

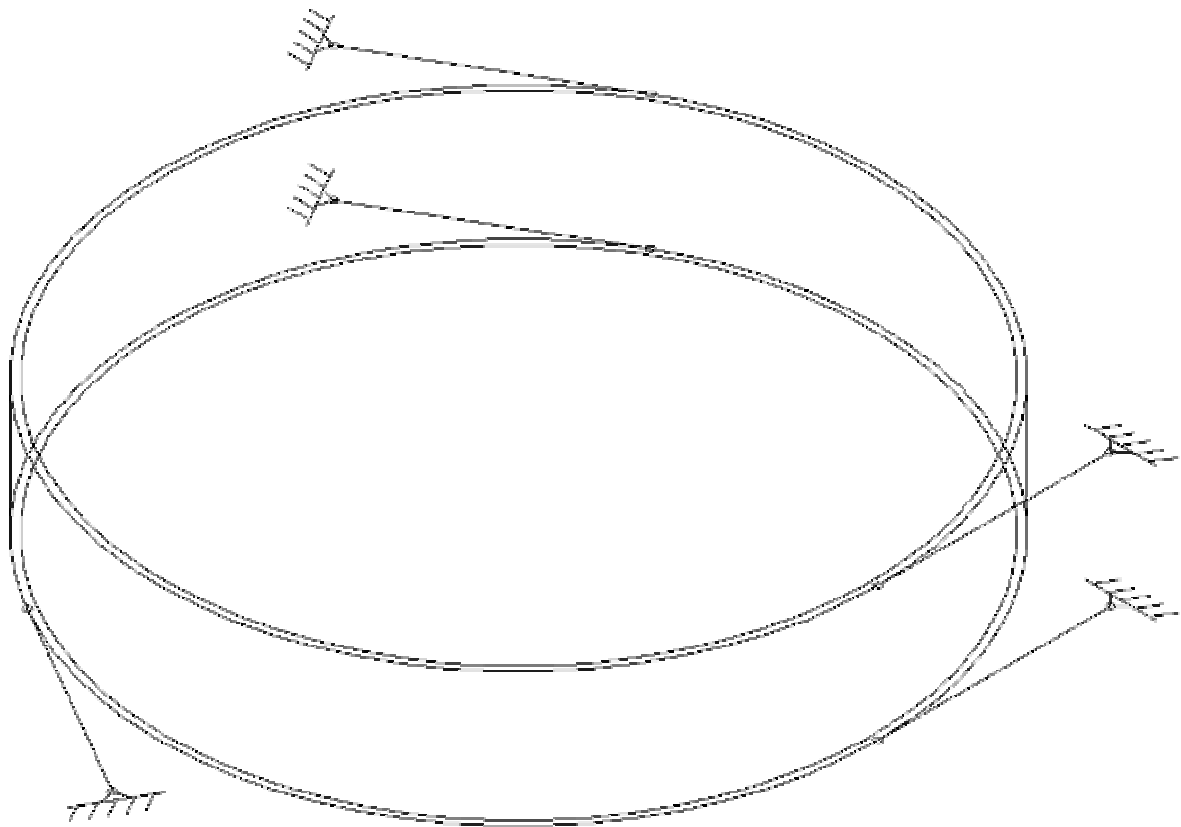
Uitwerking van de ontwerpopdracht “Constructieprincipes”

door: Anton Verbruggen.

1. Welke coördinaten moeten worden vastgelegd.

Alle behalve de z-as. Overigens ga ik ervan uit een zeer geringe rotatie om de z-as geen problemen oplevert, mits de optische as van de lens nauwkeurig evenwijdig loopt aan de z-as van de geleiding.

2. Vind een configuratie voor een lens-geleiding die aan de specificaties kan voldoen. Geef deze configuratie weer in voldoende schetsen.



In deze schets staan de sprieten onder een hoek van 120° t.o.v. elkaar. Afhankelijk van de beschikbare ruimte zou dit ook anders verdeeld kunnen worden.

3. Geef aan op welke wijze de respectievelijke coördinaten zijn vastgelegd.

De drie sprieten in het onderste vlak leggen samen de drie vrijheidsgraden in hun vlak vast. Dat zijn dus de x , y en Θ . De eerste spriet legt één translatie vast, twee sprieten samen leggen twee translaties vast waarbij de lens nog kan roteren om het snijpunt van de twee sprieten. De derde spriet legt tenslotte de rotatie ook vast. De drie sprieten zijn hierbij gelijkwaardig. Als de eerste spriet zou worden weggenomen kan de lens niet weer gaan transleren, maar alleen roteren.

