

Utvikling av bevegelige øyne til gjenopplivningsdokker

Morten Røn Arntsen

Master i produktutvikling og produksjon
Innlevert: Juni 2012
Hovedveileder: Knut Einar Aasland, IPM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for produktutvikling og materialer

THE NORWEGIAN UNIVERSITY
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF ENGINEERING DESIGN
AND MATERIALS

**MASTER THESIS SPRING 2012
FOR
STUD.TECHN. MORTEN REN ARNTSEN**

**DEVELOPMENT OF MOVING EYE SYSTEM FOR RESUSCITATION MANIKINS
Utvikling av bevegelige øyne til gjenopplivningsdokker**

Laerdal Medical is constantly working to improve the product portfolio by developing new concepts within the medical training field. Their training products have for decades been recognized for their realistic appearance and good performance. As a part of this philosophy, Laerdal Medical wants moving eyes for their high-end resuscitation manikins.

In his project work (fall term 2011), the candidate has generated alternatives for all relevant functions for such a moving eye system, and modelled and evaluated these and come up with a proposed moving eye concept. This will be the basis for this master assignment.

This project will bring the concept through detail design to a testable prototype.

The project should include:

- An updated product requirement specification, after discussions with Laerdal
- Study of the available space and interfaces, to fine-tune the design of the eye system to the manikins
- Choice of motor type and development of motor support
- Choice of materials to achieve realism and durability
- Development of method to reduce damage from direct pressure on the eye
- Building of functional models to test solutions
- If time and resources allow: building of prototype in cooperation with Laerdal

In addition to the report, the candidate should hand in a PU-journal in according to the department's rules.


The thesis should include the signed problem text, and be written as a research report with summary both in English and Norwegian, conclusion, literature references, table of contents, etc. During preparation of the text, the candidate should make efforts to create a well arranged and well written report. To ease the evaluation of the thesis, it is important to cross-reference

text, tables and figures. For evaluation of the work a thorough discussion of results is appreciated.

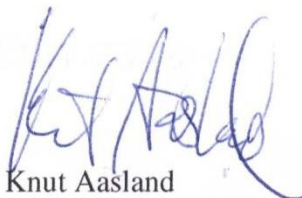
Three weeks after start of the thesis work, an A3 sheet illustrating the work is to be handed in. A template for this presentation is available on the IPM's web site under the menu "Undervisning". This sheet should be updated when the Master's thesis is submitted.

The thesis shall be submitted electronically via DAIM, NTNU's system for Digital Archiving and Submission of Master's thesis.

The contact person at Laerdal Medical is: Terje Vetaas



Torgeir Welo
Head of Division



Knut Aasland
Professor/Supervisor



NTNU
Norges teknisk-
naturvitenskapelige universitet

Institutt for produktutvikling
og materialer

Forord

Denne oppgaven er utarbeidet i forbindelse med masteroppgaven "Utvikling av bevegelige øyne til gjenopplivningsdukker" ved Institutt for produktutvikling og materialer, ved NTNU, vårsemesteret 2012.

Jeg ønsker å rette en stor takk til Knut E. Aasland som har vært veilederen min. Han har vært imøtekommende og positiv, og tatt seg tid til å svare på de spørsmålene jeg har stilt under hele perioden.

I tillegg vil jeg rette en stor takk til Terje Vetaas hos Laerdal Medical. I oppstarten av arbeidet bidro han med tanker og ideer, rundt tegninger og modeller som ble utviklet. Dette var til stor hjelp ettersom man fort kan bli ensporet ved å arbeide alene.

En takk går også til Hanne Røn Arntsen som har vært behjelpelig med korrekturlesning av denne oppgaven.



Morten Røn Arntsen

Trondheim, 10. Juni, 2011

Sammendrag

Laerdal Medical lager dukker/pasientsimulatorer til medisinsk utdanning. Dette er meget avanserte dukker som i tiår har blitt anerkjent for sitt realistiske utseende og oppførsel. I den forbindelse ønsker bedriften å utvikle nye øyne som brukes i dukkene, slik at de blir enda mer virkelighetsnære.

Denne oppgaven forsøker derfor å utvikle et fungerende konsept for Laerdal Medical, som innebærer at begge øynene har synkronne bevegelser i fire retninger (opp, ned, fram og tilbake), samt individuell åpning og lukking av øyelokk. I tillegg skal øynene ha iris som kan utvides og trekkes sammen.

Hovedvekten av oppgaven handler om hvordan man kan lage en fungerende og funksjonell 3D-modell av konseptet, i henhold til hva Laerdal Medical ønsker. Modellen har blitt utviklet i tegneprogrammet NX, og det blir vist mange figurer underveis for å forklare hvordan de ulike delene og mekanismene settes sammen i modellen.

Avslutningsvis gis en forklaring på hvordan det er tenkt at konseptet skal monteres, og hvilke materialer som kan brukes. Modellens bevegelser er testet ut, og det er gjort målinger for å se hvor stor plass modellen vil ta i dukkens hode.

Abstract

Laerdal Medical is manufacturing manikins/patient simulators for medical education. These manikins are very sophisticated and for decades they have been recognized for their realistic appearance and behavior. In this context Laerdal Medical wants to develop a concept of new and even more realistic eyes for use in the manikins.

This thesis investigate how to develop such a working concept for Laerdal Medical, involving synchronous movements on both eyes, in four directions (up, down, forward and back), including individual opening and closing of the eyelids. In addition, the eyes have a contraction and expansion of the iris.

The main focus of this thesis is how to create a functional 3D model of the concept required by Laerdal Medical. The model has been developed in the drawing program NX, and a number of figures are used to demonstrate and explain how the various parts and mechanisms are put together in the model.

Finally, an explanatory idea of the concept is shown, including a suggestion of materials intended to be used. The mobility of the model is tested, and measurements are made to determinate the dimension of the model put inside the head of the manikin.

Innholdsfortegnelse

Forord	i
Sammendrag	ii
Abstract	ii
Figurliste	4
Tabelliste	1
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Hva Laerdal ønsker	1
1.3 Metode	2
1.4 Bruk av NX 7.5 i produktutviklingen	2
1.5 Formål	2
1.6 Avgrensing av masteroppgave	2
2 Prosjektoppgave	3
2.1 Øyets anatomi og bevegelser	3
2.2 Brukerkravspesifikasjon	3
2.3 Produktkrav	4
2.4 Kule-i-Kule	4
2.5 Gummiledd	5
2.6 Konsepter for bevegelse	6
2.7 Konsepter for øyelokk	7
2.8 Videre arbeid med valgt konsept i prosjektoppgave 2011	7
2.9 Resultat	9
3 Forarbeid	10
3.1 Studietur til Laerdal Medical	10
3.1.1 Studering av dukkene hos Laerdal	10
3.1.2 Samtaler med Terje Vetaas	10
3.1.3 Laerdals nåværende øyner	11
3.2 Enkle beregninger	11
3.2.1 Lån av dukkehode fra Laerdal	11
3.2.2 Oppmåling av ønsket vinkelutslag	12

3.2.3	Lokalisering av kritiske punkter.....	13
3.3	Oppdatering av produktkrav	13
3.4	RC-servo.....	14
3.4.1	Fakta om RC-servo.....	14
3.4.2	Forskjellige typer RC-servo.....	14
4	Oppdatering av bevegelsesmekanismer.....	15
4.1	Bur oppdatering.....	15
4.2	Monteringsplate	19
4.3	Øyelokk og Kule-i-kule	20
4.3.1	Diverse kule-i-kule-ledd.....	22
4.4	Bevegelse	24
4.4.1	Reimdrift.....	25
4.4.2	Problemer med reimløsning.....	26
4.4.3	Stag/hendel	27
4.4.4	Fram/tilbake	31
4.5	Demontering av Joystick.....	33
4.6	Lineær Motordrift.....	34
5	Implementering av irisblender.....	36
5.1	Startfasen - enkle skisser	37
5.2	Forbedringsarbeid i NX	38
5.2.1	Tidlig test i NX.....	38
5.2.2	Flere deler og grensesnitt.....	39
5.2.3	Plassbesparing	40
5.2.4	Lengre bakdel og potmeter	41
5.2.5	Ny blender fra Laerdal.....	42
5.2.6	Motorplassering	42
5.3	Ferdig øye	43
5.3.1	Bunndel	44
5.3.2	Toppdel.....	45
5.3.3	Motor.....	46
5.3.4	Arm	46
5.3.5	Blender	47

5.3.6	Linse.....	47
5.3.7	Potmeter	48
5.3.8	Lyssensor	48
5.3.9	Irisetterligning	48
5.3.10	Strømledende materiale	49
5.4	Montering av øye.....	51
5.5	Viktige mål	53
5.6	Bevegelser.....	53
6	Ferdig NX-modell	55
6.1	Montering /m detalj beskrivelse	57
6.2	Bevegelser.....	77
6.2.1	Fram/tilbake arm.....	77
6.2.2	Opp/ned hendel og bevegelsesarm	77
6.2.3	Øyelokk og bevegelsesarm.....	78
6.2.4	Bevegelser i forhold til øye og halvsirkler	78
6.3	Størrelse.....	82
6.3.1	Mål i NX	82
6.3.2	Boks i forhold til dukkehode	83
7	Konklusjon og videre arbeid	85
8	Kilder	87
9	Appendiks A	I
10	Appendiks B.....	V
11	Appendiks C.....	VI

Figurliste

Figur 1.1: Enkle figurer for å forklare ønskede funksjoner	1
Figur 2.1: Kule-i-kule-ledd med og uten øye, samt en simulering av bevegelse gjort i NX	5
Figur 2.2: Legomodell bygget vha. gummiledd	5
Figur 2.3: Forklaring av gummiledd.....	5
Figur 2.4: Konsepter for bevegelse av øye i prosjekt oppgave	6
Figur 2.5: Valgt konsept for bevegelse i prosjektoppgave	6
Figur 2.6: Bevegelser av halvsirkler simulert i NX	6
Figur 2.7: Konsepter for øyelokk utforming	7
Figur 2.8: Konsepter for øyelokk-bevegelses-mekanismer	7
Figur 2.9: Valgt konsept for øyelokk	7
Figur 2.10: Tanker om montering av øyets innhold	8
Figur 2.11: Alternativer til styring og overføring av motorkraft	8
Figur 2.12: Måter å unngå at berøring utenfra, påvirker bevegelsesmekanismer	8
Figur 2.13: NX-modellen som viser resultatet fra prosjektoppgave 2011[1]	9
Figur 3.1: Studietur til Laerdal Medical 31. Januar 2012	10
Figur 3.2: Bilder av dukkehode, lånt av Laerdal Medical	11
Figur 3.3: Oppmåling av dukkehode lånt av Laerdal.....	12
Figur 3.4: Ønsket vinkelutslag av øyets bevegelser	12
Figur 3.5: Kritiske punkter	13
Figur 3.6 To typer RC-servo med spesifikasjoner	14
Figur 4.1: Utdrag fra PU-journal	15
Figur 4.2: Bur fra Prosjektoppgave.....	15
Figur 4.3: Tegning av øyehule forfra og fra siden	16
Figur 4.4: Bur fra prosjektoppgave i forhold til øyehule	16
Figur 4.5: Enkle modeller av forskjellige bur oppdateringer.....	16
Figur 4.6: To forskjellige bur med kulelager.....	17
Figur 4.7: Bur med bakplate montering	17
Figur 4.8: Bur med tynn montering.....	18
Figur 4.9: Bur med tykk montering	18
Figur 4.10: Nytt bur i forhold til øyehule.....	18
Figur 4.11: Monteringsplate.....	19
Figur 4.12: Monteringsplate redigering i NX.....	19
Figur 4.13: Kule-i-kule og øyelokk fra prosjektoppgave.....	20
Figur 4.14: Kule-i-kule og øyelokk	20
Figur 4.15: Nytt Vs. Gammelt kule-i-kule-ledd.....	21
Figur 4.16: "glippe" i kule-i-kule-ledd	21
Figur 4.17: Tenkte låsemekanismer på kule-i-kule-leddet.....	21
Figur 4.18: Øyelokk variasjoner	22
Figur 4.19: Regulering av kule-i-kule leddets stag i NX	22

Figur 4.20: kule-i-kule med stag, mange deler.....	23
Figur 4.21: kule-i-kule med stag, to deler	23
Figur 4.22: Kule-i-kule med stag, en del.....	24
Figur 4.23: Reimdrift fra prosjektoppgave	25
Figur 4.24: NX-modell av løsning som baserer seg på reimer for og overfører krefter mellom motor og ønskede deler	25
Figur 4.25: Tannhjul til øyelokk	26
Figur 4.26: Trang plass mellom de to røde halvsirklene	27
Figur 4.27: Trangt mellom beltene.....	27
Figur 4.28: Tannhjul VS. Hendel	27
Figur 4.29: Oppdatering av rød halvsirkel	28
Figur 4.30: Test av øyelokk 1	28
Figur 4.31: Test av øyelokk 2	28
Figur 4.32: Test av øyelokk 3	29
Figur 4.33: Test av øyelokk bevegelse i NX	29
Figur 4.34: Hendel til opp/ned bevegelse	29
Figur 4.35: Opp/ned bevegelse	30
Figur 4.36: Opp/ned bevegelse i NX.....	30
Figur 4.37: Utforming av hendel	30
Figur 4.38: Utforming av hendel 2	31
Figur 4.39: Hendel til fram/tilbake bevegelse.....	31
Figur 4.40: Gummiled mellom RC-servo og hendel til fram/tilbake bevegelse.....	31
Figur 4.41: Funksjonsmodell i Lego, for å teste fram/tilbake bevegelse vha. gummiled	32
Figur 4.42: Lego test av gummileds oppførsel ved ytre påvirkning.....	32
Figur 4.43: Joystick kjøpt i brukbutikk demonteres.....	33
Figur 4.44: Bevegelse av joystick overfører bevegelse til styrepinne som overfører bevegelse til plater	33
Figur 4.45: Kule-i-kule i joystick og lineære plater	34
Figur 4.46: Lineære motorer og skiver skisse.....	34
Figur 4.47: Bur til lineære bevegelse, skinne, Kule i bakkant av styrepinnen.....	35
Figur 4.48: NX-modell av konsept som baserer seg på lineære bevegelser og motorer.....	35
Figur 5.1: Øyet fra prosjektoppgave høst 2011	36
Figur 5.2: Laerdals nåværende løsning på øyne.....	36
Figur 5.3: Oppdatering av øyet.....	37
Figur 5.4: Forskjellige måter og dele opp øyet på.....	37
Figur 5.5: Oppdeling av øyet og innhold	37
Figur 5.6: oppdeling av øyet, montering og grensesnitt.....	38
Figur 5.7: Tidlig modell av øyet i NX og oppdatering av bakdel for å få plass til motor	38
Figur 5.8: Tester i NX	39
Figur 5.9: Eksplodert modell av øyet.....	39
Figur 5.10: Toppdel og bunndel med grensesnitt	40

Figur 5.11: Bunndel med motor, styrepinne, linse og blender	40
Figur 5.12: Plassbesparing, grensesnitt mellom motor og styrepinne, hull til ledninger	40
Figur 5.13: Eksplodert modell i NX	41
Figur 5.14: Øye med, styrepinne, potmeter, linse, blender, skruer. Øyet montert sammen..	41
Figur 5.15: Sjøkk i NX, passer øyet med halvsirkler.....	41
Figur 5.16: Nye blender sjekkes ut i øyemodell	42
Figur 5.17: Øyet har blitt forlenget, da må også halvsirkler forlenges, test av bevegelse	42
Figur 5.18: Motor må plasseres lengre ned	42
Figur 5.19: Skisse oppdatering av øyets bakdel	43
Figur 5.20: To forskjellige modeller av montert opp øye.....	43
Figur 5.21: NX-modell av ferdig øye, montert opp	43
Figur 5.22: NX-modell av ferdig øye, eksplodert m/ forklaring	44
Figur 5.23: Forklaring av bunndel.....	44
Figur 5.24: Detaljer bunndel.....	45
Figur 5.25: Forklaring av toppdel	45
Figur 5.26: Detaljer av toppdel.....	45
Figur 5.27: Motor	46
Figur 5.28: Arm.....	46
Figur 5.29: Arm bevegelser	46
Figur 5.30: Arm, sjekk i NX for å se at den har muligheten til å rotere.....	47
Figur 5.31: Blender	47
Figur 5.32: Linse.....	47
Figur 5.33: Potmeter, grensesnitt mellom potmeter og strømledende materiale.....	48
Figur 5.34: enkel NX-modell av lysensor	48
Figur 5.35: Laerdal sin irisetterligning (eye iris)	48
Figur 5.36: Irisetterligning	49
Figur 5.37: Lardal sitt strømledende materiale (SAPS Eye Flex Board).....	49
Figur 5.38: Konstruksjon av strømledende materiale	49
Figur 5.39: Bøying av strømledningsmateriale	50
Figur 5.40: Sammenføyning av strømlensingsmateriale.....	50
Figur 5.41: Montering av strømledningsmateriale og arm til motor	51
Figur 5.42: Plassering av blender, frontdel av strømledningsmateriale, potmeter.....	51
Figur 5.43: Plassering av deler i bunndel, plassering av irisliggende materiale og linse	52
Figur 5.44: Forklaring av deler plassert i bunndel.....	52
Figur 5.45: Montering av toppdel, ferdig montert øye.....	53
Figur 5.46: Viktige mål av ferdig øyne	53
Figur 5.47: Bevegelser nedover (syn nedover).....	53
Figur 5.48: Bevegelser oppover (syn oppover)	54
Figur 5.49: Bevegelser til siden (syn til siden)	54
Figur 5.50: Bevegelser nedover og til siden (syn skrått nedover).....	54
Figur 5.51: Bevegelser oppover og tilsiden (syn skrått oppover)	54

Figur 6.1: Ferdig NX-modell sammenstilt forfra.....	55
Figur 6.2: Ferdig NX-modell sammenstilt bakfra	55
Figur 6.3: Ferdig NX-modell eksplodert forfra	56
Figur 6.4: Ferdig NX-modell eksplodert bakfra	56
Figur 6.5: Ferdig NX-modell eksplodert, fra siden, fra undersiden og forfra.....	57
Figur 6.6: Monteringsplate.....	57
Figur 6.7: Montering av rød halvsirkel til burets bunndel	58
Figur 6.8: To bunndeler med rød halvsirkel festes sammen til en del.....	58
Figur 6.9: To bunndeler festes sammen.....	59
Figur 6.10: bunndelene festes til monteringsplaten	59
Figur 6.11: Nedfelling av skruer	60
Figur 6.12: Grønne halvsirkler settes på plass	60
Figur 6.13: Gjenger i grønn halvsirkel	61
Figur 6.14: Toppdelen av buret festes	61
Figur 6.15: Klaring mellom bur og halvsirkel.....	62
Figur 6.16: Plattform festes til monteringsplaten.....	62
Figur 6.17: Øye festes til kule-i-kule-leddet	63
Figur 6.18: Kule-i-kule og øye settes på plass i monteringsplaten.....	63
Figur 6.19: Glippe i halvsirkler mot styrepinne	64
Figur 6.20: Forlengelsesarm festes til RC-servo	64
Figur 6.21: Forlengelsesarm festes til RC-servo	65
Figur 6.22: RC-servo festes til monteringsplate	65
Figur 6.23: RC-servo til øyelokk montert fast til monteringsplaten.....	65
Figur 6.24: Bevegelses arm festes til øyelokk	66
Figur 6.25: Øyelokk med bevegelsesarm festes til kule-i-kule-leddet	66
Figur 6.26: Øyelokk montert fast til kule-i-kule-leddet.....	67
Figur 6.27: Bevegelsesarm festes til RC-servo	67
Figur 6.28: Bolt festet til RC-servo og bevegelsesarm	68
Figur 6.29: Montering av fram/tilbake arm	68
Figur 6.30: Fram/tilbake arm montert sammen	68
Figur 6.31: Fram/tilbake arm festes til de to grønne halvsirklene.....	69
Figur 6.32: Fram/tilbake arm festet til de to grønne halvsirklene	69
Figur 6.33: RC-servo som kontrollerer fram tilbake bevegelser festes til plattform	70
Figur 6.34: Detaljer av plattform.....	70
Figur 6.35: Oppbygning av "hendel m/ gummiled"	71
Figur 6.36: "Hendel m/ gummiled" festes til fram/tilbake arm og RC-servo	71
Figur 6.37: Klemme festes på "Hendel m/ gummiled"	71
Figur 6.38: Plattform (til RC-servo som styrer opp/ned) festes til monteringsplate.....	72
Figur 6.39: Detaljer i plattform utforming	72
Figur 6.40: RC-servo til opp/ned bevegelser festes	73
Figur 6.41: Bevegelses arm føres inn	73

Figur 6.42: opp/ned hendel og bevegelsesarm festes sammen	74
Figur 6.43: Bolt festet til bevegelsesarm og opp/ned-hendel	74
Figur 6.44: Bevegelsesarm og RC-servo festes sammen.....	74
Figur 6.45: Bolt festet til bevegelsesarm og RC-servo	75
Figur 6.46: Modell av motor hentet fra faulhaber.com	75
Figur 6.47: Ledninger.....	75
Figur 6.48: Ledninger til øyet	76
Figur 6.49: Ledninger på skinne	76
Figur 6.50: Fram/tilbake bevegelse.....	77
Figur 6.51: Opp/ned bevegelse	77
Figur 6.52: Øyelokk bevegelse.....	78
Figur 6.53: Bevegelses arm og RC-servo i forhold til hull i monteringsplate	78
Figur 6.54: 23 grader nedover.....	78
Figur 6.55: 23 grader oppover.....	79
Figur 6.56: 19 grader oppover.....	79
Figur 6.57: 23 grader til siden.....	80
Figur 6.58: 22 grader til siden.....	80
Figur 6.59: 23 grader nedover og 23 grader til siden.....	81
Figur 6.60: 21 grader oppover og 21 grader til siden.....	81
Figur 6.61: Lengde av NX-modell	82
Figur 6.62: Høyde av NX-modell.....	82
Figur 6.63: Bredde av NX-Modell	83
Figur 6.64: Boks konstruert opp etter modellens ytre mål.....	83
Figur 6.65: Boks i forhold til hode, både på utsiden og innsiden av dukkehode	84
Figur 6.66: Detaljbilder av boks inne i dukkehode.....	84

Tabelliste

Tabell 1: Brukerkravspesifikasjon.....	3
Tabell 2: Produktkravspesifikasjon.....	4
Tabell 3: Komplette deler liste.....	VI
Tabell 4: Komplette deler liste over øyet	VII

1 Innledning

Denne masteroppgaven bygger på prosjektoppgaven "Utvikling av konsept for bevegelig øyne til bruk i gjenopplivningsdukker"[1], som ble skrevet ved institutt for produktutvikling og materialer høsten 2011.

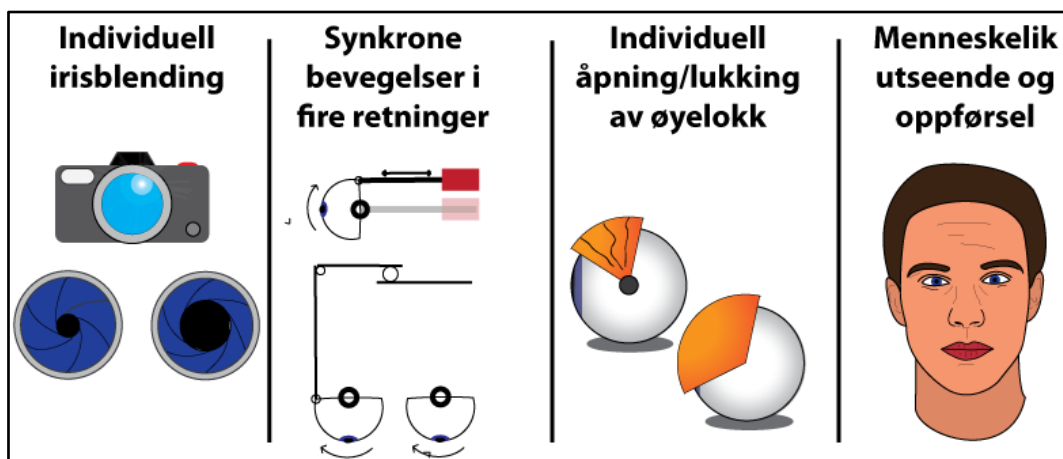
1.1 Bakgrunn

Laerdal Medical (omtalt kun som Laerdal i denne oppgaven) produserer dukker/pasientsimulatorer til medisinsk utdanning. Dette er meget avanserte dukker som i flere tiår har blitt anerkjent for deres realistiske utseende og oppførsel. I den forbindelse ønsker Laerdal og få implementert øyner i dukkene for å gjøre treningen enda mer virkelighetsnær. Dette vil øke troverdigheten i forskjellige simulerte scenarier, og dermed gi sluttbruker større utbytte av produktet. Terje Vetaas som jobber hos Laerdal har fungert som kontaktperson under denne oppgaven.

1.2 Hva Laerdal ønsker

Laerdal ønsker at øynene skal oppfylle følgende funksjoner:

- Ha menneskelig oppførsel og utseende.
- Synkrone bevegelser (på begge øyne) i fire retninger; opp, ned, høyre, venstre (høyere, venstre bevegelser er i denne oppgaven om talt som fram/tilbake bevegelser).
- Individuell sammentrekning og utvidelse av iris (i denne oppgaven omtalt som irisblending).
- Ha individuell lukking og åpning av øyelokk.
- Ha reservert plass for enten en lyssensor eller minikamera for kontroll av irisblending.



Figur 1.1: Enkle figurer for å forklare ønskede funksjoner

1.3 Metode

Arbeidet med oppgaven har tatt utgangspunkt i IPM modellen og dens 5 faser. IPM modellen er presentert og forklart i kompendiet TMM4121 Produktutvikling[2]. Modellen har ikke blitt fulgt punkt til punkt, men har fungert mer som et fundament i arbeidet med oppgaven. Fordi denne oppgaven bygger på en prosjektoppgave, ligger hovedfokuset i denne oppgaven på fase 4.

