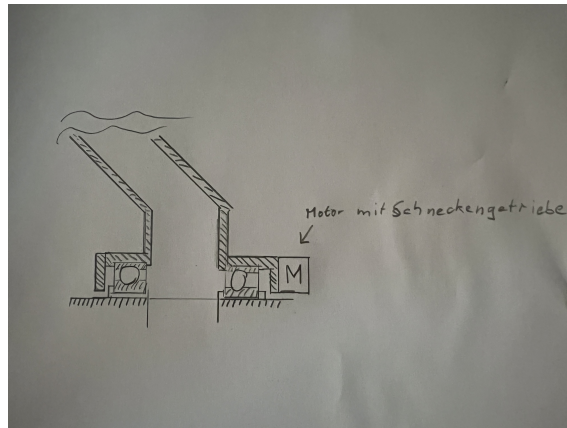


Figure 8: Zeichnung Azimuth Achse