De twee sprieten in het bovenste vlak leggen de twee overige rotaties ϕ en ψ vast, doordat ze translaties in het bovenste vlak vastleggen.

4. Vind een overbrengingsverhouding tussen de servomotor ($h(t)$) en de lens-houder en bepaal de overbrengingsverhouding.

De minimale overbrengingsverhouding wordt bepaald door de verhouding tussen de gewenste slag en de slag die de servomotor kan maken.

$$\text{Minimale overbrengingsverhouding} = \frac{\text{gewenste slag}}{\text{slag van servomotor}} = \frac{0,1\text{mm}}{10\text{mm}} = 1:100$$

De maximale overbrengingsverhouding wordt bepaald door de verhouding tussen de gewenste nauwkeurigheid en de instelnauwkeurigheid van de servomotor.

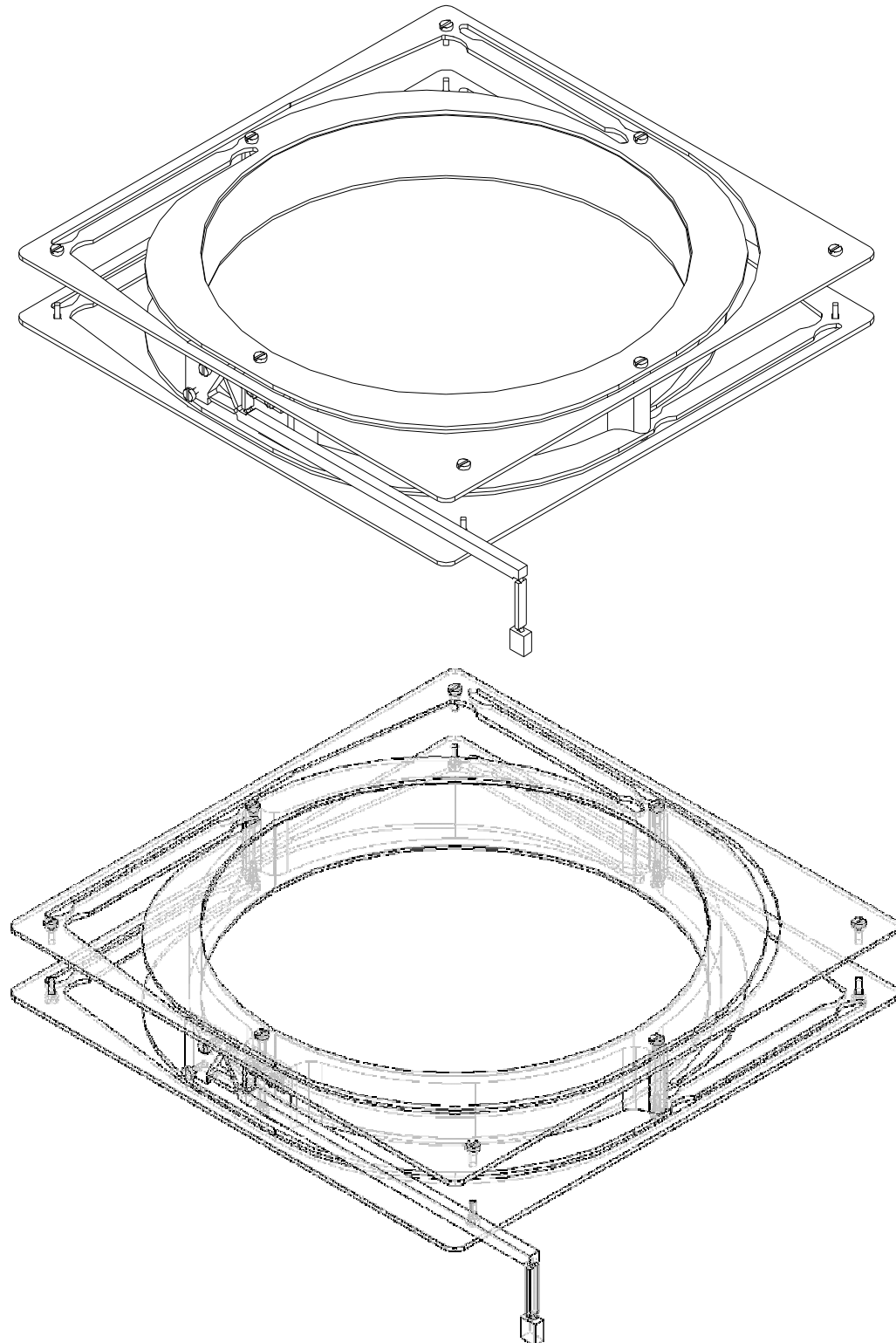
$$\text{Maximale overbrengingsverhouding} = \frac{\text{gewenste nauwkeurigheid}}{\text{nauwkeurigheid servomotor}} = \frac{0,1\mu\text{m}}{2\mu\text{m}} = 1:20$$