1.4 Bruk av NX 7.5 i produktutviklingen

NX har blitt flittig brukt i arbeidet med denne masteroppgaven. NX er et 3D-modelleringsprogram som gir et godt bilde på aktuelle dimensjoner og avstander. Programmet gjør det også mulig å prøve ut forskjellige styringsmekanismer, og det kan brukes for å teste ut de forskjellige bevegelsene til en modell. Ved å lage en modell av en idé eller et konsept blir det enklere å avdekke eventuelle feil i konstruksjonen. Men programmet har også vært til god hjelp for å finne ut av hvordan ulike utfordringer kan løses.

1.5 Formål

Målet med denne oppgaven har vært å utvikle et fullstendig konsept som oppfyller de krav som Laerdal ønsker.

1.6 Avgrensing av masteroppgave

Det å utarbeide en *fungerende* 3D-modell (med alle Laerdals ønsker implementert) viste seg tidelig å være veldig tidkrevende og komplisert. Derfor ligger hovedfokuset i denne masteroppgaven nettopp på det; å klare å lage en 3D-modell med øyne som har bevegelse i alle retninger, fungerende øyelokk og irisblending.

Det ble ikke anledning til å diskutere detaljene i alle løsningene med Laerdal. Det var fordi Laerdal et stykke ut i arbeidet med masteroppgaven hadde stort arbeidspress. Dermed ble det ikke mulig til så tett oppfølging som i prosjektoppgaven.

Prototypen måtte også prioriteres bort, og det blir i stedet gitt en forklaring på hvordan det er tenkt at konseptet kan utvikles. Årsaken til at det ikke ble anledning til å lage en prototype er flere. Laerdal hadde blant annet ikke tid til å være med å lage en prototype. Dessuten hadde det blitt både dyrt og vanskelig å få laget en prototype på egen hånd uten hjelp fra Laerdal. Mange av delene må spesiallages, enten i form av sprøyttestøping eller 3D-printing.

Derfor ble det i stedet lagt mer tid i å lage en fungerende 3D-modell.

2 Prosjektoppgave

I dette kapittelet vil det bli gitt en kort innføring i de viktigste punktene i fra prosjektoppgaven "Utvikling av konsept for bevegelig øyne til bruk i gjenopplivningsdukker"[1]. Dette for bedre å forstå utgangspunktet for denne masteroppgaven.

2.1 Øyets anatomi og bevegelser

For å klare å utvikle et konsept for øyner til gjenopplivningsdukker, måtte det først gjøres en enkel studie av øyets anatomi og dets bevegelser. Dette ble gjort ved å lese relevant litteratur, samt "egenstudier". De viktigste funnene:

- Ytre diameter øyekule: 24,0 mm[3].
- Avstand mellom de to pupillene (ved blick rett fram): 61-69 mm[3].
- Øyet kan bevege seg raskt til forskjellige posisjoner[4].
- Blinking foregår i høyt tempo[4].
- Åpning/lukking av øyelokk foregår i forskjellig tempo[4].

2.2 Brukerkravspesifikasjon

Med bakgrunn i brukeranalyse og informasjon hentet fra samtaler med Terje Vetaas hos Laerdal, ble denne brukerkravspesifikasjonen satt opp:

Tabell 1: Brukerkravspesifikasjon

Brukerkrav	SKAL	BØR
Ha et menneskelikt utseende	X	
Ha menneskelig oppførsel	X	
Ha synkroner bevegelser i fire retninger	X	
Ha individuell sammentrekning og utvidelse av iris	X	
Ha Individuell åpning/lukking av øyelokk	X	
Plass til sensor/minikamera	X	
Være så enkel og ukomplisert som mulig		X
Ikke bli nevneverdig påvirket av støv og skitt		X
Tåle risting og bevegelse av dukke		X
Operere stabilt uten hakking i bevegelsene	X	
Plasseres i et hode i 1-1 størrelse	X	

2.3 Produktkrav

Med bakgrunn i studiet av øyets anatomi og brukeranalyse, samt samtaler med Terje Vetaas, ble denne produktkravspesifikasjonen satt opp.

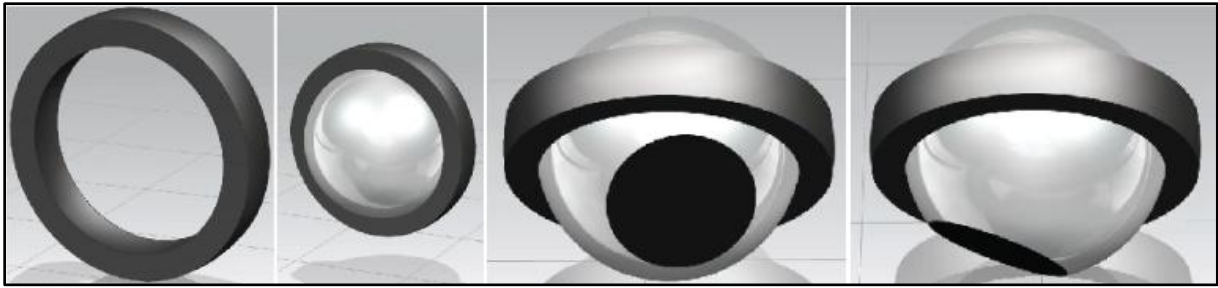
Tabell 2: Produktkravspesifikasjon

PRODUKTKRAVSPESIFIKASJON				
Pkt.	Beskrivelse	Verdi	skal	bør
1	Funksjonskrav			
1.1	Synkrone Opp/ned bevegelser [Bevegelse av senter i hver retning]	5 mm	X	
1.2	Synkrone Fram/tilbake bevegelser [Bevegelse av senter i hver retning]	5 mm	X	
1.3	Individuell åpning/lukking av øyelokk		X	
1.4	Individuell sammentrekning og utvidelse av iris	1-8 mm	X	
2	Omgivelseskrav			
2.1	Tåle risting og bevegelse av dukke*			X
2.2	Tåle berøring fra utsiden *			X
2.3	Ikke bli nevneverdig påvirket av støv og skitt fra omgivelsene*			X
3	Operasjonelle krav			
3.1	Styres av elektrisk motor eller trykkluft		X	
3.2	Programmerbar motorbevegelse		X	
3.3	Menneskelige bevegelser		X	
3.4	Enkel og ukomplisert mekanisme*			X
4	Utseende			
4.1	Menneskelig utseende		X	
4.2	Øyediameter	24 mm	X	
4.3	Avstand mellom pupillene (ved blikk rett fram)	61-69 mm	X	
4.4	Passe inn i et hode 1:1 størrelse		X	
4.5	Kompakt konstruksjon*			X
5	Miljøkrav			
5.1	Materialet som benyttes skal ikke være giftig		X	
5.2	Materialet som benyttes skal ikke inneholde bly eller lateks		X	

* Produktkravspesifikasjonen er noe uferdig og verdiene var tenkt å spesifiseres i denne masteroppgaven

2.4 Kule-i-Kule

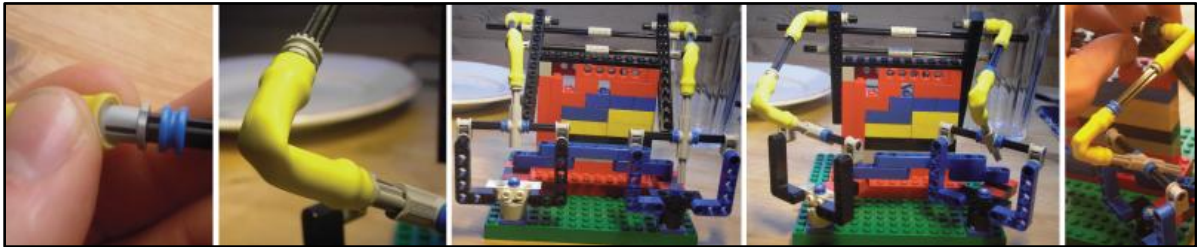
Kule-i-kule er en måte å lagre opp øyet på slik at det kan bevege seg fritt i flere retninger. Her ligger en del av en kule over øyet og holder det på plass (se Figur 2.1). Utformingen gjør at øyet har fri bevegelse om senteraksen til kule-i-kule-leddet. Sammenliknet med andre ledd som ble vurdert i prosjektoppgaven, vil dette gi mer plass til mekanismer som øyelokk og irisblending. Siden dette er plassbesparende, vil det også føre til en mer kompakt løsning. Fordi øyet kan bevege seg fritt, stilles det derimot større krav til en presis bevegelsesmekanisme.



Figur 2.1: Kule-i-kule-ledd med og uten øye, samt en simulering av bevegelse gjort i NX

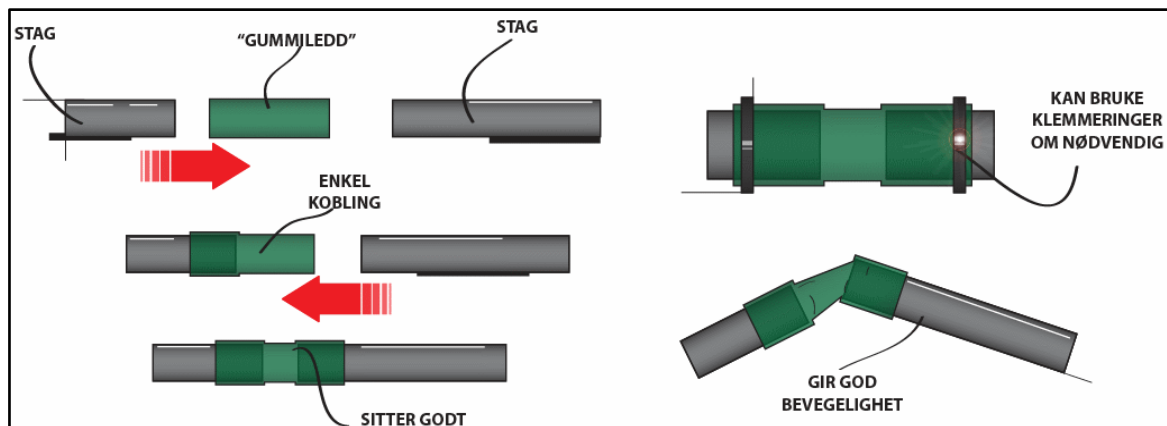
2.5 Gummiledd

Gjennom bygging av modeller, da spesielt med tanke på en Legomodell (se Figur 2.2), ble det i prosjektoppgaven gjort klart at gummiledd kan ha fordeler sammenliknet med vanlige mekaniske ledd.



Figur 2.2: Legomodell bygget vha. gummiledd

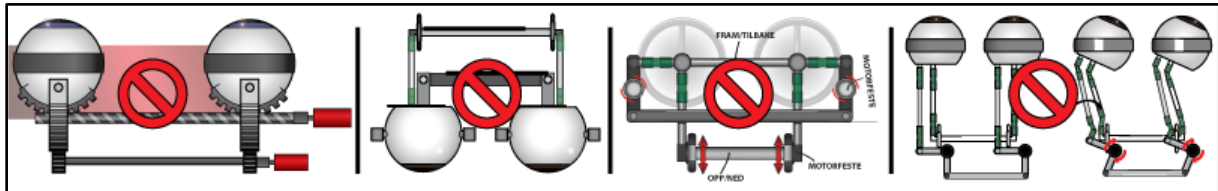
Gummiledd har veldig god bevegelighet. De kan overføre bevegelse, samtidig som de kan beveges i flere retninger. Dette er nyttig da man skal ha bevegelse i de fire retninger; opp, ned, fram og tilbake. Prisen på slike ledd vil være lav. Det vil enkelt la seg gjøre å produsere slike ledd selv i små størrelser. Et mekanisk ledd i en liten størrelse kan bli veldig dyrt og komplisert å produsere. Hvis gummileddene kobles på en god måte, kan de ta opp eventuelle støt fra berøringer påført øynene fra utsiden.



Figur 2.3: Forklaring av gummiledd

2.6 Konsepter for bevegelse

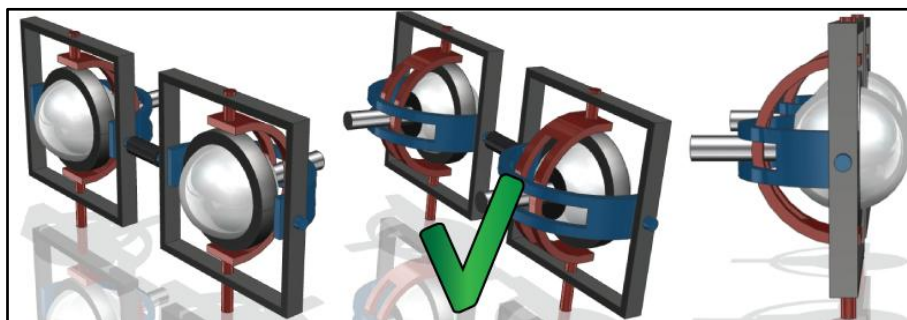
Det ble utarbeidet 5 hovedkonsepter for bevegelse. Fire av konseptene ble forkastet. Det er allikevel verdt å merke seg at det finnes flere konsepter da ideer og tanker kan videreutvikles fra disse.



Figur 2.4: Konsepter for bevegelse av øye i prosjekt oppgave

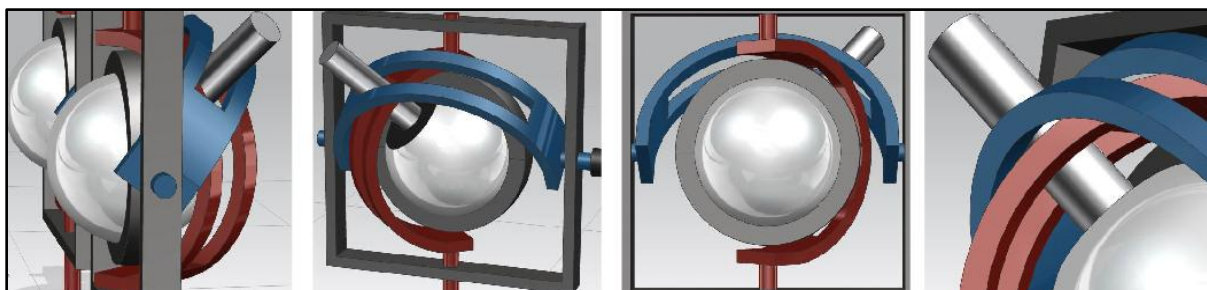
Konseptet som ble valgt å videreutvikle kan sees på Figur 2.5.

Ideen bygger på prinsippet som blir brukt i noen typer joysticks. Øyet er lageret opp i en kule-i-kule. Ut fra senteret i bakkant av øyet stikker det ut en styrepinne. To halvsirkler med forskjellig diameter styrer bevegelsen. I halvsirklene er det spor (styreguides) som passer med diameteren til styrepinnen.



Figur 2.5: Valgt konsept for bevegelse i prosjektoppgave

Ved å rotere halvsirklene vil man få ønsket bevegelse. Den røde halvsirkelen på Figur 2.6 vil kontrollere fram/tilbake bevegelse, den blå opp/ned bevegelse. Ved rotasjon vil halvsirklene "skyve" på styrepinnen slik at øyet beveger seg til ønsket posisjon. Fordi halvsirklene har forskjellig diameter, vil de ikke gå inn i hverandre.

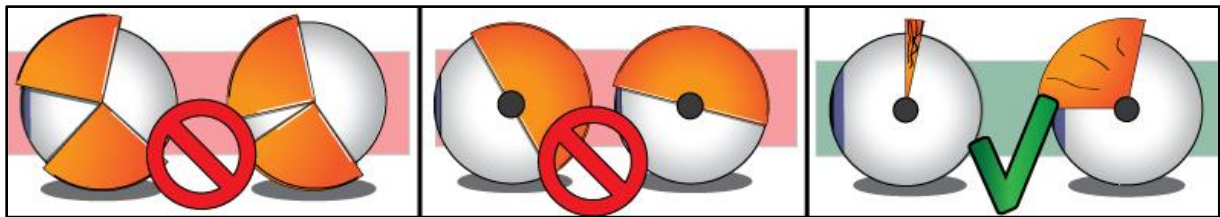


Figur 2.6: Bevegelser av halvsirkler simulert i NX

Dette konseptet ble utviklet videre. Det er også dette konseptet som vil bli videreført i denne masteroppgaven.

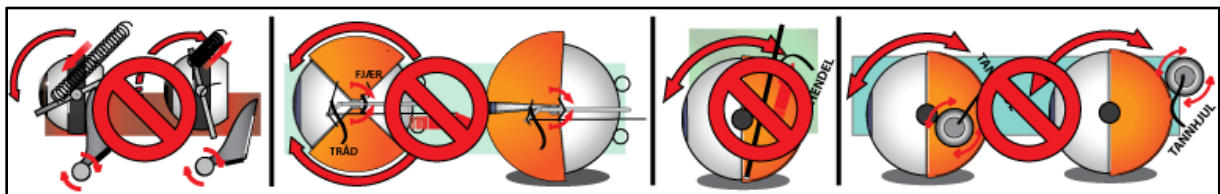
2.7 Konsepter for øyelokk

Det ble utviklet forskjellige konsepter for å simulere åpning og lukking av øyelokk. Det ble utviklet konsepter både med tanke på utforming og mekanisme for bevegelse.



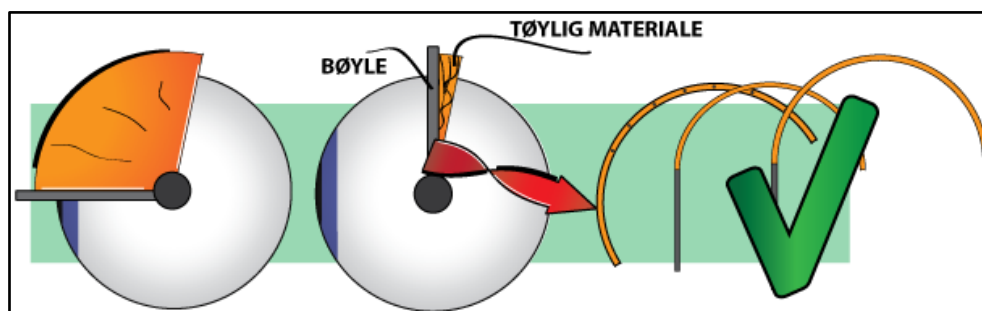
Figur 2.7: Konsepter for øyelokk utforming

Med bakgrunn i konseptet som er valgt for bevegelse av øynene, er det mest hensiktsmessig å lage øyelokkene i ett tøyelig materiale, og å velge en bøyle til å bevege dem. Dette fordi det tar minst plass (og ikke vil komme i konflikt med konseptet som er valgt for bevegelse).



Figur 2.8: Konsepter for øyelokk-bevegelses-mekanismer

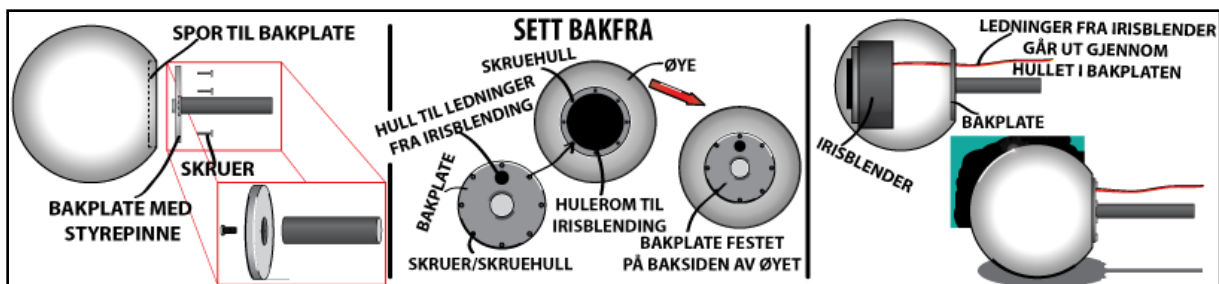
Det er også her viktig å merke seg elementer fra de andre konseptene da disse kan være nyttige i videre utvikling av konseptet.



Figur 2.9: Valgt konsept for øyelokk

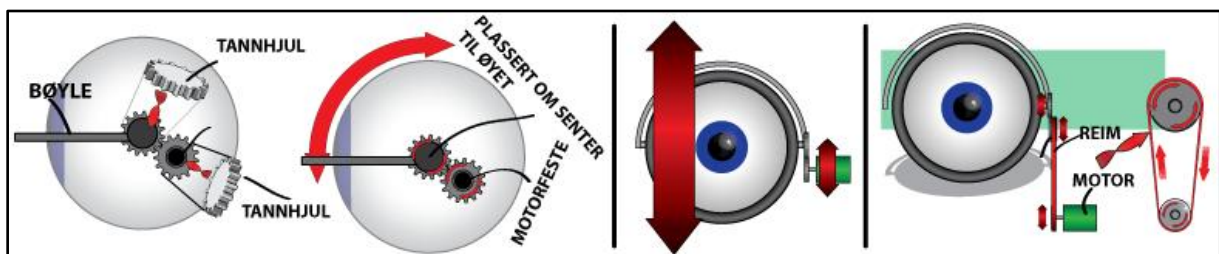
2.8 Videre arbeid med valgt konsept i prosjektoppgave 2011

I prosjektoppgaven ble det utarbeidet noen ideer om hvordan de valgte konseptene skulle samkjøres og bygges for å oppfylle de kravene Laerdal stiller. Disse ideene ble bare enkelt skissert og er derfor noe som må sees mer på i denne masteroppgaven. Det ble da sett på hvordan man skulle implementere irisblending i valgt løsning (se Figur 2.10).



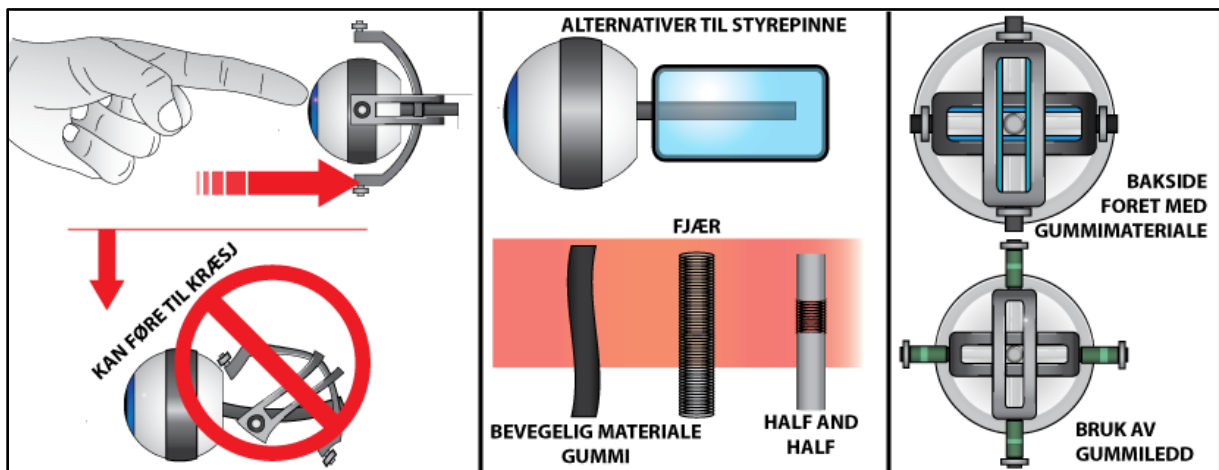
Figur 2.10: Tanker om montering av øyets innhold

Det ble også sett på hvordan man skulle overføre krefter fra motorer til både øyelokk og de to roterende halvsirklene. Bruk av reimer ble valgt for halvsirklene. Det ble også sett noe på bruk av motorer. Valget falt på de motorene Laerdal allerede har i bruk, micro dc motorer fra Faulhaber[5]



Figur 2.11: Alternativer til styring og overføring av motorkraft

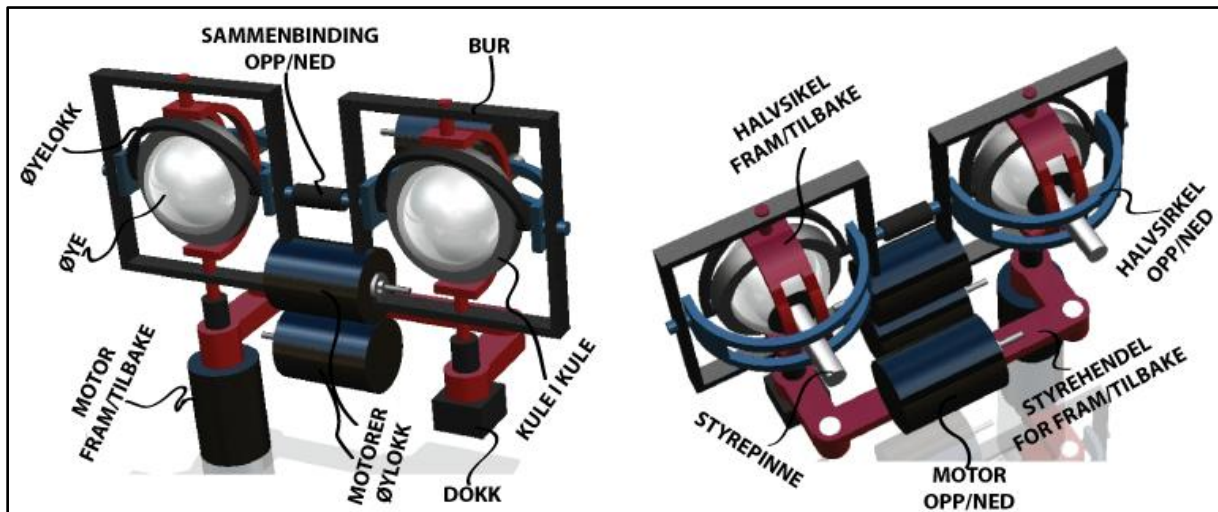
Det ble også sett på ulike løsninger som forhindrer at ytre påvirkning får en nevneverdig innvirkning, og eventuelt kan ødelegge mekanismen (se Figur 2.12)



Figur 2.12: Måter å unngå at berøring utenfra, påvirker bevegelsesmekanismer

2.9 Resultat

Arbeidet med prosjektoppgaven resulterte i en NX-modell som kan sees på Figur 2.13. Det er langt fra noe ferdig produkt, og det trenger videre arbeid. Disse punktene ble satt opp i prosjektoppgaven og noen av disse vil bli omhandlet i denne masteroppgaven.



Figur 2.13: NX-modellen som viser resultatet fra prosjektoppgave 2011[1]

- Det må jobbes mer i direkte samarbeid med Laerdal slik at øynene vil passe perfekt med dukkene deres.
- Produktkravspesifikasjonen må oppdateres og spesifiseres. Verdier må utarbeides i samarbeid med Laerdal.
- Alternative motortyper og hvordan de skal festes må utvikles. Det må konstrueres opp en ramme som binder sammen hele konseptet.
- Det må bygges funksjonsmodeller for å teste hvordan de forskjellige ideene vil fungere i virkeligheten. Dette kan gjøres ved hjelp av blant annet billige servomotorer.
- Det er nødvendig å finne det mest hensiktsmessig materialet slik at man på best mulig måte kan få laget de virkelighetsnære øynene. Et riktig materiale vil også kunne gi minst mulig friksjon og slitasje (dette er spesielt viktig på grunn av bruk av kule-i-kule-leddet).
- Ideer og metoder for å dempe skade fra berøring og trykk på øyet, må testes ytterligere for å kunne kvalitetssikres i henhold til produktets intensjon.
- Til slutt må det bygges en prototype hvor alle de valgte funksjonene er implementert.

3 Forarbeid

Kort tid etter at prosjektoppgaven var levert, startet arbeidet med denne masteroppgaven. Som nevnt i punktene ovenfor (avsnitt 2.9) var det mye å jobbe videre med, og det var nødvendig å gjøre prioriteringer.

3.1 Studietur til Laerdal Medical

Tidlig i arbeidet ble det gjort en studietur til Laerdal sine lokaler i Stavanger. Dette for å få et bedre innblikk i deres produkter og arbeidsmetoder. Samtidig som besøket ville være avgjørende for å gjøre de riktige prioriteringene i det videre arbeidet.



Figur 3.1: Studietur til Laerdal Medical 31. Januar 2012

3.1.1 Studering av dukkene hos Laerdal

Først etter besøket hos Laerdal ble det tydelig hvor avanserte og imponerende disse gjenopplivningsdukkene er. Dette er noen av det som ble observert ved å ta en titt på dukkene[6], samt gjennom samtaler med Terje Vetaas[7].

- Brystkassen hever og senker seg.
- Dukkene har puls på bestemte områder.
- Det kan komme veske ut øyne, nese, munn og ører.
- Dukkene kan blø og svette.
- Dukkene har blodårer man kan sette sprøyter i.
- Dukkene simulerer krampe og stiv nakke.
- De har "fungerende" urinveier, slik at det er mulig å praktisere kateterisering.
- De kan simulere hjerte- lungeredning.
- De puster.

3.1.2 Samtaler med Terje Vetaas

Det ble også gjort samtaler med Terje Vetaas for å finne ut mer hva Laerdal ønsker, og hva som kreves av produktene deres. Dette er hva som kom ut av disse samtale[7]:

- Motorene Laerdal benytter seg av i dag er ikke optimale. De beveger seg med små omdreinger, har mange og korte oppbremsinger som sliter på komponenter. De krevere også mye software for å styres.
- Deler og mekanikk som Laerdal kan produsere og montere selv, er svært nyttig.

- Toleranser er viktig. Fordi toleransene ofte overlapper hverandre, kan det skape problemer.
- Reimoverføringen som brukes i dag krever mye stramning og Laerdal klarer ikke dette selv.
- På fremtidens dukker vil øyelokket være en del av ansiktet, så det trengs kun en bøyle som kan monteres fast til ansiktet.
- Dukkene må tåle en del. De brukes blant annet av det amerikanske militæret, og fordi de kastes rundt, kan det komme vann inn der hvor øynene er montert.

3.1.3 Laerdals nåværende øyner

Under prosjektoppgaven i 2011 ble det ikke mottatt noe informasjon om hvordan Laerdals allerede eksisterende øyne fungerte. Dette for at Laerdal ikke skulle legge noen føringer på konseptutviklingen. Fordi konsept for bevegelse allerede var utviklet da arbeidet med denne masteroppgaven startet, var det derimot ingenting i veien for å se nærmere på Laerdals øyne. Laerdals nåværende øyeløsning er stillestående øyne med irisbledning og åpning/lukking av øyelokk. En eksplodert tegning av dette er å finne i appendiks B.

3.2 Enkle beregninger

Tidlig i arbeidet ble det gjort noen enkle beregninger for å finne ut mer om forutsetningene for konseptutviklingen. I dette avsnittet vil det derfor bli forklart mer om hvor store øynene skal være, hvor mange grader de skal kunne bevegges, og hvilke kritiske punkter det må tas hensyn til.

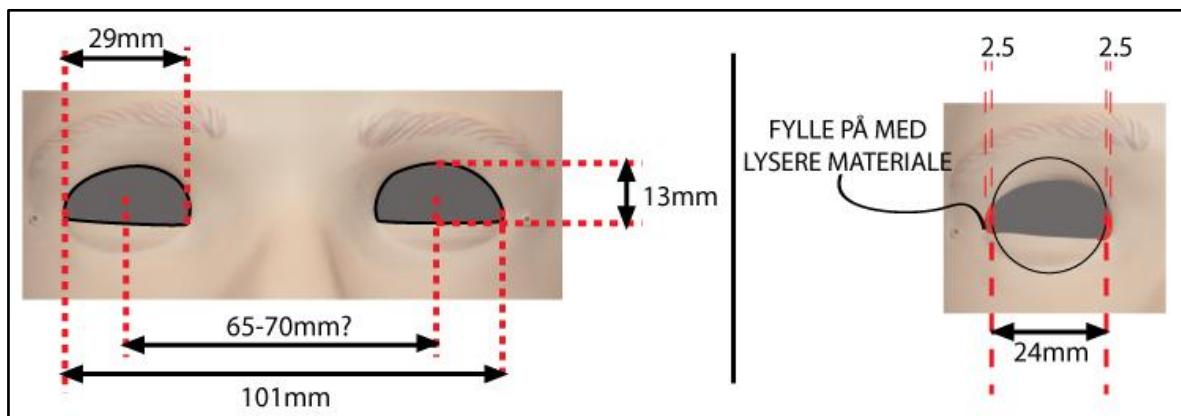
3.2.1 Lån av dukkehode fra Laerdal

Laerdal hadde mulighet til å låne ut et dukkehode som de hadde liggende. Dette viste seg å være til god hjelp. Både i forhold til å få nøyaktige mål, men også til inspirasjon. Det å ha en konkret gjenstand foran seg, gjør det lettere å komme på gode ideer.



Figur 3.2: Bilder av dukkehode, lånt av Laerdal Medical

Det ble tatt mål av dukken (se Figur 3.3).

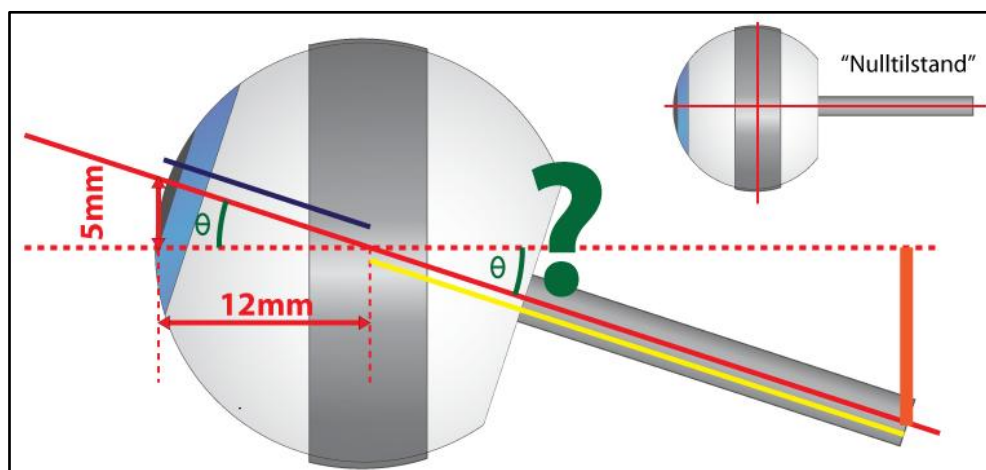


Figur 3.3: Oppmåling av dukkehode lånt av Laerdal

Fordi menneskets øyne er 24 mm i diameter[3] er det i denne masteroppgaven tatt utgangspunkt i at selve øyet skal ha en diameter på 24 mm. Hullet til øynene i selve dukkehodet er 29 mm, og det er derfor planlagt å legge på et materiale rundt øyet, som ser ut som en "tårekanal", for å tette det mellomrommet som vil oppstå (om øynene skal benyttes i nåværende dukkehoder).

3.2.2 Oppmåling av ønsket vinkelutslag

Det ble i prosjektoppgaven høsten 2011 satt opp et krav om at øynene skulle kunne bevege seg 5 mm i hver retning. Det ble derfor foretatt en enkel utregning av hva dette vil tilsvare i grader. På den måten er det mulig å kontrollere bevegelser i NX-modellen. Ved å bevege delene i NX finner man ut av om de ulike delene "kolliderer" i hverandre, og om delenes størrelse og plassering må endres.



Figur 3.4: ønsket vinkelutslag av øyets bevegelser

$$\tan \theta = \frac{5}{12}$$

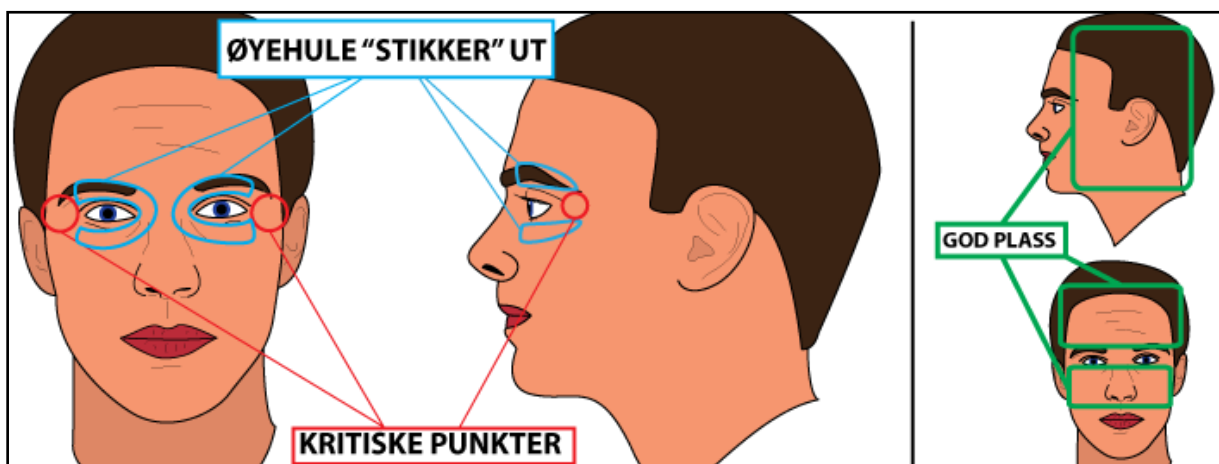
$$\theta = \tan^{-1} \frac{5}{12} = 22,62^\circ \approx 23^\circ$$

Utregningen viser at øyet bør kunne bevege seg ca 23 grader i alle retninger ut i fra nulltilstand (blikk rettet rett fremover). Hvis den delen som er markert med gult på Figur 3.4 blir lengre, vil også utslaget markert med oransje bli større.

3.2.3 Lokalisering av kritiske punkter

Fordi den valgte løsningen for bevegelse fra prosjektet baserer seg på halvsirkler som roterer om senterpunktet av øyet, er det viktig og se på hvordan ansiktet er bygget opp rundt øyet. Dette for å kunne konstruere opp en løsning som unngår konflikt med ansiktet.

Øyet ligger plassert inne i en øyehule, og øyehulen beskytter selve øyet (Se det som er merket med blått på Figur 3.5). For å unngå konflikt med ansiktet er det derfor hensiktsmessig å utvikle en løsning som etterligner menneskets øyehule på best mulig måte. De stedene hvor det vil være "minst" plass, og kritiske punkter, er merket med rødt på Figur 3.5. Det er spesielt viktig å utforme en løsning som ikke kommer i konflikt med disse områdene slik at det blir mulig å plassere en endelig løsning i et dukkehode uten at hodets anatomiske utseende blir skadet.



Figur 3.5: Kritiske punkter

3.3 Oppdatering av produktkrav

Det har dessverre ikke blitt laget verdier for deler av produktkravspesifikasjonen (se avsnitt 2.3). Etter besøket hos Laerdal, ble det klart at Terje Vetaas ikke hadde noen konkrete verdier for kategorien "omgivelseskrav". I stedet ble det gitt flere muntlige eksempler på hva disse dukkene må kunne tåle. Det ble gjort en vurdering på at det holdt å jobbe ut i fra disse eksemplene. Det ble ikke prioritert å gjøre egne utregninger av disse verdiene, da det ville spist altfor mye tid.

3.4 RC-servo

Da Laerdals motorer ikke er optimale, var det nødvendig å se på andre typer motorer, for å finne noen som var bedre egnet. Dette måtte prioriteres tidlig i prosessen, da motoren er en standarddel, og vil kunne sette begrensinger for hvordan de andre delene utformes.

3.4.1 Fakta om RC-servo

RC-servo er DC-motorer med innebygget gir og et tilbakemeldingssystem (På engelsk: "feedback control loop circuitry"). Dette gjør de meget godt egnet til å bruke for å bevege øynene. RC-servoene roterer vanligvis bare fra 0- 90 grader, eller 0 til 180 grader, i begge retninger. Noe som gjør de godt egnet til den type bevegelse øynene og øyelokk skal ha. Ved å sende inn et signal til servoen, med en bestemt bølgelengde, vil servoen rotere til en bestemt vinkel. Dermed slipper man å bruke et såkalt potmeter, som dessuten ville krevd mer plass og programmering av software. [8]

Problemet med RC-servo er at de er noe større en micro-dc motorer. Dessuten produserer de nok også noe mer støy. Det hadde vært hensiktsmessig å teste ut RC-servo motorer, men det ble dessverre ikke tid til dette.

Utdrag fra mail fra Terje Vetaas 21. februar[9]:

"RC servoer er i utgangspunktet ikke noen dum tanke. Problemet har ofte vært størrelse og støy, men det er allikevel en god plass å starte siden de er såpass nøyaktige."

3.4.2 Forskjellige typer RC-servo

I denne oppgaven har det blitt sett på to forskjellige RC-servo typer (se Figur 3.6). De er modellert opp i NX etter mål funnet på leverandørens hjemmeside[10-12]. Det er verdt å merke seg at det finnes en rekke ulike typer av RC-servo motorer å oppdrive på markedet.

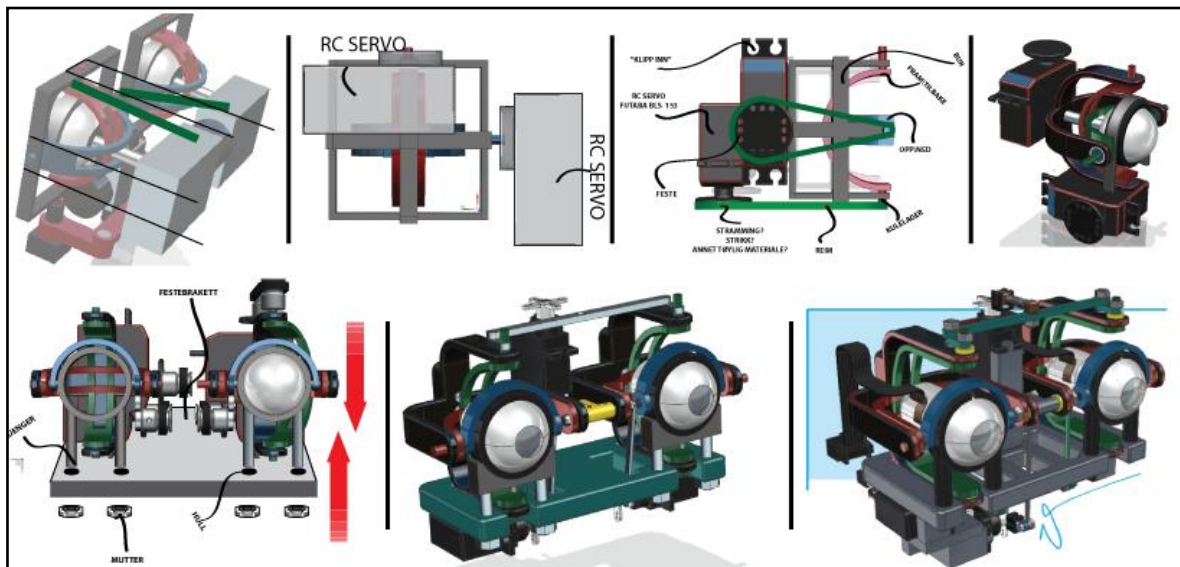
Futaba S3153MG			Futabal BLS 153		
	DREIEMOMENT	FART		DREIEMOMENT	FART
4,8V	1,4 kg/cm	0,13sek/60°	4,8V	5,5 kg/cm	0,15sek/60°
6,0V	1,7 kg/cm	0,11sek/60°	6,0V	7.0 kg/cm	0,12sek/60°

Figur 3.6 To typer RC-servo med spesifikasjoner

4 Oppdatering av bevegelsesmekanismer

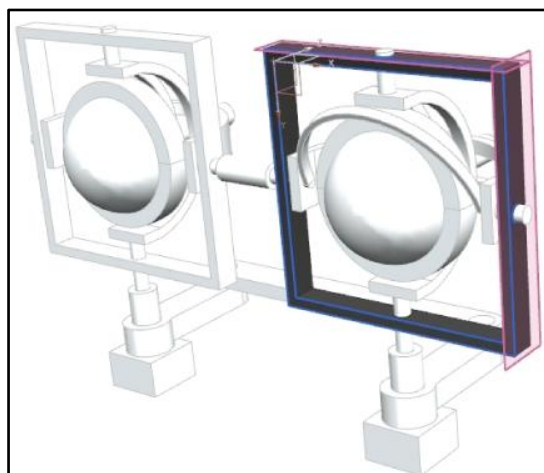
Etter å ha gjort en god del forarbeid, var det tid for å oppdatere bevegelsesmekanismene. Dette har vært en kontinuerlig prosess; enkle modeller i NX har blitt konstruert, feil oppdages og nye modeller har blitt utarbeidet. Slik har det gjentatt seg, helt fram til det endelige konseptet. For hele tiden å kunne gå tilbake å se på det som har blitt gjort (tidligere), har PU-journal blitt flittig brukt, se Figur 4.1 for noen eksempler.

I dette avsnittet vil det ved hjelp av NX-modeller og tegninger bli forklart hvordan de ulike delene fra prosjektoppgaven 2011 har blitt utviklet for å gjøre bevegelse av øyne og øyelokk mulig.



Figur 4.1: Utdrag fra PU-journal

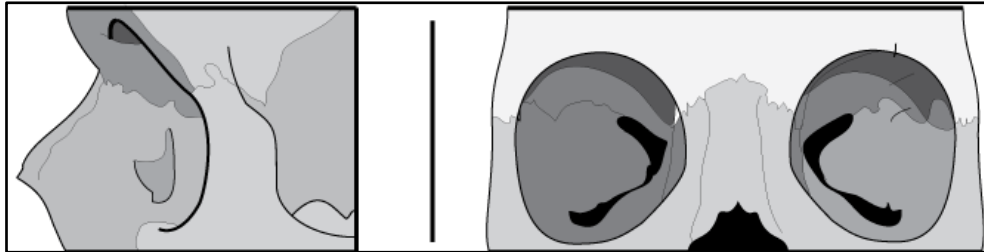
4.1 Bur oppdatering



Figur 4.2: Bur fra Prosjektoppgave

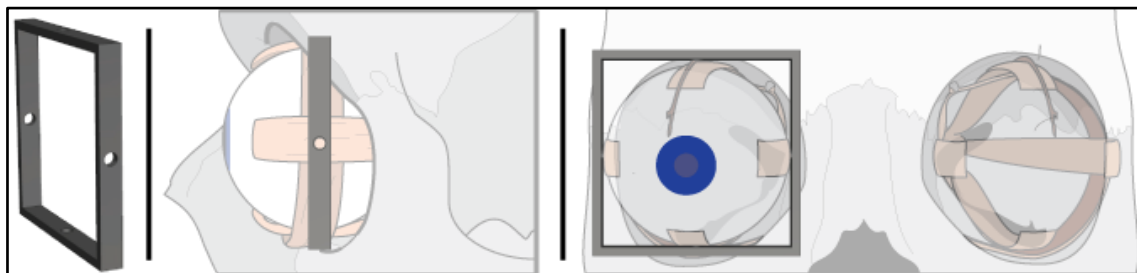
Tidlig i arbeidet med denne masteroppgaven ble det undersøkt hvordan buret fra prosjektoppgaven 2011, (se Figur 4.2), skulle tilpasses dukkehodene til Laerdal på best mulig måte, og ikke forstyrre dets utseende.

Menneskets øyehule ble da brukt som et utgangspunkt (se Figur 4.3.)



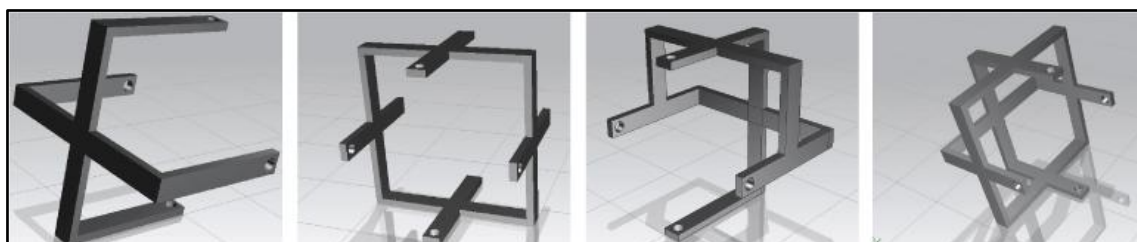
Figur 4.3: Tegning av øyehule forfra og fra siden

Det ble tydelig at buret fra prosjektoppgaven ikke fungerte optimalt fordi det vil komme i konflikt med de kritiske områdene markert på Figur 3.5. Det passet heller ikke bra i forhold til øyets øyehule som kan sees på Figur 4.4.



Figur 4.4: Bur fra prosjektoppgave i forhold til øyehule

Det ble i første omgang satt opp noen enkle modeller. Disse fungerer bedre som etterligning av øyehulene og kommer også ikke i like stor grad i konflikt med de kritiske områdene. (Se Figur 4.5).

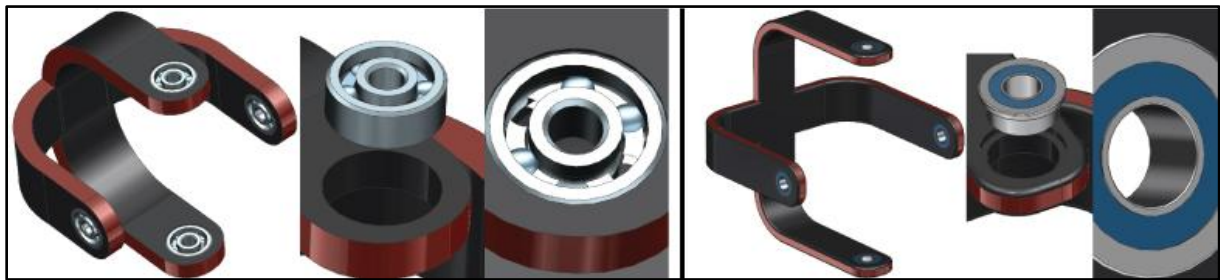


Figur 4.5: Enkle modeller av forskjellige bur oppdateringer

Det ble også testet ut bur med kulelager, slik at bevegelsene til halvsirklene kan gå med så lite friksjon som mulig. NX-modellen av kulelagrene på buret til høyre på Figur 4.6 er hentet fra leverandøren sin hjemmeside[13]. Kulelagrene til venstre er modellert opp etter tegninger fra leverandøren[14]. Tilbakemeldinger fra Terje Vetaas, gjorde at kulelager ble droppet i senere løsninger.

Utdrag fra mail, fra Terje Vetaas, 21. februar 2012[9]:

”Med tanke på kulelagre ser jeg jo at det kan ha sin misjon, samtidig som det kompliserer en god del. Det er ikke snakk om de store kreftene her. I det eksisterende øyet har vi ingen kulelagre og vi ser ikke tegn til slitasje i opphengene.”



Figur 4.6: To forskjellige bur med kulelager

Underveis i arbeidet ble det klart at burene måtte deles opp. Dette for å gjøre det lettere å montere inn halvsirklene til burene. Det ble sett på forskjellige måter å gjøre dette på.

Til høyre på Figur 4.7 vises det hvordan man kan bruke en bakplate med grensesnitt. Delene ”dyttes” da sammen og holdes på plass ved hjelp av friksjon i grensesnittene.



Figur 4.7: Bur med bakplate montering

På Figur 4.8 er det mulig å se et forslag hvor det er nødvendig med en skruv gjennom hullet for at delene ikke skal skli fra hverandre



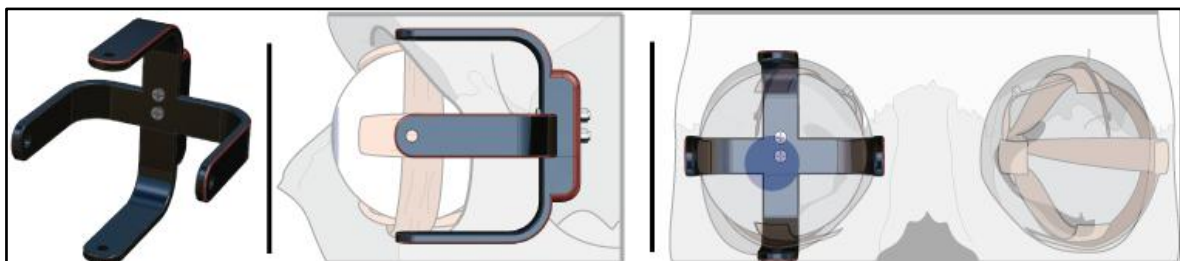
Figur 4.8: Bur med tynn montering

Fordi forslaget over baserer seg på et noe tynt grensesnitt, ble det også laget en med litt tykkere grensesnitt. Dette vil bli mer solid, da friksjonen i grensesnittene vil bli større, og det er plass til to skruer.