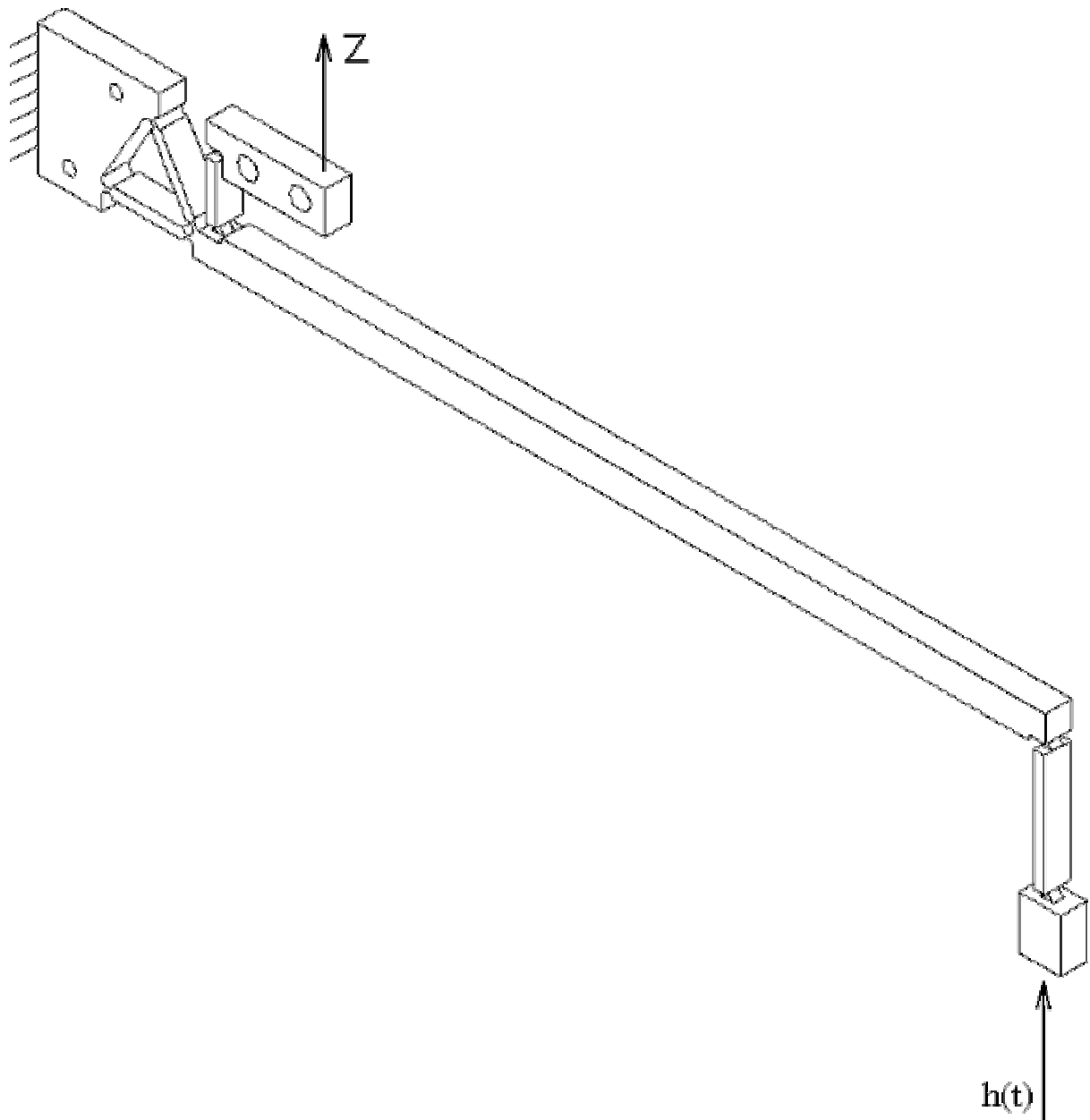
De te kiezen overbrengingsverhouding zal hier ergens tussen moeten liggen.