Figur 4.9: Bur med tykk montering

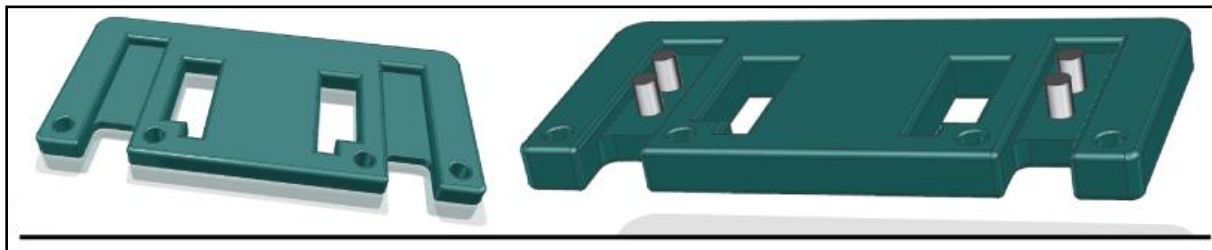
Det ble valgt å gå videre med løsningen som baserer seg på to skruer og et noe tykkere grensesnitt. Valgt løsning på bur, vil skape langt mindre konflikt med de kritiske punktene enn det fra prosjektoppgave 2011. Samtidig som burets form nå stemmer bedre overens med menneskets øyehule. En enkel illustrasjon på hvordan det vil passe inn sammen med øyne og øyehule kan sees på Figur 4.10 under.



Figur 4.10: Nytt bur i forhold til øyehule

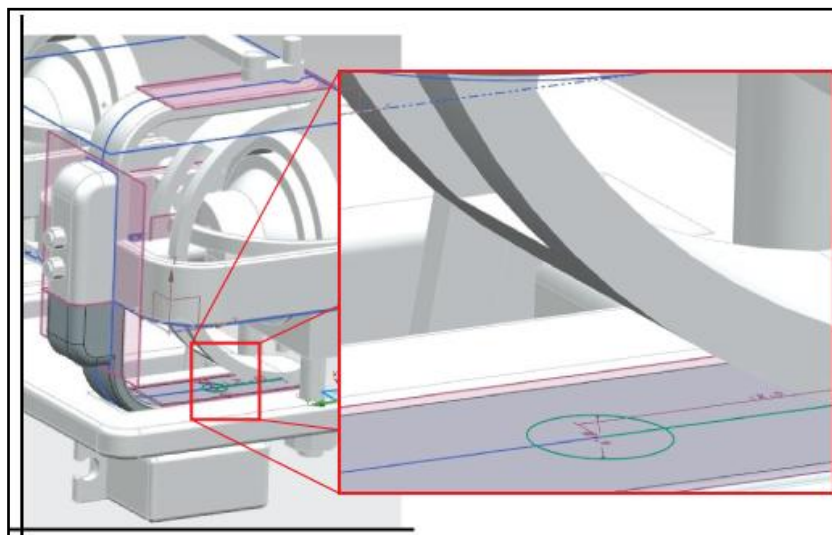
4.2 Monteringsplate

Det ble laget en monteringsplate som delene kan festes i. Dette for at det skal være enklere å plassere delene i forhold til hverandre.



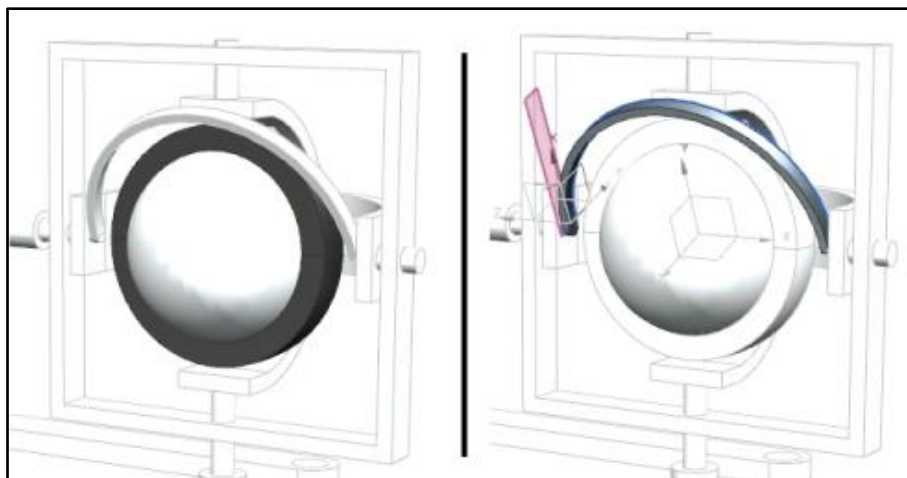
Figur 4.11: Monteringsplate

Etter hvert som de forskjellige delene ble oppdatert, ble også monteringsplaten det. NX var nyttig også her, blant annet for å finne ut av hvor det er mulig å plassere f.eks. gjengehull for å hindre at eventuelle skruer ikke kommer i konflikt med andre deler av konseptet (se Figur 4.12).



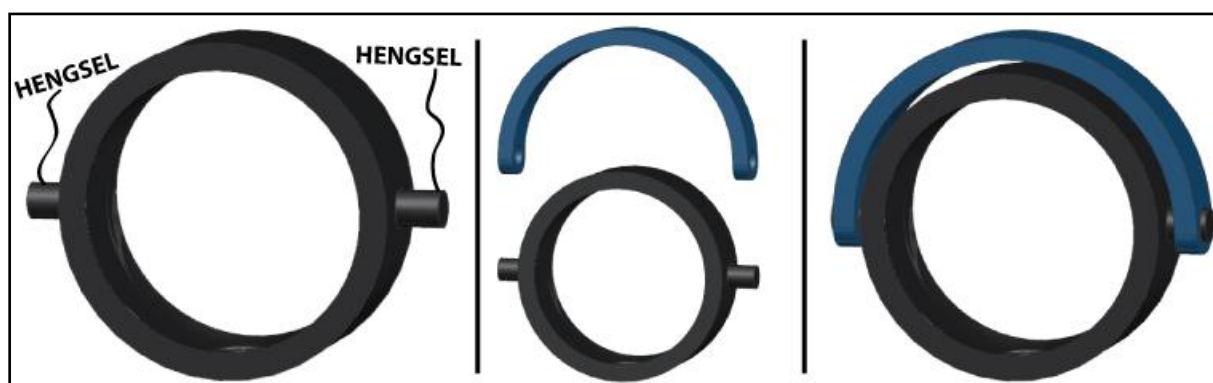
Figur 4.12: Monteringsplate redigering i NX

4.3 Øyelokk og Kule-i-kule



Figur 4.13: Kule-i-kule og øyelokk fra prosjektoppgave

Kule-i-kule-leddet og øyelokk fra prosjektoppgaven høsten 2011 (Figur 4.13) ble oppdatert. For at leddet kunne fungere med øyelokk, ble det satt opp en "hengsel" på hver side av kule-i-kule-leddet hvor øyelokket kan festes i og rotere om (se Figur 4.14). Øyelokket har i denne oppgaven bare blitt utformet som en bøyle. For etter samtaler med Terje Vetaas ble det klart at Laerdal i fremtiden ønsker dukker der øyelokket er en del av ansiktet, også festes øyelokket på bøylene.



Figur 4.14: Kule-i-kule og øyelokk

Det nye kule-i-kule-leddet ble gjort bredere, slik at det dekker en større del av øyet. Dette for at øyet sitter bedre på plass (se Figur 4.15).

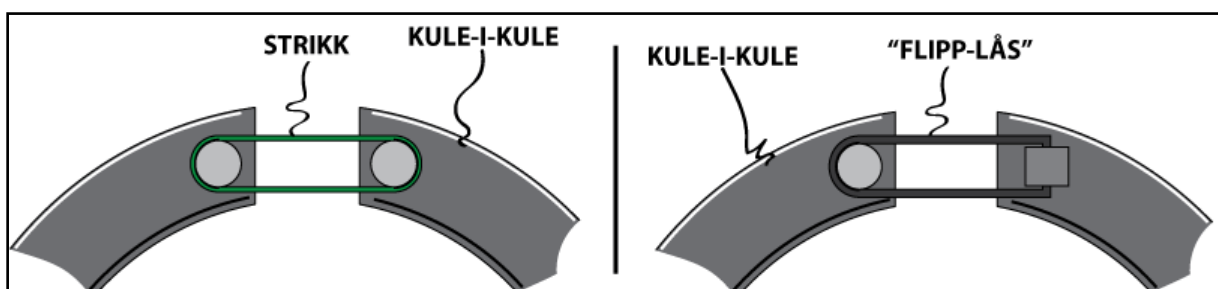
GAMMEL "Kule i kule"	NY "Kule i kule"
	
BREDDE: 5mm $\frac{5}{24} = 20,8\%$	BREDDE: 8mm $\frac{8}{24} = 33,3\%$

Figur 4.15: Nytt Vs. Gammelt kule-i-kule-ledd

En ide er også å ha en "glippe" i kule-i-kule-leddet slik at øyet kan plasseres, ved å skyves inn. Kule-i-kule-leddet er tenkt produsert i plast og vil derfor ha noe fleksibilitet. Glippen kan eventuelt festes med enkle festemekanismer (for eksempel en strikk eller "flipp-lås") (Figur 4.17).

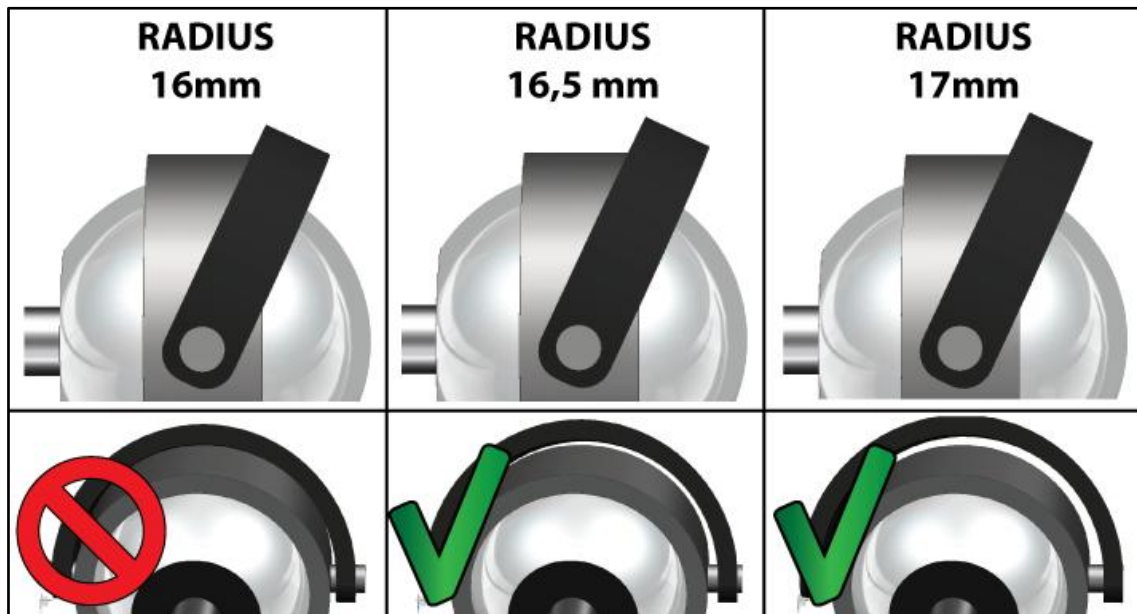


Figur 4.16: "glippe" i kule-i-kule-ledd



Figur 4.17: Tenkte låsemekanismer på kule-i-kule-leddet

For å få øyelokket til å passe med det nye kule-i-kule-leddet, var det nødvendig å teste ut øyelokk med forskjellig radius.



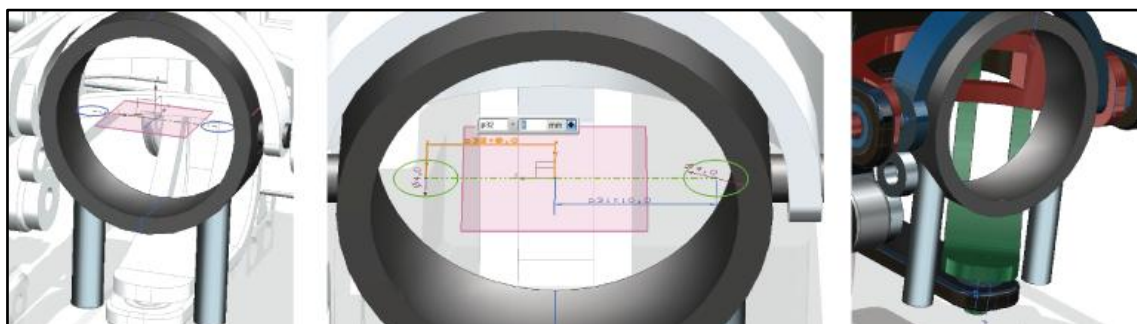
Figur 4.18: Øyelokk variasjoner

Av Figur 4.18 er det klart at både øyelokk med radius 16,5 mm og 17 mm gir klaring og kan benyttes. Det ble valgt å bruke øyelokk med radius 16,5 mm videre i arbeidet. Dette fordi den er minst og er derfor mest plassbesparende.

4.3.1 Diverse kule-i-kule-ledd

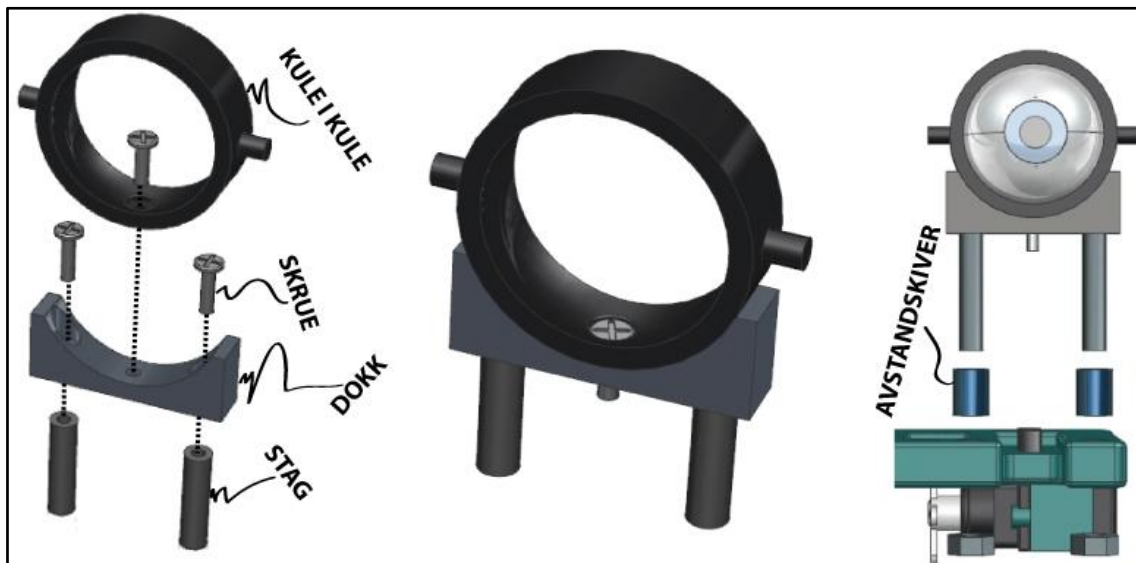
Det ble sett på forskjellige måter å utforme kule-i-kule-leddet på slik at det blir mulig å feste det til en monteringsplate.

Kule-i-kule-leddet må være utstyrt med to stag som kan festes til monteringsplaten og gjør at avstanden mellom leddet og halvsirkelene blir korrekt (sentrert). Avstanden mellom disse stagene ble regulert i NX slik at den grønne halvsirkelen (fram/tilbake) går klar ved rotasjon (se Figur 4.19).



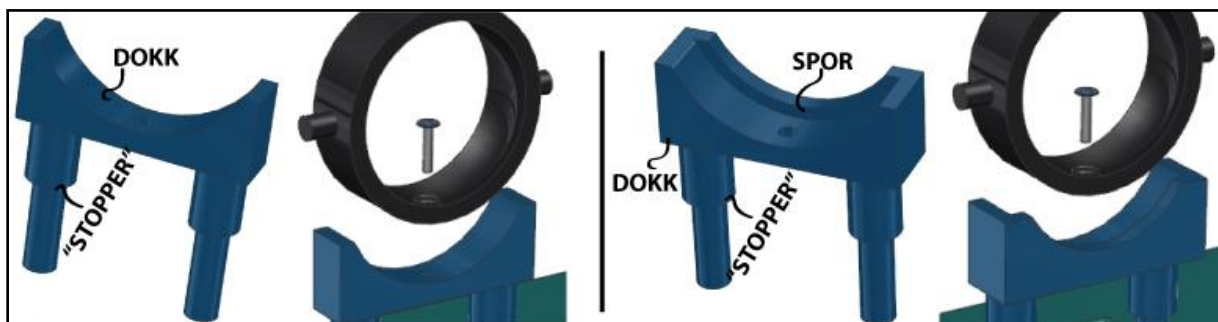
Figur 4.19: Regulering av kule-i-kule leddets stag i NX

Tidlig i utviklingen av et kule-i-kule-ledd med stag ble det sett på en løsning som inneholder mange deler. Delene monteres så sammen senere slik at det får ønsket form (se Figur 4.20.)



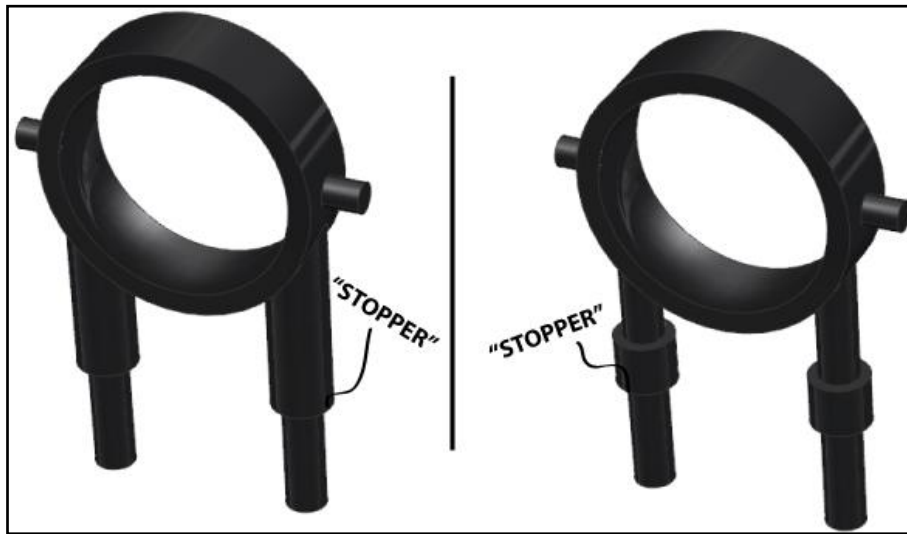
Figur 4.20: kule-i-kule med stag, mange deler

Da ideen som er vist på Figur 4.20 inneholder ganske mange deler, kan den bli mer komplisert enn nødvendig. Derfor var det viktig å se på alternative utforminger. En mulig løsning er å dele opp kule-i-kule-leddet og stagene i to deler, der selve kule-i-kule-leddet festes til en "dokk" ved hjelp av en skrue (se Figur 4.21). Det blir da laget "Stoppere" på dokken slik at avstanden til kule-i-kule-leddet blir korrekt i forhold til halvsirkelene og rotasjonen skjer om senteret til øyet. Dermed blir det ikke behov for avstandskiver som vist på Figur 4.20. Dokken til høyre på Figur 4.21 er også utstyrt med et spor som forhindrer rotasjon av kule-i-kule-leddet.



Figur 4.21: kule-i-kule med stag, to deler

Videre ble det sett på muligheten for å implementere stagene i selve kule-i-kule-leddet, slik at det bare blir *en* del. Delen er tenkt produsert i plast (sprøytstøpt) (se Figur 4.22). På figuren er det to forskjellige utforminger.



Figur 4.22: Kule-i-kule med stag, en del

Det ble valgt å gå videre med løsningen der kule-i-kule-leddet er en hel del. Dette fordi senere tester viste at "dokken" på Figur 4.21 kom i konflikt med øyelokkets bevegelser og en komponent fjernes.

4.4 Bevegelse

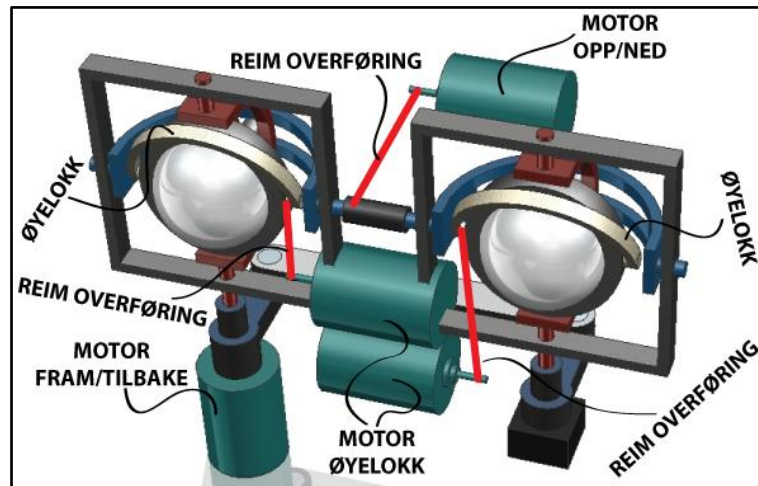
For å kunne få bevegelse i øynene må det være en overføring fra motor til halvsirkler. For å få bevegelse av øyelokk må det være en overføring fra motor til øyelokk. Det har blitt sett på to forskjellige hovedformer av dette

- Reimdrift
- Hendel/stag

De to forskjellige måtene vil her bli presentert og vurdert. Det vil også bli forklart hvordan det har blitt kommet fram til de endelige løsningene.

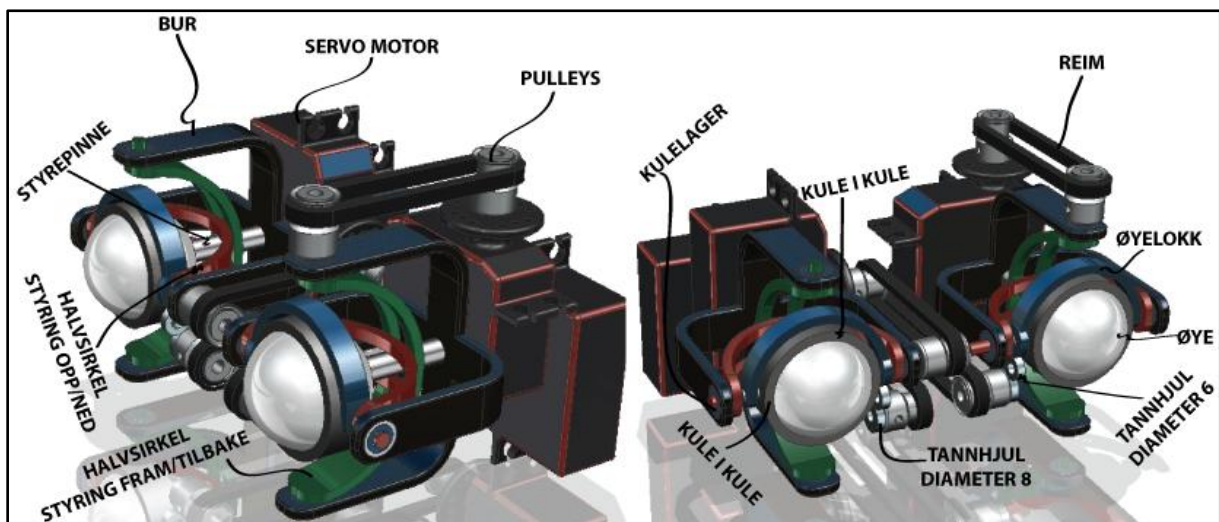
4.4.1 Reimdrift

I prosjektoppgaven fra høst 2011 ble det satt opp en enkel 3D-modell med overføringen av bevegelser basert på reimdrift påtegnet (se Figur 4.23). Denne ideen ble derfor prøvd videreutviklet. Reimdrift var det første alternativet som ble undersøkt med tanke på overføring av bevegelse mellom motor, halvsirkler og øyelokk.



Figur 4.23: Reimdrift fra prosjektoppgave

Løsningen baserer seg på at det går reimer (timing belts) mellom motorer og halvsirkler/øyelokk. For å få til overføring av bevegelse ved hjelp av reim, trenger man belter (engelsk: timing belts) og såkalte reimskriver (engelsk: timing belt pulleys). Disse delene kan oppdrives som standarddeler. Standarddelene har blitt tegnet opp i NX og plassert i modellen som vist på Figur 4.24.



Figur 4.24: NX-modell av løsning som baserer seg på reimer for og overfører krefter mellom motor og ønskede deler

Når motorene roterer overføres rotasjonen i et forhold 1:1, det vil si at hvis motoren beveger seg 15° vil også (f.eks.) den røde halvsirkelen bevege seg 15°. Overføringene skjer via reimskivene og reimene.

Løsningen inneholder*:

- 2stk bur med plass til kulelager (tenkt materiale: plast sprøytstøpt)
- 2 stk Kule-i-kule-ledd (tenkt materiale: plast sprøytstøpt)
- 2 stk halvsirkler som styrer fram tilbake (grønn) (tenkt materiale plast sprøytstøpt)
- 2 stk halvsirkler som styrer opp ned (rødt) (tenkt materiale plast sprøytstøpt)
- 2 stk øyelokk m/tannhjul (tenkt materiale plast sprøytstøpt)
- 2 stk tannhjul med diameter 8
- 2 stk tannhjul med diameter 6
- 8 stk kulelager av typen MF63ZZ fra spbusa.thomas.net [14]
- 4 stk Rc-servo motorer fra Futaba av typen BLS153 [11]
- 8 Stk pullyes fra SDP/SI av typen A 6A18M018DF3003 [15]
- 4 stk reimer (timing belts m/bredde 3 mm) fra SDP/SI av typen A 6B18M094030 [16]

*Modellen som baserer seg på reimdrift er ikke komplett, og en endelig løsning vil derfor inneholde flere deler.

4.4.2 Problemer med reimløsning

Etter litt arbeid med løsningen som baserer seg på reimdrift, ble det oppdaget en del problemer og utfordringer.

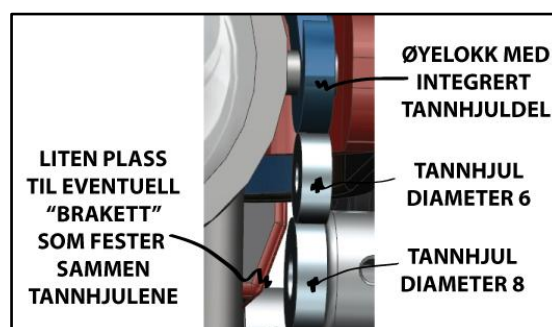
Det ble, etter blant annet tilbakemeldinger fra Terje Vetaas, klart at det ikke var optimalt med en reimdriftløsning.

Utdrag fra mail, fra Terje Vetaas, 21. februar 2012[9]:

"Vi bruker jo drivbelte i de eksisterende øynene og våre erfaringer er at stramningen kan være en kritisk faktor. For lite kan gi sluring og for mye kan øke belastningen på motoren.

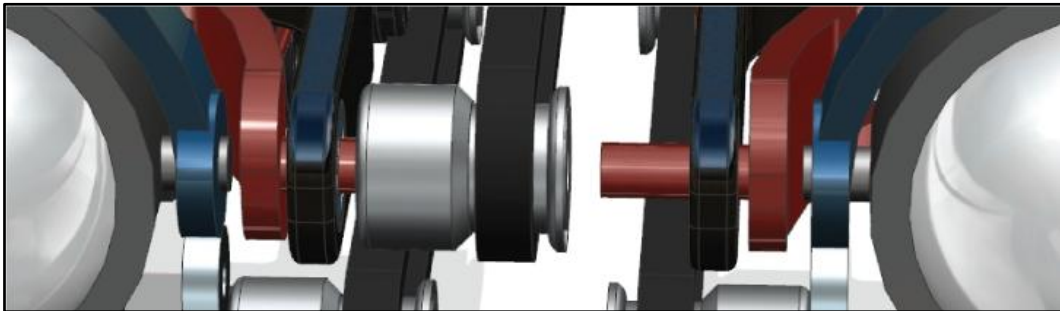
Nå kan det jo være at servomotorene har kraftig nok dreiemoment til at dette ikke blir noe problem, men du bør allikevel ta det med i betraktningen."

Det at løsningen baserer seg på mange standarddeler, viste seg også å være kompliserende da delene vil ta mye plass. For å få til bevegelse av både øyelokk og halvsirkler, måtte det også brukes tannhjul for å overføre bevegelse til øyelokk (se Figur 4.25). Noe som ikke er optimalt da det blir mange små deler, og det kan bli vanskelig å komme til ved eventuell montering. Det er også lettere at feil oppstår.



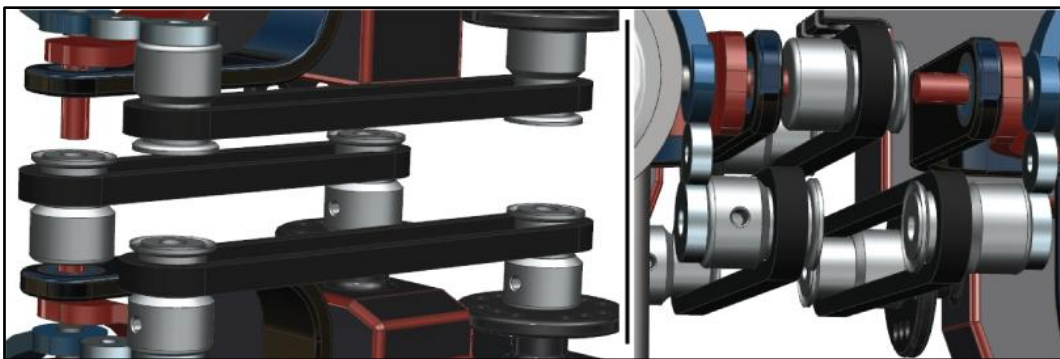
Figur 4.25: Tannhjul til øyelokk

Det kan bli utfordrende å binde sammen de to røde halvsirklene på grunn av liten plass (se Figur 4.26).



Figur 4.26: Trang plass mellom de to røde halvsirklene

Det blir trangt mellom reimene, noe som kan gjøre at monteringen blir vanskelig og komplisert (se Figur 4.27).



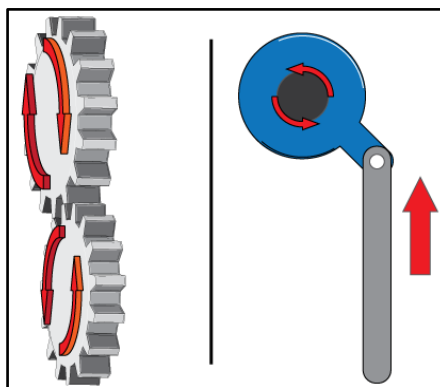
Figur 4.27: Trangt mellom beltene

4.4.3 Stag/hendel

Fordi løsningen basert på reimdrift skapte noen problemer, var det viktig og se på alternative måter å overføre motorbevegelsene på.

4.4.3.1 Øyelokk

Da overføring av motorbevegelse ved bruk av tannhjul og reimer kan bli komplisert, ble det derfor sett på bruk av hendel og stag for å overføre bevegelsene.



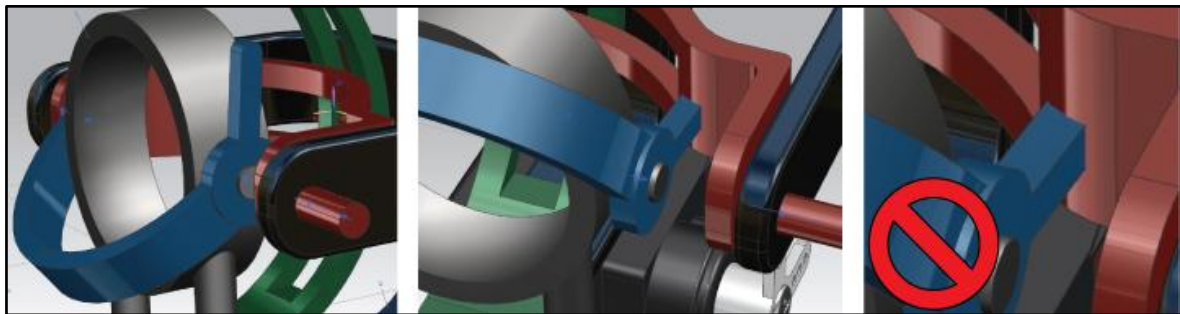
Figur 4.28: Tannhjul VS. Hendel

Det var nødvendig å se på mulige formforandringer på den røde halvsirkelen (opp/ned bevegelse). Dette for å frigjøre plass rundt øyelokket og gjøre det enklere og implementere bevegelsesmekanismer. Delen av den røde halvsirkelen som er nærmest øyelokket ble derfor utvidet (se Figur 4.29). Buret måtte også utvides for å få plass til den røde halvsirkelen noe som førte til at buret fikk en asymmetrisk utforming.



Figur 4.29: Oppdatering av rød halvsirkel

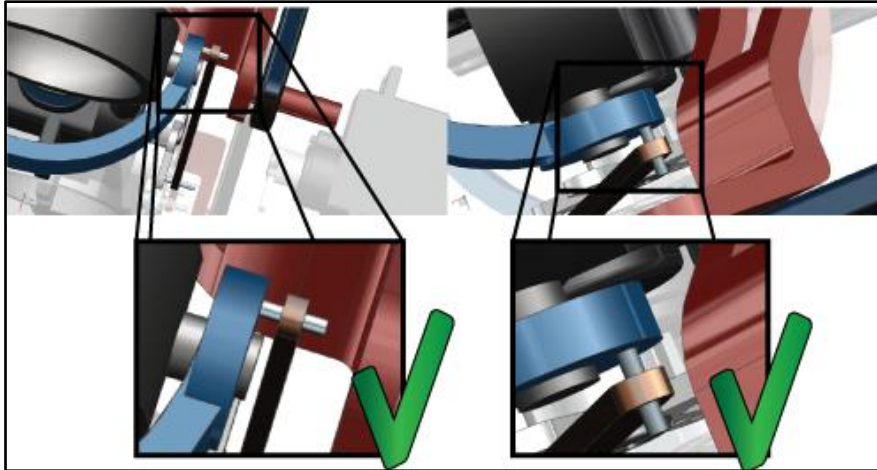
For å sjekke om bevegelse ved hjelp av hendler og stag er mulig, ble det gjort en del tester i NX. For å få en så kompakt som mulig løsning, ble dette gjort som en kontinuerlig prosess. En løsning ble testet ut i NX, og hvis feil ble oppdaget, ble de rettet, og så ble det gjort en ny test (Se Figur 4.30, Figur 4.31 og Figur 4.32).



Figur 4.30: Test av øyelokk 1

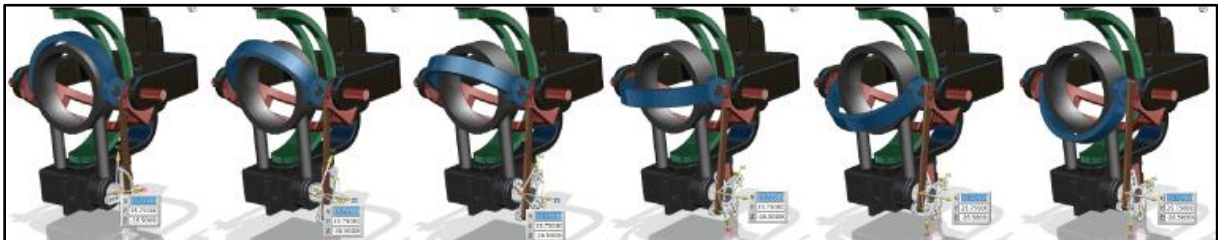


Figur 4.31: Test av øyelokk 2



Figur 4.32: Test av øyelokk 3

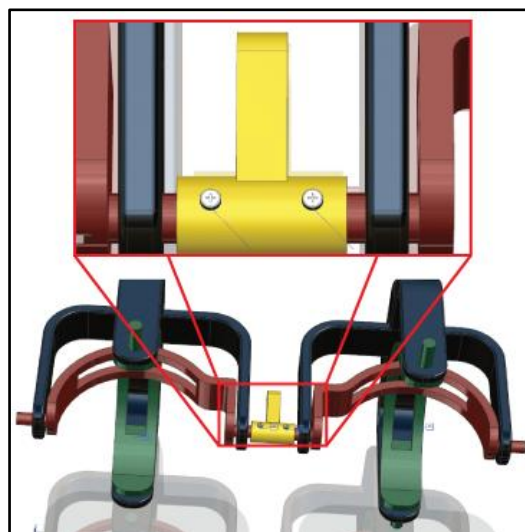
NX ble brukt til å kontrollere om plassering av motor/arm og størrelse på hendel/stag gir ønsket utslag i form av bevegelse (se Figur 4.33).



Figur 4.33: Test av øyelokk bevegelse i NX

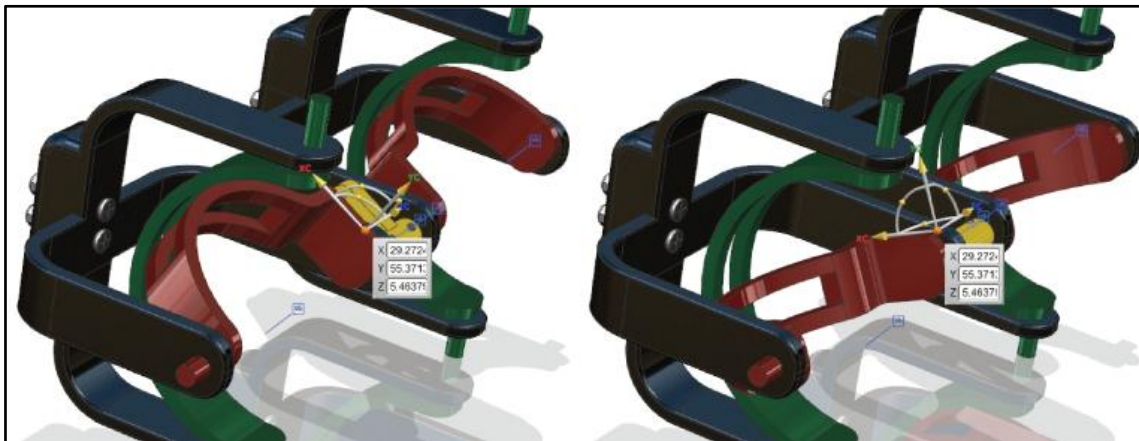
4.4.3.2 Opp/ned

For å få til synkron opp/ned bevegelse av øynene, er det nødvendig med en del som binder de to røde halvsirklene sammen. Ved å forme denne delen som en hendel som kan overføre bevegelse, blir det mulig å overføre bevegelse fra motor til halvsirkler - og få bevegelsene synkrone. En hendel i gult på Figur 4.34 binder de to røde halvsirklene sammen.



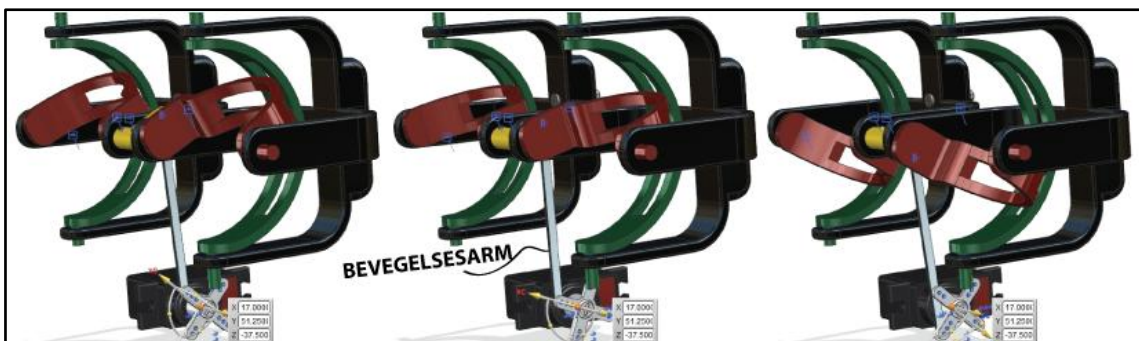
Figur 4.34: Hendel til opp/ned bevegelse

Bevegelse av denne hendelen overfører bevegelse til de to røde halvsirklene (se Figur 4.35).



Figur 4.35: Opp/ned bevegelse

En "bevegelsesarm" mellom motor og hendel gjør det mulig for RC-servoen å overføre bevegelse mellom RC-servoen og røde halvsirkler, slik at øyet kan bevege seg opp/ned (Figur 4.36).



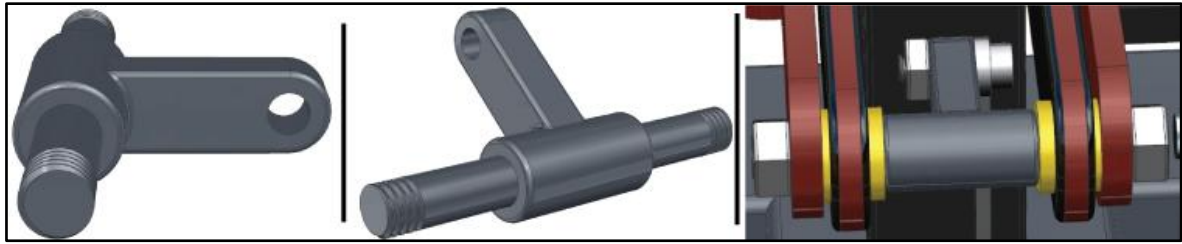
Figur 4.36: Opp/ned bevegelse i NX

Utforming av hendel og stag

Det har blitt sett på to forskjellige måter for hvordan det kan utformes en hendel som skal kontrollere opp/ned bevegelsen. Den ene kan sees på Figur 4.37 og går ut på å sette sammen flere deler til en hendel. Den andre kan sees på Figur 4.38 og baserer seg på at hendelen er sprøytetøst i plast som en hel del.



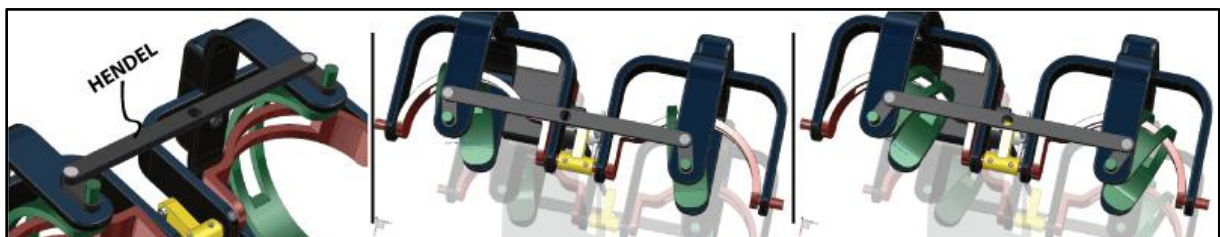
Figur 4.37: Utforming av hendel



Figur 4.38: Utforming av hendel 2

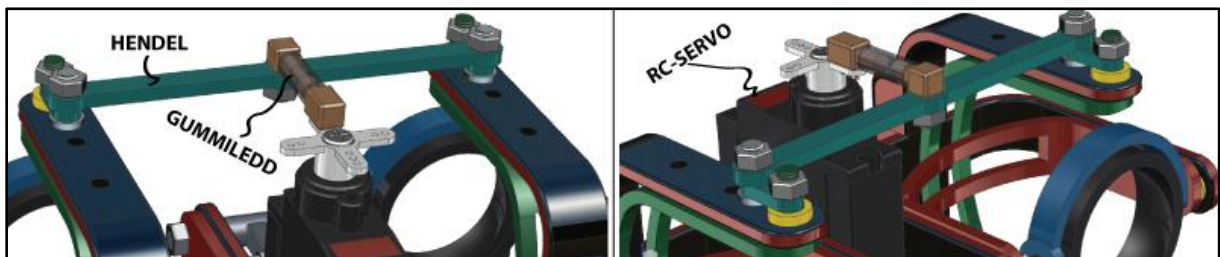
4.4.4 Fram/tilbake

Hendel fester de to grønne halvsirkelene sammen. Ved å bevege denne fram og tilbake blir det synkron bevegelse i de grønne halvsirkelene - som igjen overfører bevegelse til øyet (se Figur 4.39).



Figur 4.39: Hendel til fram/tilbake bevegelse

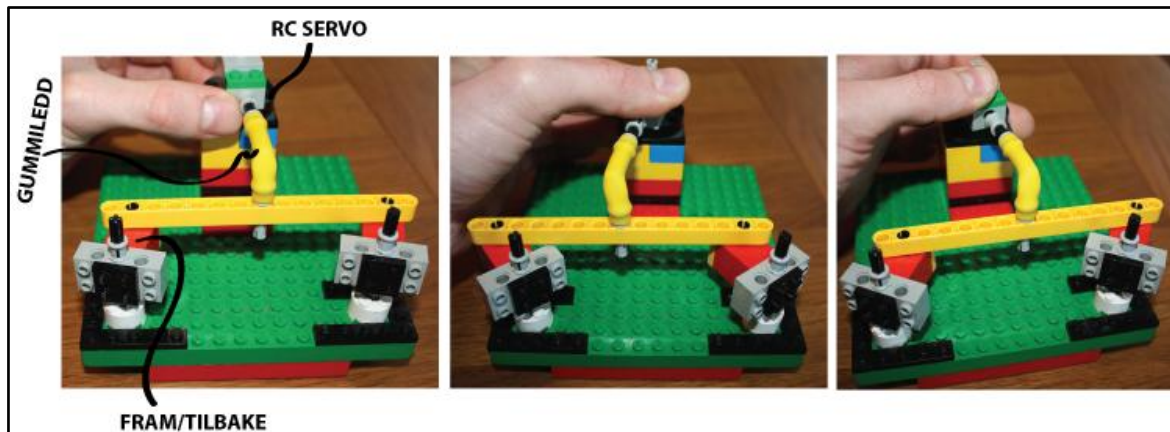
For å overføre bevegelse fra motor til hendel, benyttes det et "gummiledd" som kobles mellom hendelen og RC-servoen (se Figur 4.40)



Figur 4.40: Gummiledd mellom RC-servo og hendel til fram/tilbake bevegelse

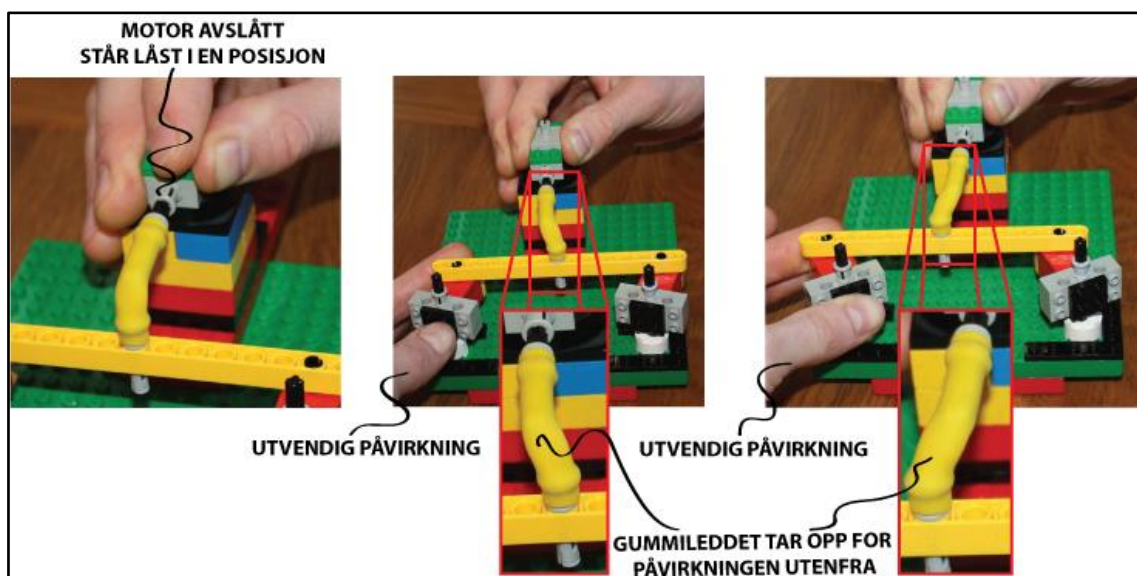
4.4.4.1 Test med Lego

For å sjekke om koblingen mellom motor og hendel fungerer ved hjelp av gummiled, ble det laget en veldig enkel funksjonsmodell i Lego (se Figur 4.41). Legotesten viste at det var mulig å koble sammen delene slik som Figur 4.40 viser, og samtidig oppnå ønsket bevegelse.



Figur 4.41: Funksjonsmodell i Lego, for å teste fram/tilbake bevegelse vha. gummiled

Legomodellen ble også brukt til å undersøke hvordan et gummiled kan brukes som en buffer ved tilfeller av ytre påvirkning. Dette var en veldig enkel test, men det viste seg at ved riktig bruk kan gummiled brukes som en god buffer (se Figur 4.42). Dette ble testet da Laerdal ønsker at øynene skal kunne tåle trykk og berøring fra utsiden.



Figur 4.42: Lego test av gummileds oppførsel ved ytre påvirkning

Gummiledene kan også brukes sammen med bevegelsesarmene som kontrollerer opp/ ned bevegelsen og øyelokkbevegelsen. Dette kan gjøres ved at et gummiled kobles mellom aktuelle hendler og bevegelsesarmer. Det er viktig å velge en gummi som beveger seg korrekt i forhold til ytre påvirkning. Det må i så fall gjøres tester på dette. Gerne der det har blitt bygget en modell med aktuell motor og bevegelsesmekanisme. Slik at det kan testes i 1:1 størrelse.

Bruk av hendel og stag for å overføre motorkraft til bevegelse er den løsningen som det ble valgt å gå videre med, da den er enklere og mindre komplisert en reimdrift. Det vil også være enklere å montere sammen hele konseptet ved bruk av en slik løsning.

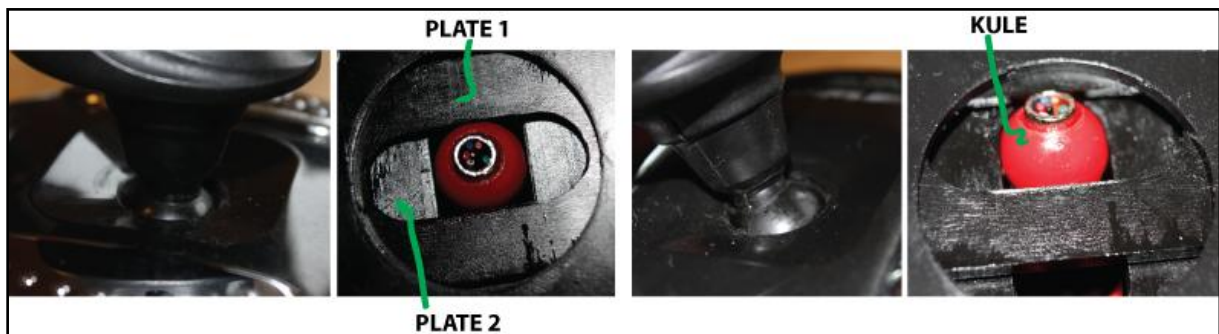
4.5 Demontering av Joystick

Løsning for øyebevegelse baserer seg på løsningen som er brukt i en del joysticker. Det ble derfor gått til innkjøp av en joystick fra en bruktbutikk. Denne ble så demontert for å sjekke hvordan produsenten hadde løst det. Dette for å se om dette kunne være med på å generere nye og friske ideer.