Omdat de slag van de servomotor circa 10 mm is zou deze dus ook wel eens minder dan 10 mm kunnen zijn. Om een maximale nauwkeurigheid te halen en de gevraagde slag gegarandeerd te halen kies ik voor een overbrenging van 1:80.

5. Geef een ontwerp van de meest belovende configuratie van de lensophanging en de aandrijving.

Als ik de tekening goed begrijp is de koker waarin de lensgeleiding moet komen niet rond maar vierkant. Dat betekent dat het handiger is om de sprietten niet onder 120° te zetten maar onder 90° . Daardoor kunnen de sprietten veel langer worden gekozen, zodat er minder verdraaiing om de z-as optreedt. Zie de figuren hieronder voor het uitgewerkte ontwerp. Alleen het frame waar alles aan vastgeschroefd wordt ontbreekt, zodat de plaatjes wat duidelijker zijn. Op de volgende pagina is de hefboom vergroot te zien.





6. Toon aan dat uw ontwerp aan de eisen voldoet.

- Instelnauwkeurigheid: De hefboom brengt zonder speling de translatie van de motor over naar de lens via een overbrenging van 1:80.
- Kantelen van de optische as: Dit hangt vrijwel volledig af van de nauwkeurigheid waarmee de onderdelen gefabriceerd kunnen worden. Alleen de asymmetrie kan een kleine verstoring geven. Ook de minimale verdraaiing ($0^{\circ}0'0,15''$) van de lens gedurende het doorlopen van de verticale slag kan ervoor zorgen dat de optische as iets kantelt als de lens-as niet evenwijdig loopt aan de bewegingsrichting van de geleiding. Dit is echter verwaarloosbaar.
- Dwarsverplaatsing van de optisch as: Ook dit hangt af de nauwkeurigheid van de onderdelen, maar in principe kan dit niet fout gaan.

- Stijfheid: Doordat het ontwerp asymmetrisch is, is de stijfheid in dwarsrichting in het ongunstigste geval gelijk aan de stijfheid van één spriet. De sprieten hebben een doorsnede van 8 x 2 mm en zijn 112 mm lang. De stijfheid is dan.

$$C = \frac{E \cdot A}{l} = \frac{210 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{112 \cdot 10^{-3}} = 30 \cdot 10^6 \text{ N/m}$$

De massa van de lens is 1 kg. De massa van de vassing en het bewegende deel van de geleiding is ook ongeveer 1 kg. De totaal massa is dus 2 kg.
De eigenfrequentie in dwarsrichting wordt dan:

$$\omega_{e \text{ dwars}} = \sqrt{\frac{C}{m}} = \sqrt{\frac{30 \cdot 10^6}{2}} = 3873 \text{ rad/sec} = 616 \text{ Hz}.$$

De stijfheid in verticale richting is vervelender doordat de massa nogal excentrisch wordt ondersteund door de hefboom. De stijfheid van de hefboom zelf is hierbij verwaarloosbaar groot. De stijfheid in verticale richting moet worden opgebracht door één paar sprieten die samen voorkomen dat de lens gaat kantelen om het steunpunt van de hefboom.

De hefboom ondersteunt de lens 115 mm uit de hartlijn en de hartafstand van de sprieten is 32 mm. De stijfheid van de twee sprieten moet dus gedeeld worden door de overbrenging in het kwadraat.

$$i = \frac{115}{32} = 7.2$$

$$C_{red} = \frac{2 \cdot C}{i^2} = \frac{2 \cdot 30 \cdot 10^6}{7.2^2} = 1.16 \cdot 10^6 \text{ N/m}$$

$$\omega_{e \text{ langs}} = \sqrt{\frac{C_{red}}{m}} = \sqrt{\frac{1.16 \cdot 10^6}{2}} = 762 \text{ rad/sec} = 121 \text{ Hz}$$

De stijfheid in verticale richting is dus op het nippertje voldoende. Als ik het massatraagheidsmoment van de lens in de berekening had meegenomen zouden we een hogere eigenfrequentie te zien krijgen. Maar met het verwaarlozen van de stijfheid van de hefboom ben ik al slordig genoeg geweest.