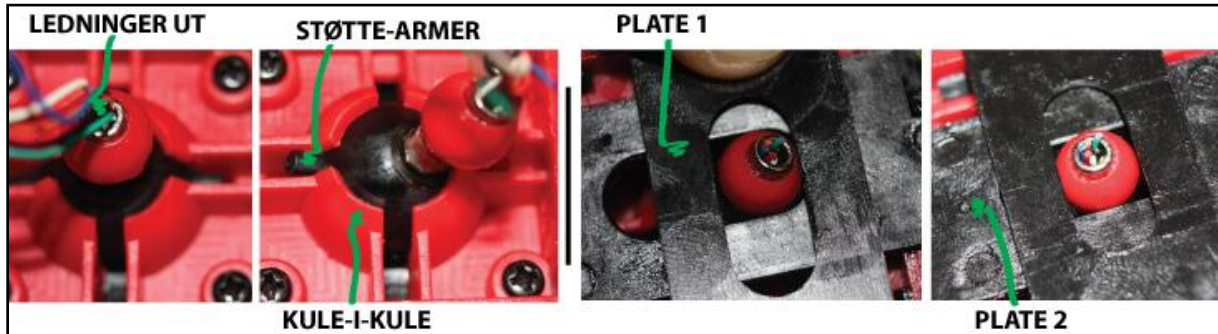
Figur 4.43: Joystick kjøpt i bruktbutikk demonteres

Ved å bevege joysticken flyttes to plater med spor i takt med bevegelsen til joysticken. Bak på styrepinnen til joysticken er det en kule som gjør at det er mulig med lineære bevegelser i bakkant (ikke rotasjon som senteraksen) (se Figur 4.44).



Figur 4.44: Bevegelse av joystick overfører bevegelse til styrepinne som overfører bevegelse til plater

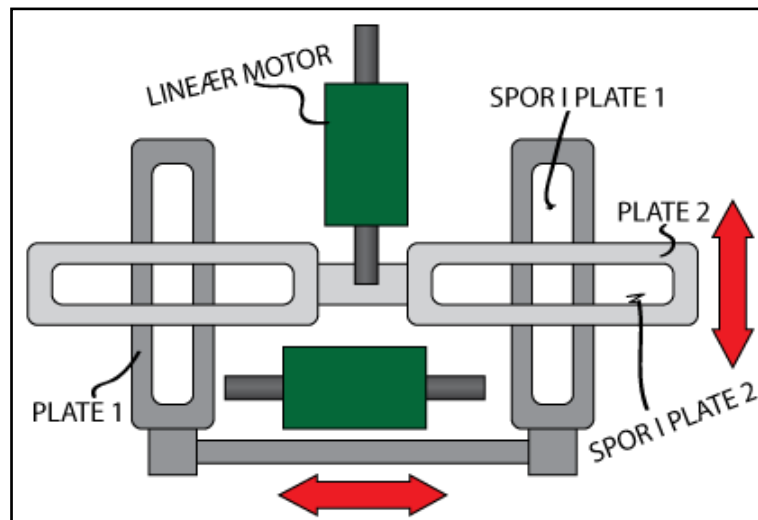
Det er også noen andre løsninger som er verdt å merke seg. Det går ledninger ut av styrepinnen på joysticken. Dette for å gjøre det mulig med elektrisk kontakt med knappene på joysticken. Slik blir det enkelt for ledningene å følge joystickens bevegelser. I tillegg til kule-i-kule-ledd er det også benyttet ekstra "støtte-armer" (se Figur 4.45).



Figur 4.45: Kule-i-kule i joystick og lineære plater

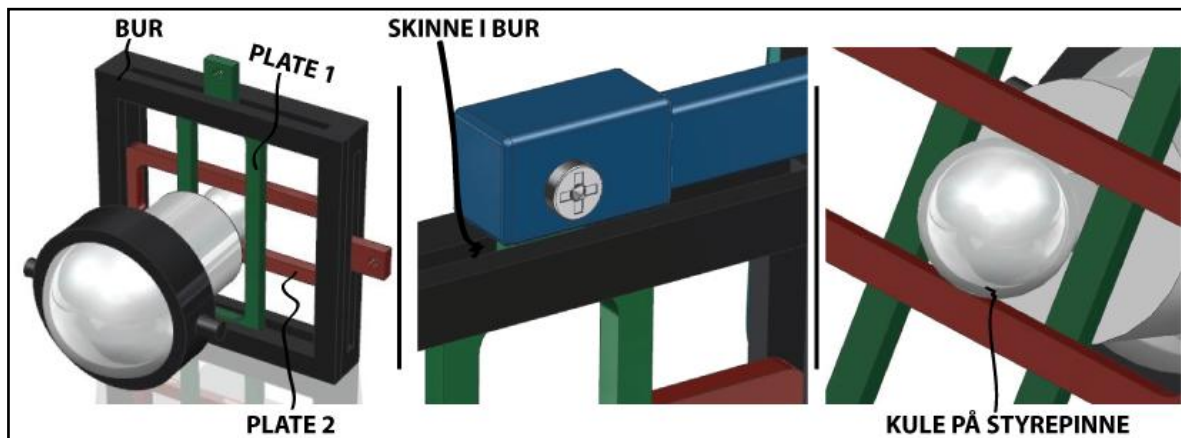
4.6 Lineær Motordrift

Demonteringen av joysticken gjorde at det kom en idé om en ny løsning for bevegelse av øynene; nemlig ved bruk av lineær motorkraft. Ideens hovedprinsipp går ut på at plater med spor plasseres bak øyet og beveges lineært ved hjelp av lineære motorer (se Figur 4.46).



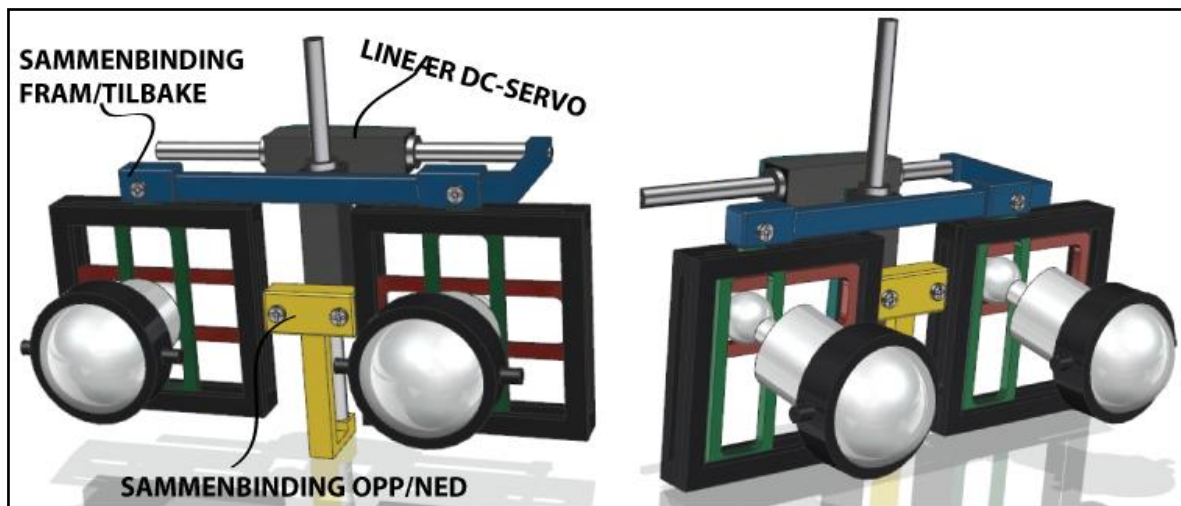
Figur 4.46: Lineære motorer og skiver skisse

To plater er plassert i et bur og beveger seg lineært ved hjelp av skinner i buret. På styrepinnen har det blitt montert en kule som gjør at platene kan bevege seg lineært for å overføre bevegelse samtidig som det overfører bevegelse til øynene (se Figur 4.47).



Figur 4.47: Bur til lineære bevegelser, skinner, Kule i bakkant av styrepinnen

Lineære-servo-motorer fra Faulhaber ble modellert opp (mål hentet fra Faulhaber sine hjemmesider[17]) i NX og plassert i modellen slik Figur 4.48 viser. Det er tenkt to bur med plater ved siden av hverandre. Disse to platene kontrollerer opp/ned bevegelser (røde) og fram/tilbake bevegelser (grønne). Platene bindes sammen, og motorene sørger for at det blir synkroniserte bevegelser i de to øynene når de beveger seg.

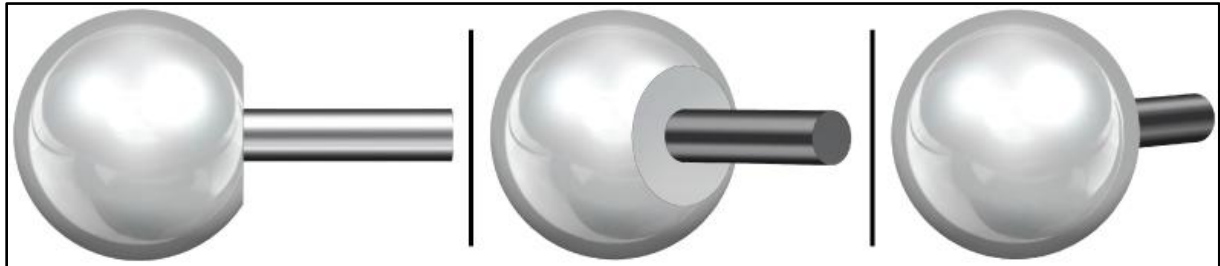


Figur 4.48: NX-modell av konsept som baserer seg på lineære bevegelser og motorer

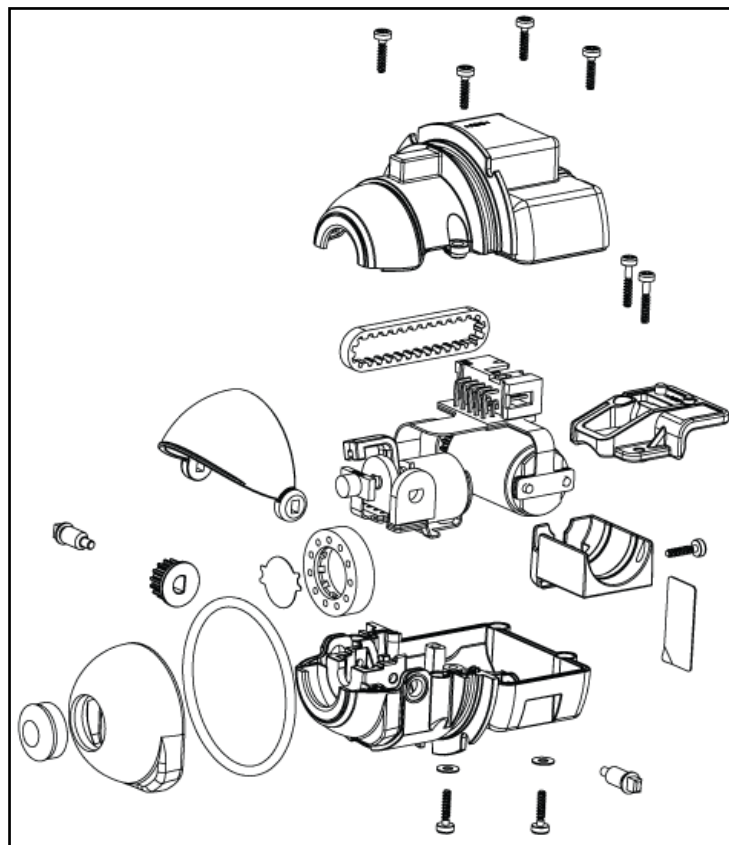
En slik løsning frigjør mye plass rundt kule-i-kule-leddet. Løsningen ble ikke ordentlig testet ut på grunn av tidsmangel, men den er uansett verdt å merke seg. Dersom løsningen med roterende halvsirkler viser seg å by på for mange problemer, kan dette være en alternativ løsning.

5 Implementering av irisblender

I prosjektoppgaven ble det ikke tid til å gå nøyere inn på hvordan irisblending funksjonen skulle implementeres i øyet. Men etter studieturen til Laerdal, og ved å studere bilde av Laerdals nåværende løsning for øyet (se appendiks B og Figur 5.2.), ble det klart at øyet fra prosjektoppgaven ikke var stort nok til å inneholde irisblender (se Figur 5.1).



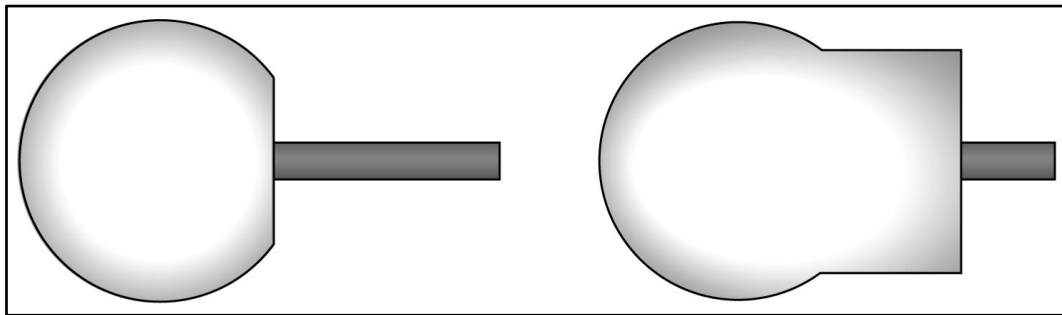
Figur 5.1: Øyet fra prosjektoppgave høst 2011



Figur 5.2: Laerdals nåværende løsning på øyne

Dessuten måtte det også undersøkes om Laerdals eksisterende løsning for irisblending lot seg kombinere med den valgte løsningen for bevegelse av øynene (rotasjon av halvsirkler). For å finne ut av dette ble det derfor gjort mange forsøk i NX. Dette for å se om det faktisk lot seg gjøre å bevege øyne og øyelokk, samtidig som iris skal kunne utvides og trekke seg sammen. I avsnittene under vil det bli forklart hvordan det har blitt gått fram for å oppdatere øyet fra prosjektoppgaven for å få plass til en irisblending funksjon.

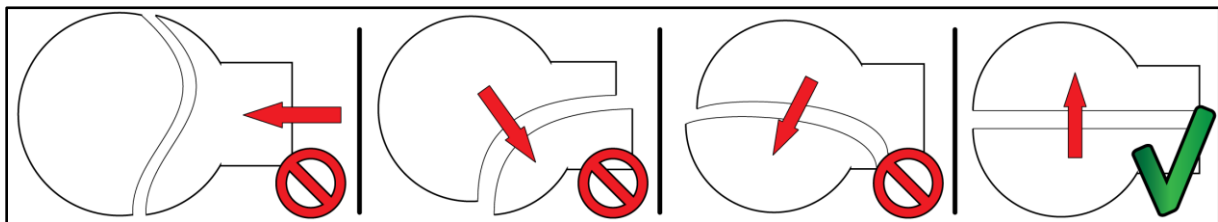
5.1 Startfasen - enkle skisser



Figur 5.3: Oppdatering av øyet

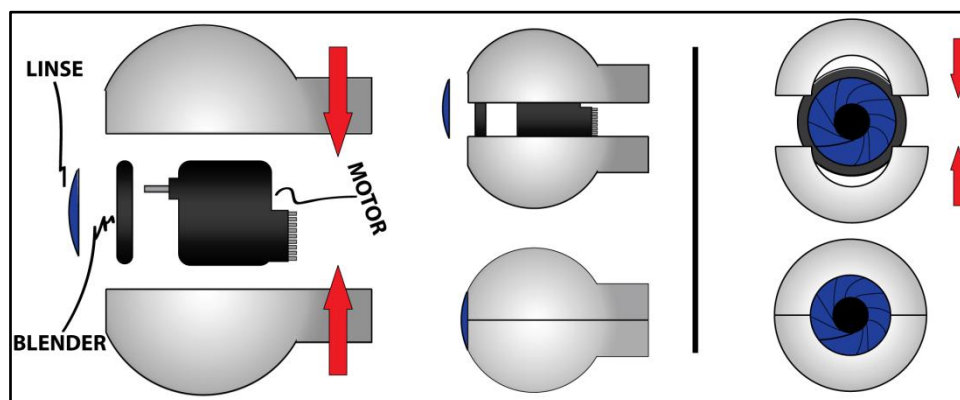
For å oppfylle krav om anatomisk korrekthet må øyet ha en diameter på 24 mm. Frontdelen på øyet må også være sirkulært for å fungere sammen med et kule-i-kule-ledd. Øyet må derfor først og fremst utvides i bakkant (se Figur 5.3) slik at det blir plass til delene som skal kontrollere irisblendingen. For å få montert delene inn i øyet, er det dessuten også nødvendig å dele det opp.

Det er sett på ulike måter for hvordan dette kan gjøres. Den løsningen det ble valgt å jobbe videre med, er den til høyre på Figur 5.4. Grunnen til at den ble valgt er at det vil gjøre monteringen av innholdet enklest. Ulempen er at den vil lage en liten "glippe" slik at det anatomiske inntrykket av øyet blir noe skadet.



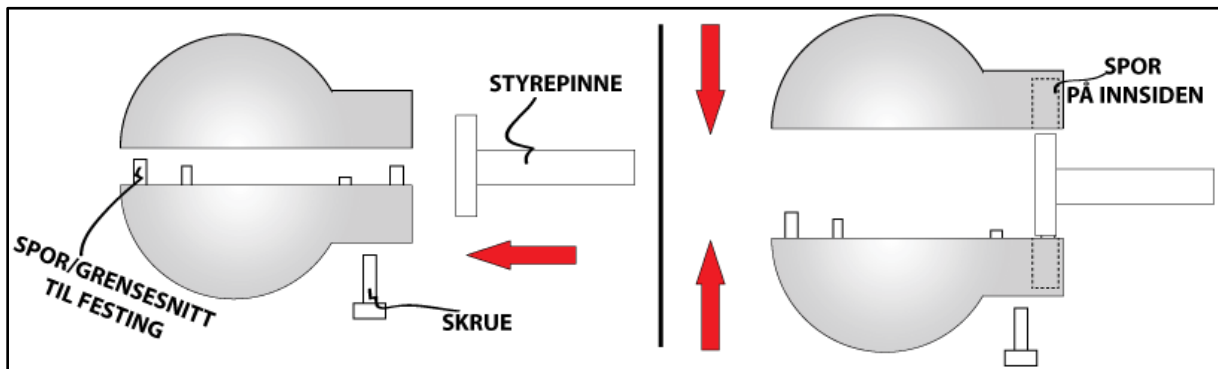
Figur 5.4: Forskjellige måter og dele opp øyet på

Før modellering i NX kunne starte var det hensiktsmessig å se på hva som måtte få plass inne i øyet. Figur 5.5 viser en skisse over de viktigste komponentene og også hvordan de kan plasseres.



Figur 5.5: Oppdeling av øyet og innhold

For å gjøre montering mulig, måtte det også tas hensyn til spor og grensesnitt på de forskjellige delene (se Figur 5.6).



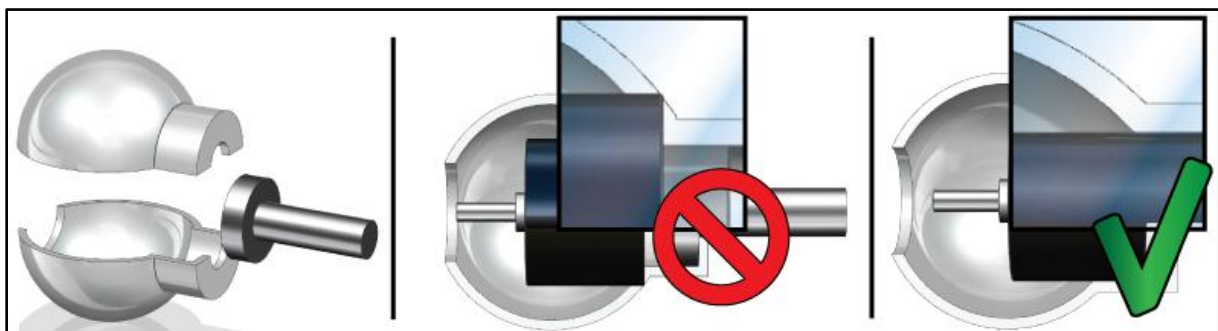
Figur 5.6: oppdeling av øyet, montering og grensesnitt

5.2 Forbedringsarbeid i NX

NX har vært nyttig i arbeidet med å finne ut av hvordan øyet skal deles opp, og hvordan innholdet skal plasseres. Arbeidet med utformingen i NX har vært en kontinuerlig prosess. Først modelleres det i NX, så oppdages det feil, så rettes feil osv. Hele veien har burene og halvsirklene også blitt oppdatert for å få dem til å passe med nytt øye. Dersom nye feil oppdages, må prosessen starte på nytt.

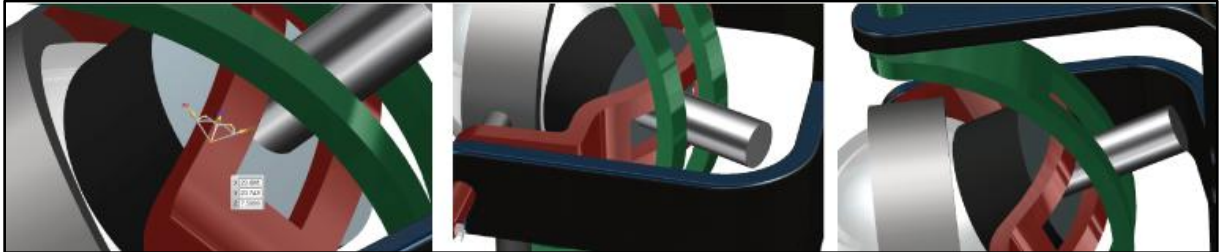
5.2.1 Tidlig test i NX

En veldig enkel modell av øyet ble modellert opp og skallet med 1 mm tykkelse. Fordi øyet er så lite er det ikke plass til noen RC-servo inne i det. Det ble derfor valgt å bruke den motoren som Laerdal allerede bruker til samme formålet i dag. Motoren ble modellert opp etter tegninger hentet fra leverandørens hjemmesider[18]. Denne ble så forsøkt plassert inne i øyet. Da ble det tydelig hvor liten plass det faktisk er inne i øyet. Øyets bakkant måtte derfor utvides i bredden for å gjøre det mulig å plassere motoren lengre bak i "øyet" (se Figur 5.7).



Figur 5.7: Tidlig modell av øyet i NX og oppdatering av bakdel for å få plass til motor

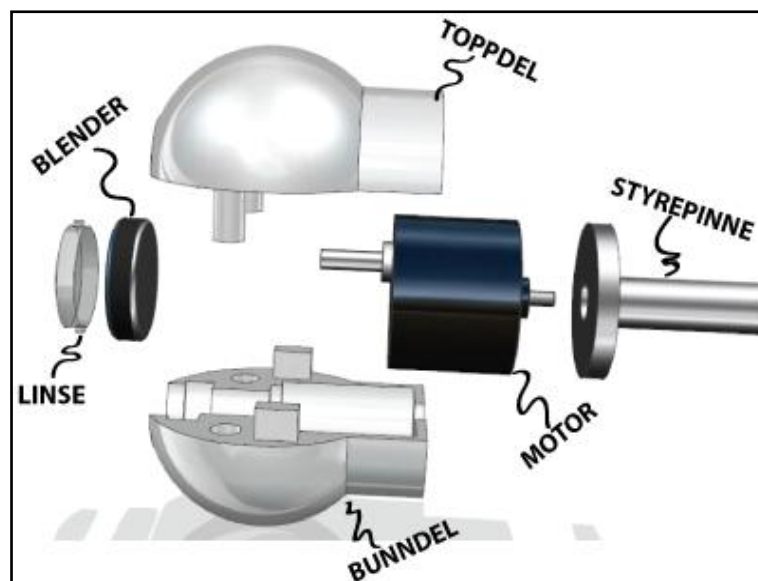
Fordi øyets bakdel ble utvidet, var det nødvendig å teste ut hva slags innvirkning dette hadde på bevegelsene (se Figur 5.8). NX viste at øyet kunne bevege seg 20 grader opp og ned, og 20 grader fram og tilbake. Hvis man skal ha bevegelse i begge retninger (skrått blikk) blir maks bevegelse 15 grader i hver retning (for eksempel 15 grader opp sammen med 15 grader til venstre).



Figur 5.8: Tester i NX

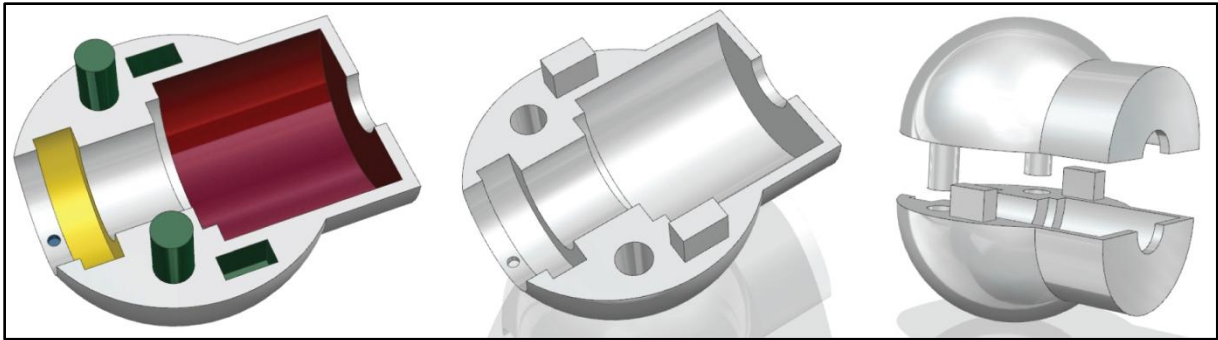
5.2.2 Flere deler og grensesnitt

Øyet må også inneholde flere deler enn en motor og en styrepinne. Derfor ble det modellert opp en linse og en blender (Se Figur 5.9). Blenderen er kun modellert opp for å gi et bilde på at det skal være noe der. Målene er ikke hentet fra noe sted, men kun oppdiktet.



Figur 5.9: Eksplodert modell av øyet

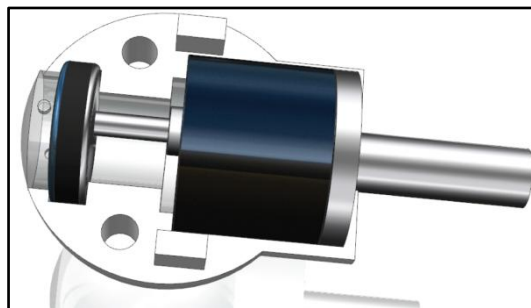
For å gjøre plassering av de forskjellige delene mulig, ble det modellert opp spor/grensesnitt av de forskjellige delene i toppdel og bunndel av øyet (se Figur 5.10).



Figur 5.10: Toppedel og bunndel med grensesnitt

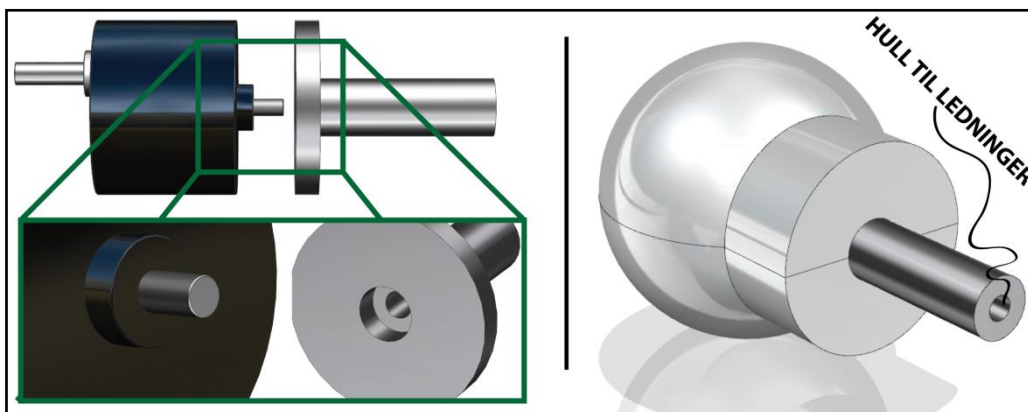
- Spor markert med gult passer med blender.
- Spor markert med rødt passer med motor.
- Spor markert med blått passer med linse.
- Spor markert med grønt passer med toppdel/bunndel.

5.2.3 Plassbesparing



Figur 5.11: Bunndel med motor, styrepinne, linse og blender

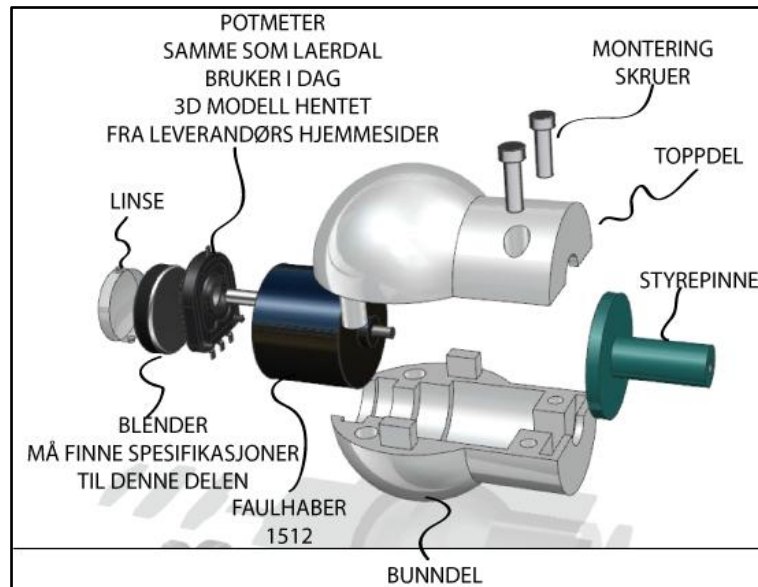
For å bruke plasseringene som vist på Figur 5.11, måtte det dessuten lages spor i styrepinnen, som passer med motoren. Se Figur 5.12. Det er da tenkt at det stikker ut ledninger i bakkant av styrepinnen som følger øyets bevegelser. Denne løsningen ble senere valgt å gå bort i fra, da det vil være liten plass for ledninger mellom styrepinnen og buret.



Figur 5.12: Plassbesparing, grensesnitt mellom motor og styrepinne, hull til ledninger

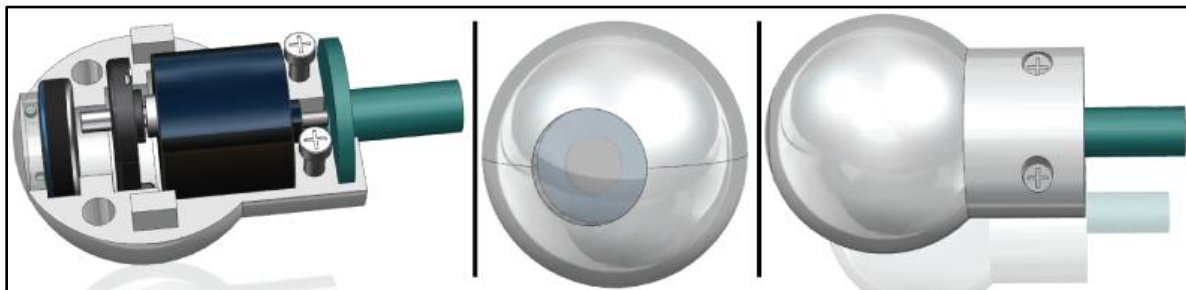
5.2.4 Lengre bakdel og potmeter

Det må brukes ett potmeter som registrerer bevegelsene til motoren. I samtale med Terje Vetaas ble det klart hva slags type potmeter Laerdal bruker i sine øyne i dag, en 3D-modell av denne ble hentet fra leverandørens (ALPS) hjemmeside[19].



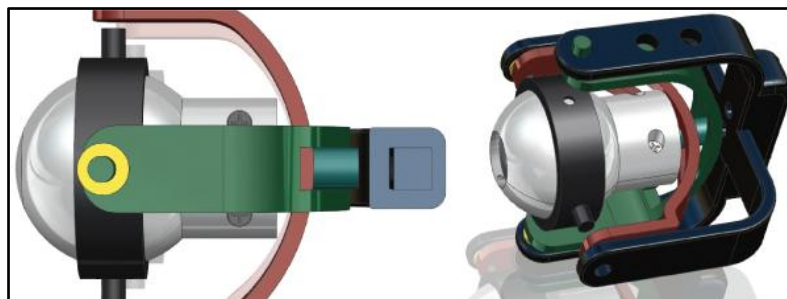
Figur 5.13: Eksplodert modell i NX

For å få plass til potmeter og de andre delene, måtte bakdelen på øyet utvides ytterligere. Skruer brukes for å holde øyet sammen etter at det er montert.



Figur 5.14: Øye med, styrepinne, potmeter, linse, blender, skruer. Øyet montert sammen

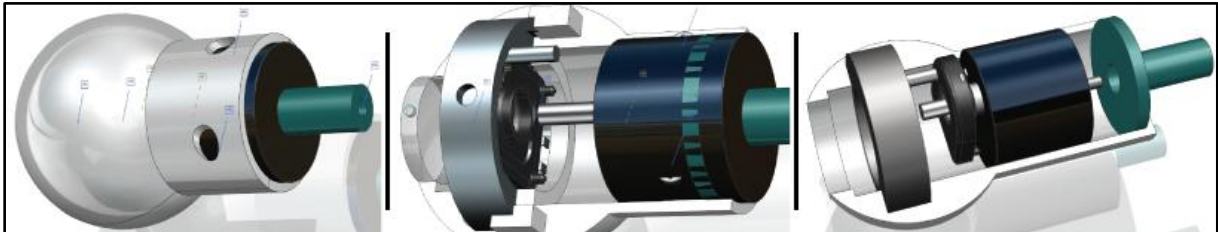
En lengre bakdel stiller igjen krav til halvsirkler og bur, og disse måtte også utvides. Dette ble testet ut i NX (se Figur 5.15).



Figur 5.15: Sjekk i NX, passer øyet med halvsirkler

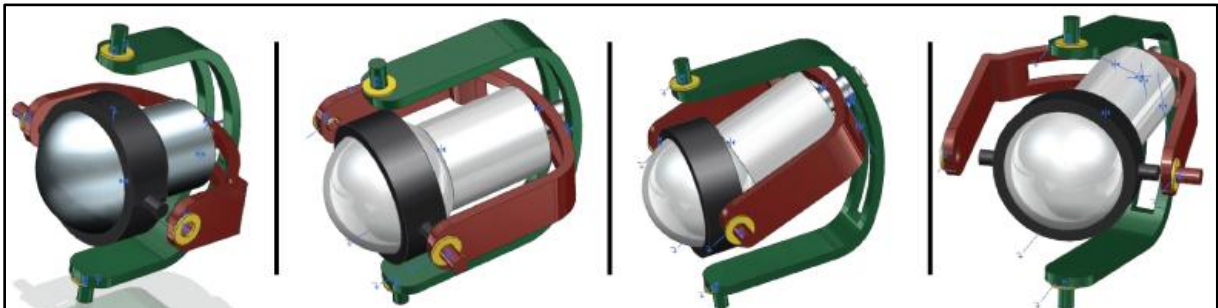
5.2.5 Ny blender fra Laerdal

Etter hvert sendte Laerdal tegninger av den blenderen som i dag brukes til å simulere irisblending. (se appendiks A). Av disse tegningene ble de laget en NX-modell som ble forsøkt plassert i øyet (se Figur 5.16). Det ble valgt å bruke samme blenderen som Laerdal bruker i dag videre i arbeidet. Det er derfor nødvendig og nok en gang å utvide øyets bakdel slik at alle komponentene får plass (se Figur 5.16).



Figur 5.16: Nye blender sjekkes ut i øyemodell

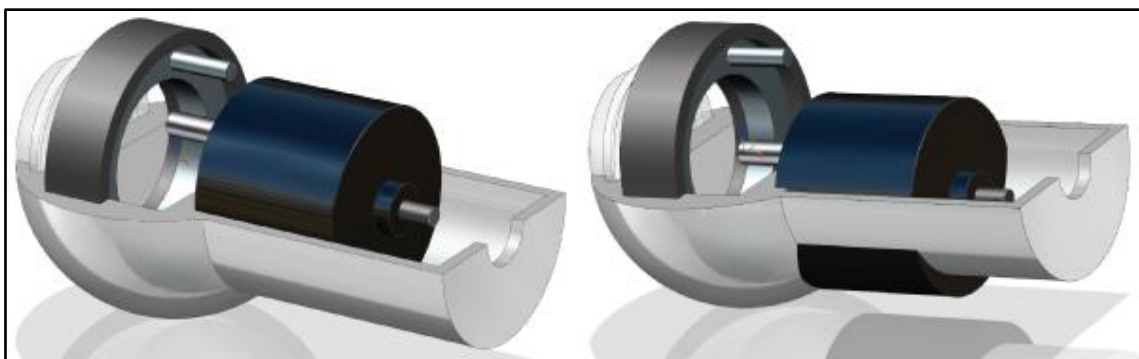
Som vanlig må forlengelse av øye testes ut i NX (se Figur 5.17).



Figur 5.17: Øyet har blitt forlenget, da må også halvsirkler forlenges, test av bevegelse

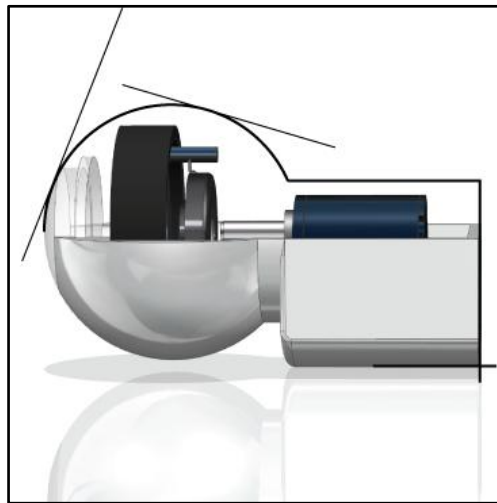
5.2.6 Motorplassering

Det ble etter hvert klart at motoren måtte senkes noe ned. Da det ble klart at motoren må rotere i senter av blenderen, for å kunne overføre bevegelse ved bruk av en arm.



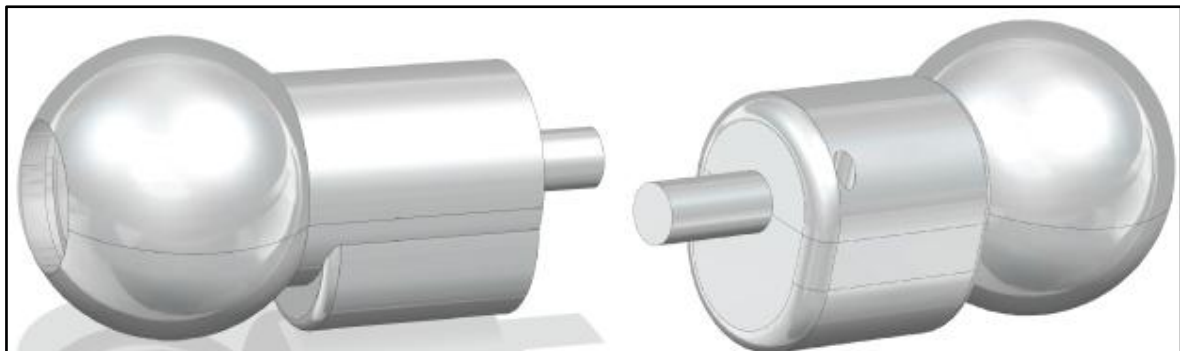
Figur 5.18: Motor må plasseres lengre ned

Da motoren plasseres lenger ned, må øyet også oppdateres på ny. (se Figur 5.19).



Figur 5.19: Skisse oppdatering av øyets bakdel

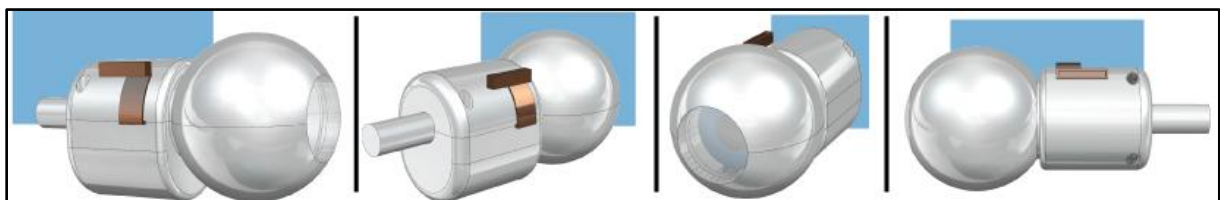
Under på Figur 5.20 er det modellert opp to forslag til utforming av øyet. Bunn delen er gjort noe dypere for å kunne plassere motoren slik det er vist på Figur 5.18. Det blir valgt å gå videre med utformingen til høyre på Figur 5.20.



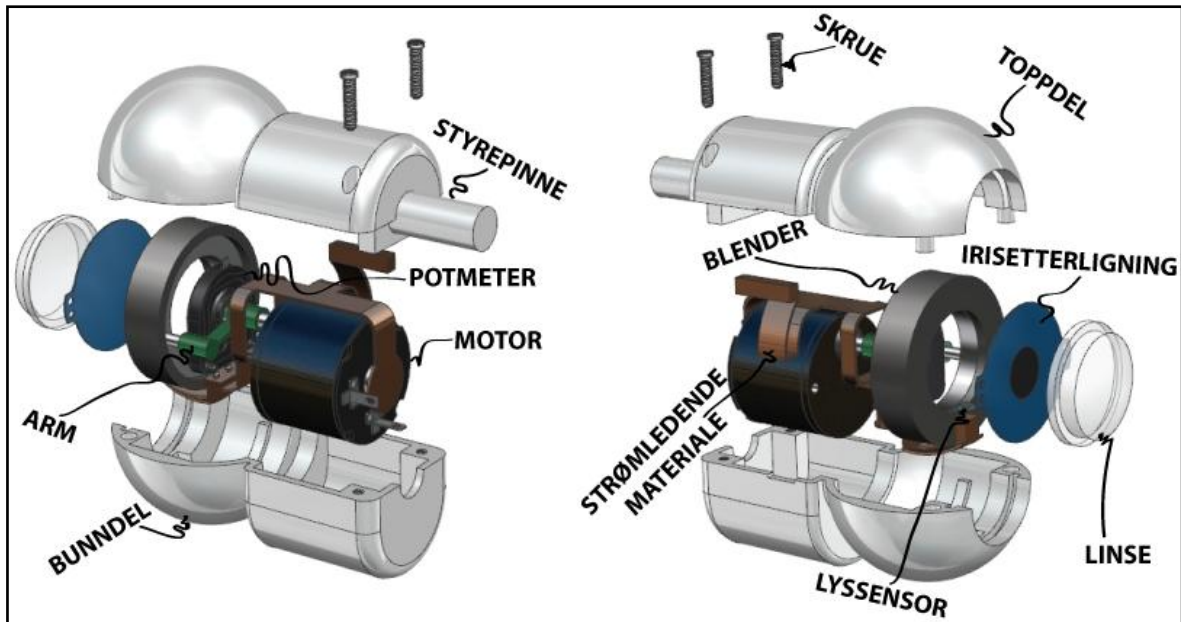
Figur 5.20: To forskjellige modeller av montert opp øye

5.3 Ferdig øye

Under på Figur 5.21 er det bilde av den ferdige NX-modellen av øyet montert sammen, på Figur 5.22 er modellen eksplodert. Her vil det bli gått igjennom det ferdige resultatet og de forskjellige delene vil bli forklart i større detalj.



Figur 5.21: NX-modell av ferdig øye, montert opp



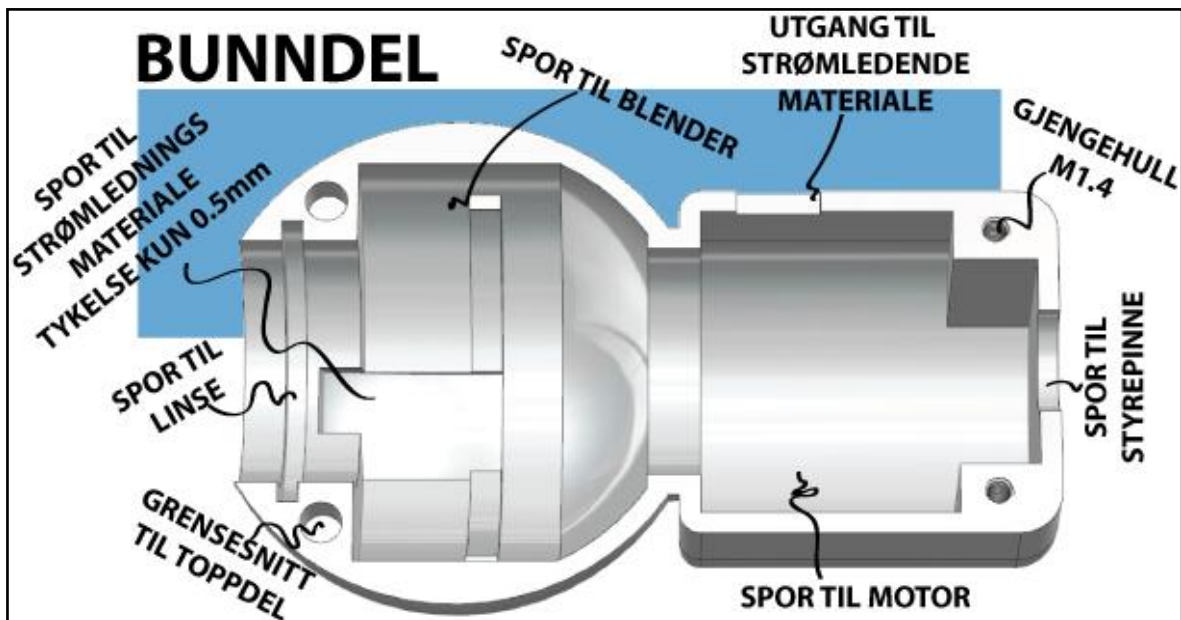
Figur 5.22: NX-modell av ferdig øye, eksplodert m/ forklaring

5.3.1 Bunn del

Materiale: Plast (sprøyttestøpt)

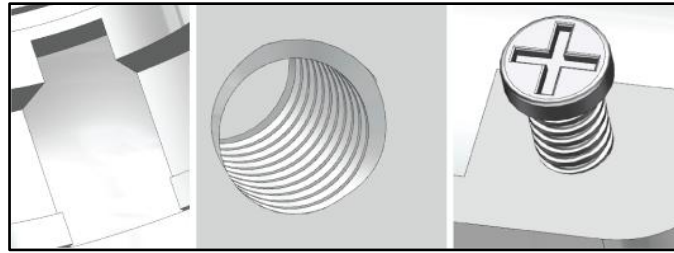
Tykkelse: Aldri mindre enn 1 mm, bortsett fra delen hvor det er spor til det strømlende materiale

Gjengehull: M1.4 lengde 4 mm



Figur 5.23: Forklaring av bunn del

For å gjøre det mulig at det strømlende materiale skal komme under blenderen, er det nødvendig benytte seg av en tykkelse på 0,5 mm der det er markert på Figur 5.23.



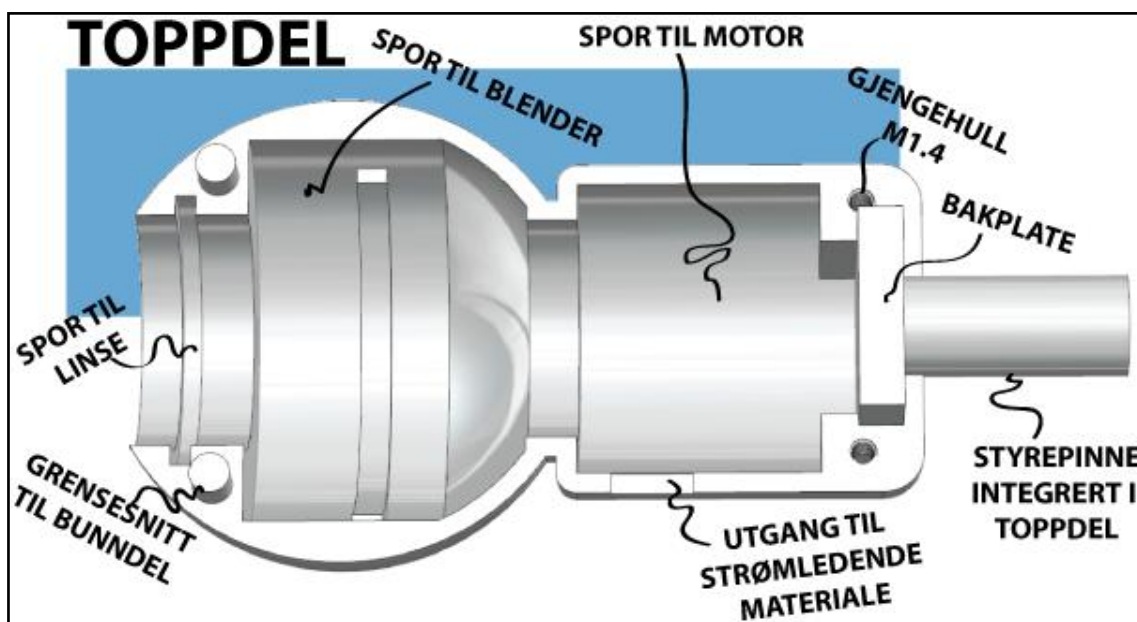
Figur 5.24: Detaljer bunndel

5.3.2 Toppdel

Materiale: Plast (sprøytstøpt)

Tykkelse: Aldri mindre enn 1 mm

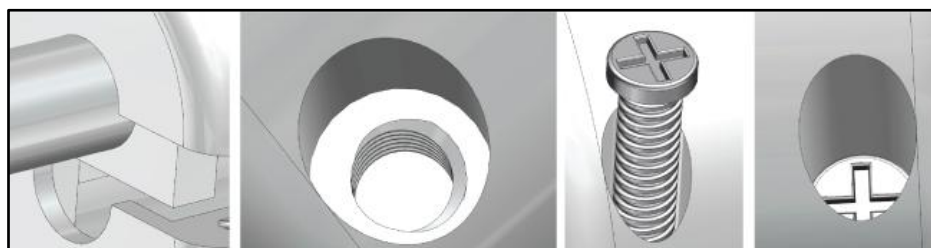
Gjengehull: M1.4, lengde 2 mm



Figur 5.25: Forklaring av toppdel

Styrepinnen er her en del av toppdelen og en komponent fjernes i forhold til tidligere løsninger. Styrepinnen har en bakplate som passer med bunndelen, slik at den blir mer stabil. Skruen felles ned slik at den ikke påvirker andre deler, men vil ligge skjult i øyet. Nedfellingene er av en slik størrelse at den passer perfekt med en skrue* (M1.4 med lengde 6 mm) fra Microfastenings [20] (se Figur 5.26).

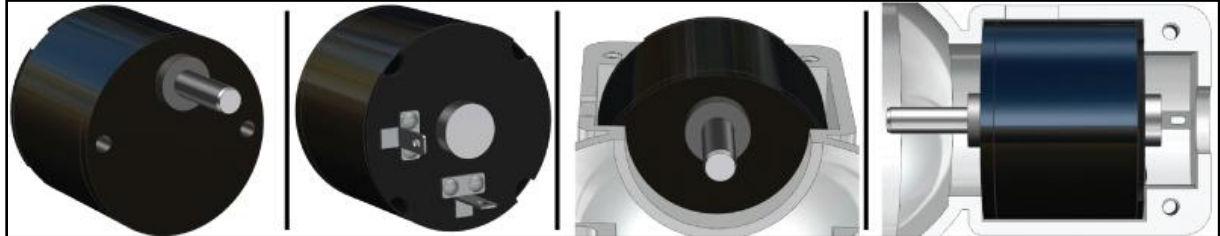
*Skruen er av typen "small pan head Phillips drive machine screw"



Figur 5.26: Detaljer av toppdel

5.3.3 Motor

Motoren er en Faulhaber 1512, 3D-modellen er hentent fra leverandørens hjemmesider [21]. Det er samme motor som Laerdal allerede bruker til samme formål i dagens øyne. Motoren passer bakerst i øyets bunndel (se Figur 5.27).



Figur 5.27: Motor

5.3.4 Arm

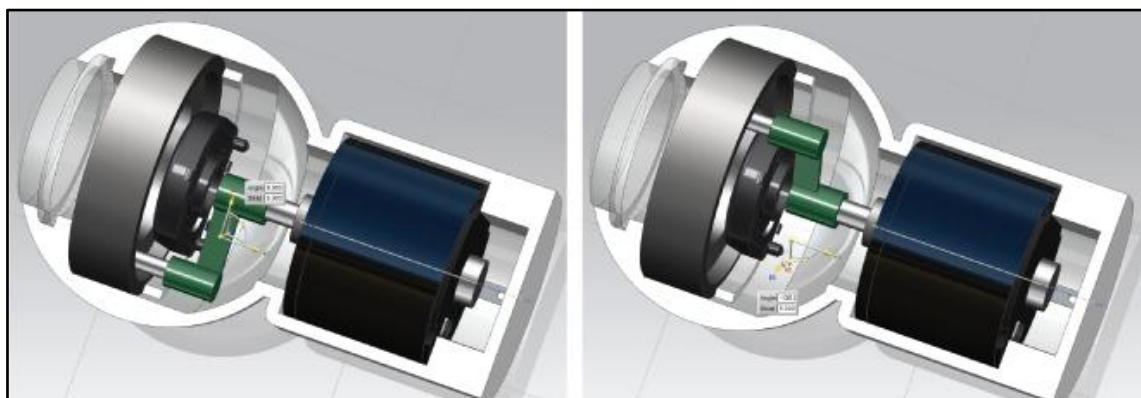
Armen overfører bevegelse fra motor til irisblender. Armen er "utstyrt" med en liten tapp som roterer gjennom potmeteret (se Figur 5.28). Dette for å gjøre plassering av potmeter mulig (med tanke på plass og de andre komponentene). Tappen gjør at potmeteret vil registrere armens bevegelser, og sende signaler tilbake for å gi beskjed i hvilken posisjon motoren/blenderen befinner seg i.

Materiale: Plast (sprøytstøpt)



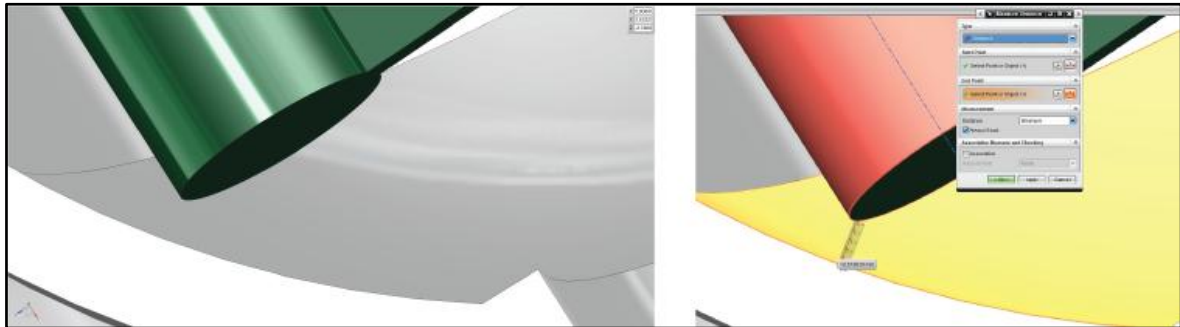
Figur 5.28: Arm

Blenderen må kunne bevege seg 130 grader for å variere mellom full åpen og lukket tilstand (se appendiks A). Armen ble derfor testet ut i NX-modellen for å se om den kunne bevegges de nødvendige 130 grader uten å forstyrre andre komponenter.



Figur 5.29: Arm bevegelser

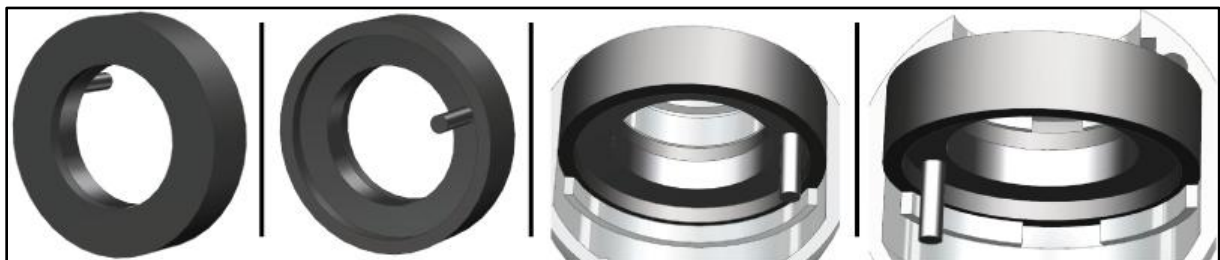
Armen går klar for potmeteret (se Figur 5.29), og det vil på det minste være en klaring på litt over 0,5 mm mellom armen og bunn/topp-delen av øyet. (Se Figur 5.30).



Figur 5.30: Arm, sjekk i NX for å se at den har muligheten til å rotere

5.3.5 Blender

Blenderen er en standarddel og er derfor med på å sette begrensninger. Det blir benyttet samme blender som Laerdal benytter seg av i dag (se appendiks A). Blenderen passer med spor i toppdel og bunndel av øyet (se Figur 5.31).

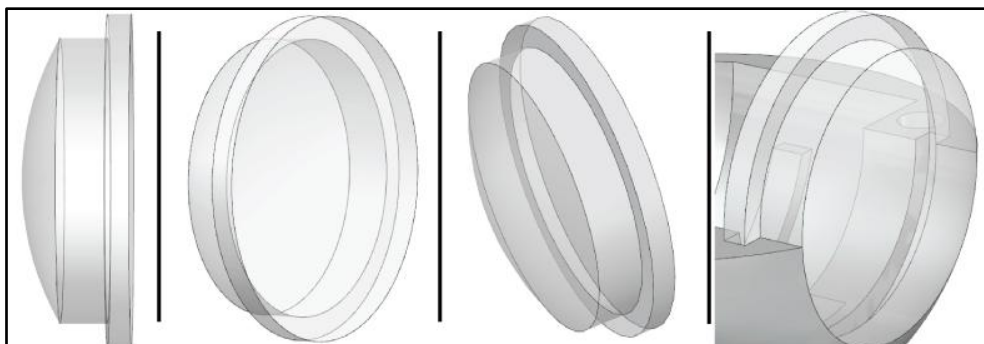


Figur 5.31: Blender

5.3.6 Linse

Materiale: Klar plast (sprøytstøpt).

Linsens utforming (større diameter på bakende) gjør at den enkelt kan plasseres i spor i øyets toppdel og bunndel (Se Figur 5.32).

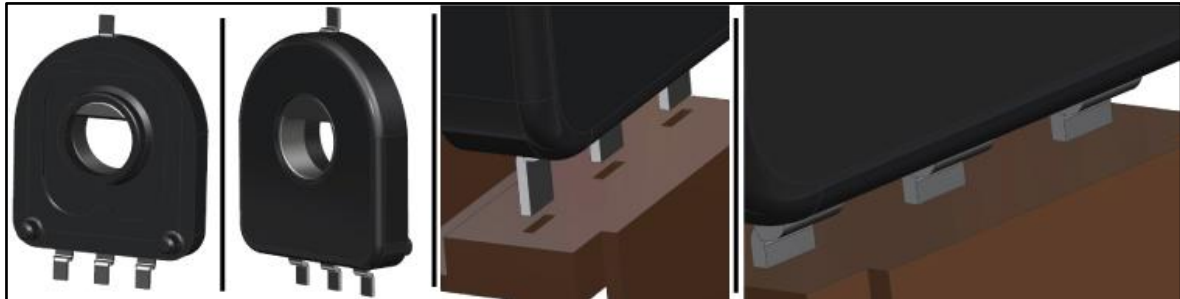


Figur 5.32: Linse

5.3.7 Potmeter

Type: ALPS RDC506002A

Det ble brukt samme potmeter som Laerdal bruker i dag, 3D-modell er hentet fra ALPS sine hjemmesider[19]. Potmeteret passer med grensesnitt i det strømledende materiale (se Figur 5.33).

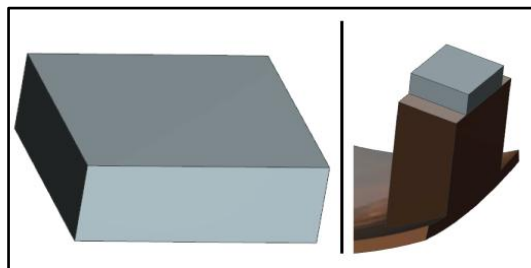


Figur 5.33: Potmeter, grensesnitt mellom potmeter og strømledende materiale

5.3.8 Lyssensor

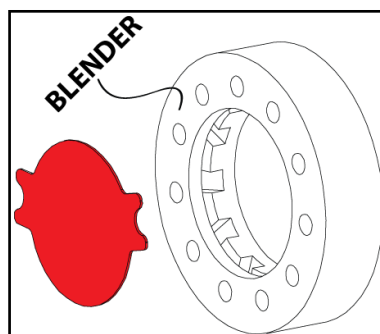
Type: APDS-9008 fra Avago technologies

For å få irisbevegelsen til å reagere på lys, er det nødvendig å få plassert en lyssensor. En enkel 3D-modell ble derfor laget etter tegninger fra Avago technologies hjemmesider[22]. Dette for å se om det var plass til en slik sensor.



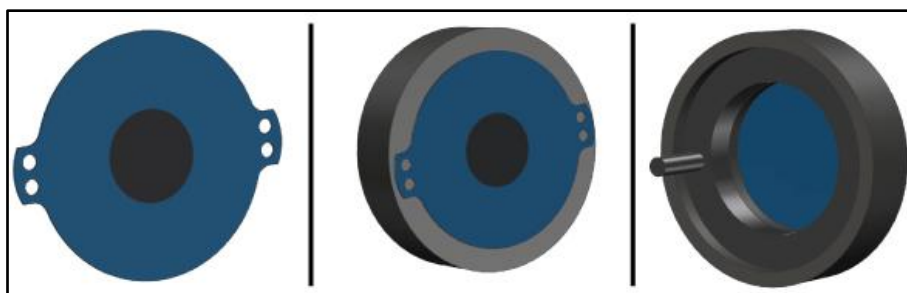
Figur 5.34: enkel NX-modell av lyssensor

5.3.9 Irisetterligning



Figur 5.35: Laerdal sin irissetterligning (eye iris)

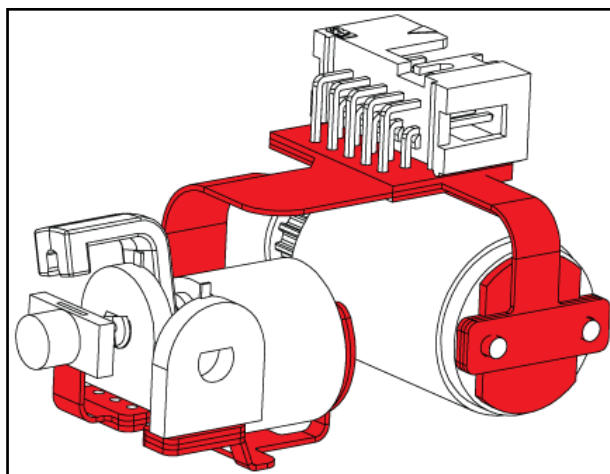
Baserer seg på tegning fra Laerdals allerede eksisterende øyner (se Figur 5.35). (Laerdal har kalt dette for Eye iris, og det blir i denne oppgaven kalt for "irissetterligning") Tynt gjennomsiktig materiale som vil være med å gi øyet et mer anatomisk riktig utseende.



Figur 5.36: Irisetterligning

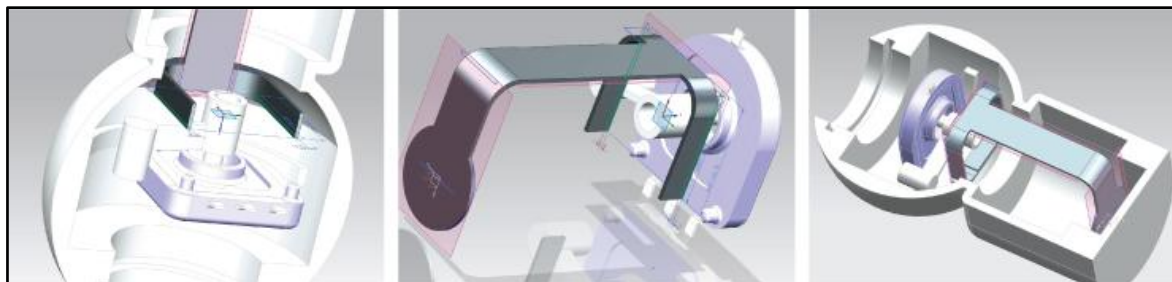
5.3.10 Strømledende materiale

Ved å studere tegningen over Laerdals nåværende øye (se Figur 5.2 og appendiks B), blir det klart at de har brukt en "plate" for oppnå kommunikasjon/"elektrisk kontakt" mellom utvalgte komponenter, på Figur 5.37 markert med rødt. (Laerdal har kalt dette for "SAPS Eye Flex Board", i denne oppgaven har det blitt kalt "strømledende materiale")



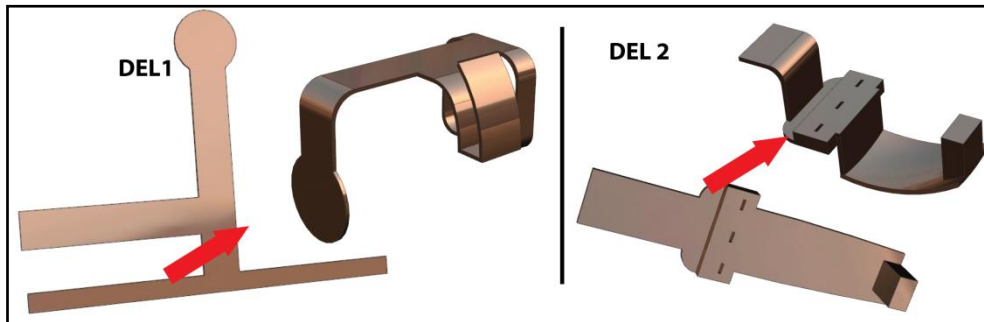
Figur 5.37: Lardal sitt strømledende materiale (SAPS Eye Flex Board)

På bakgrunn av dette ble det konstruert opp et strømledende materiale som vil skape kontakt mellom delene som trenger dette (motor, potmeter og lyssensor). For å gjøre det mulig å konstruere det strømledende materialet slik at det kommer i kontakt med ønskede deler og samtidig unngår kontakt med andre, ble konstruksjon av denne delen gjort i øye assamblyet i NX (se Figur 5.38).



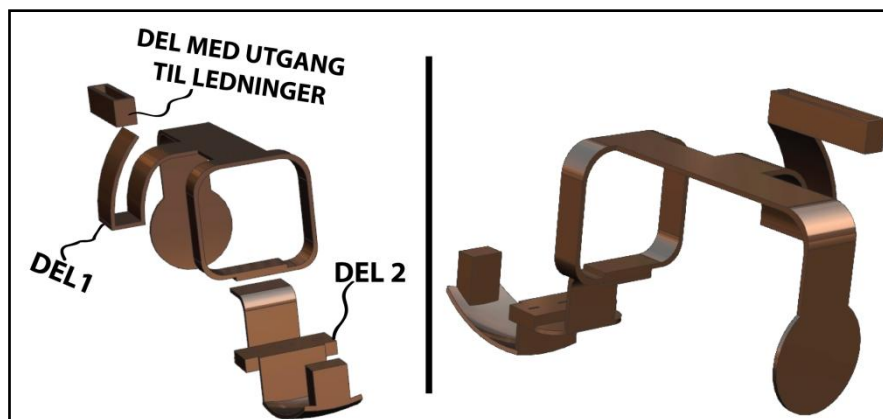
Figur 5.38: Konstruksjon av strømledende materiale

Det strømledende materiale er tenkt laget av to plater som bøyes til ønsket form (Se Figur 5.39).



Figur 5.39: Bøying av strømledningsmateriale

De to delene settes sammen til en, i tillegg til en del som gjør det mulig å koble ledninger til det strømledende materiale, fra utsiden av øyet.



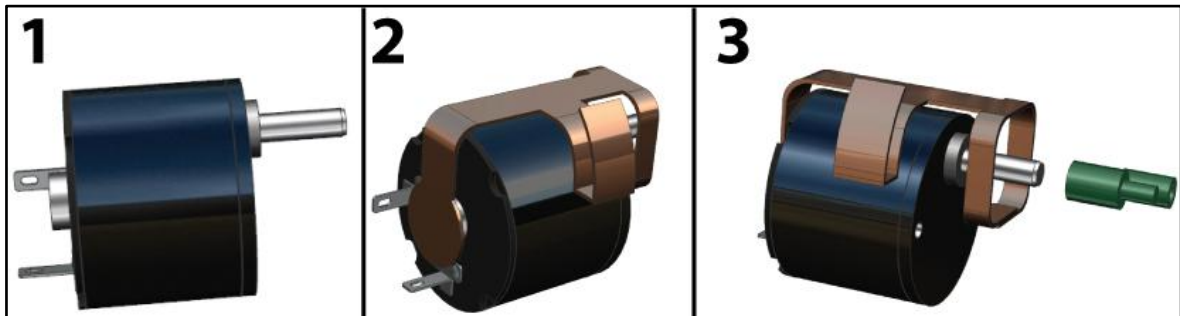
Figur 5.40: Sammenføring av strømlensingsmateriale

Fordi det strømlende materialet kun er basert på tegninger, krever denne delen mer gjennomgang. Løsningen skulle gjerne vært drøftet med Laerdal, men de hadde ikke anledning til det på dette tidspunktet i oppgaven. Men selv om det er uvisst hvordan det strømledende materiale vil fungere i virkeligheten, har det vært viktig å verifisere at det er plass og mulighet, til å ha elektrisk kontakt og kommunikasjon mellom de forskjellige delene som er plassert inne i øyet.

5.4 Montering av øye

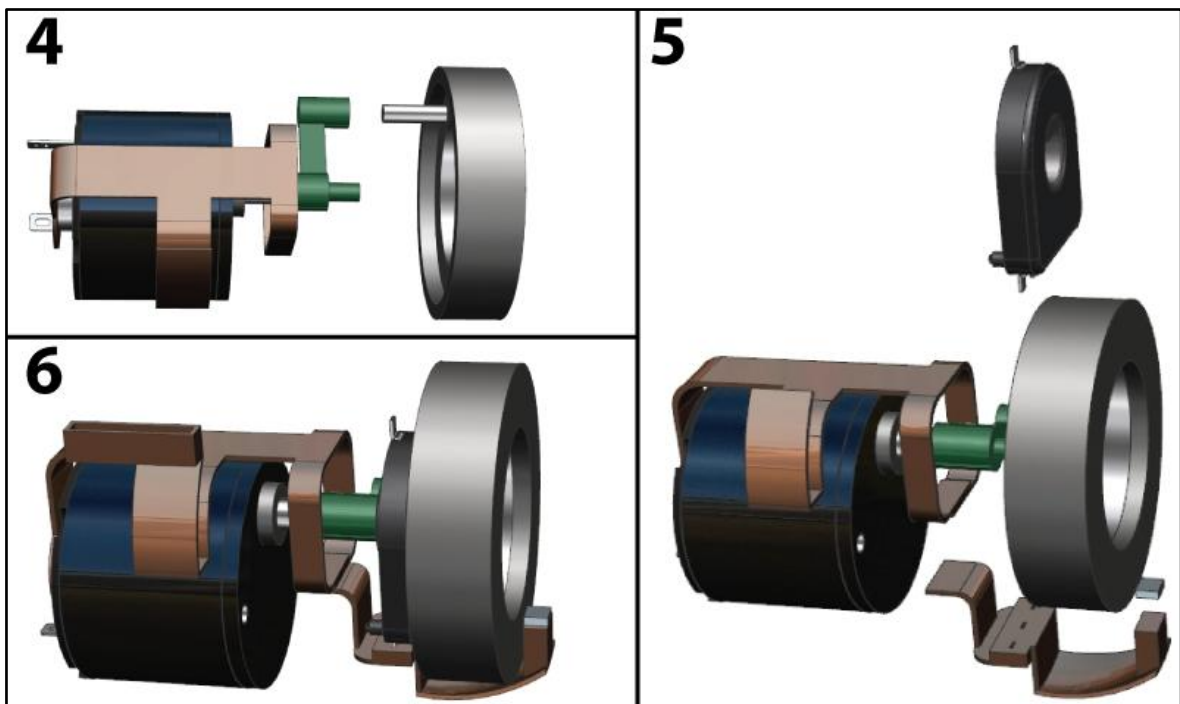
For å vise at NX-modellen kan la seg montere i virkeligheten, vil en tenkt montering av øyet og dets innhold bli gjennomgått her, steg for steg.

- 1: Motor Faulhaber 1512 (se Figur 5.41).
- 2: Strømledende materiale bøyes rundt og festes til motor (se Figur 5.41).
- 3: Arm dyttes på roterende stag i motor (se Figur 5.41).



Figur 5.41: Montering av strømledningsmateriale og arm til motor

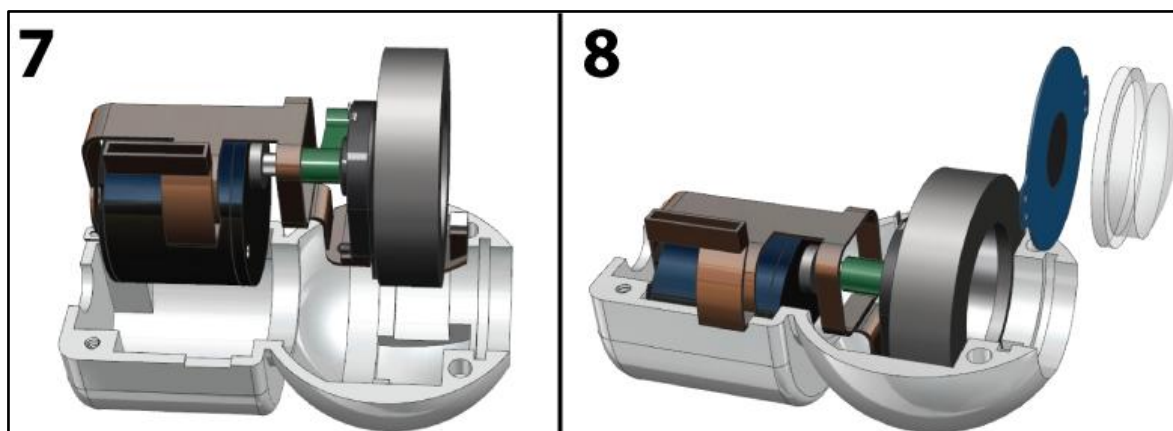
- 4: Blender dyttes fast og festes til arm (se Figur 5.42).
- 5: Potmeter, lyssensor og fremre del av strømledningsmateriale monteres (se Figur 5.42).
- 6: Den delen som går ut til ledninger monteres på det strømledende materiale (se Figur 5.42).



Figur 5.42: Plassering av blender, frontdel av strømledningsmateriale, potmeter

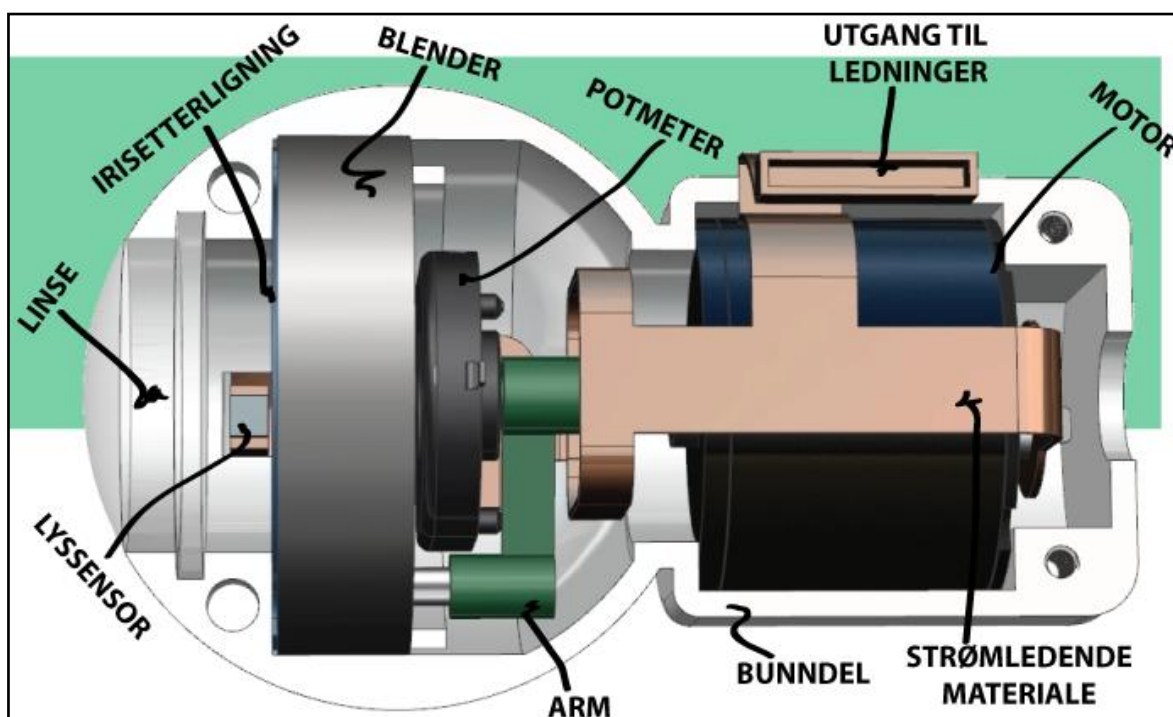
7: De monterte delene plasseres i bunndelen (se Figur 5.43).

8: Linse og irisetterligning settes på plass (se Figur 5.43).



Figur 5.43: Plassering av deler i bunndel, plassering av irisliggende materiale og linse

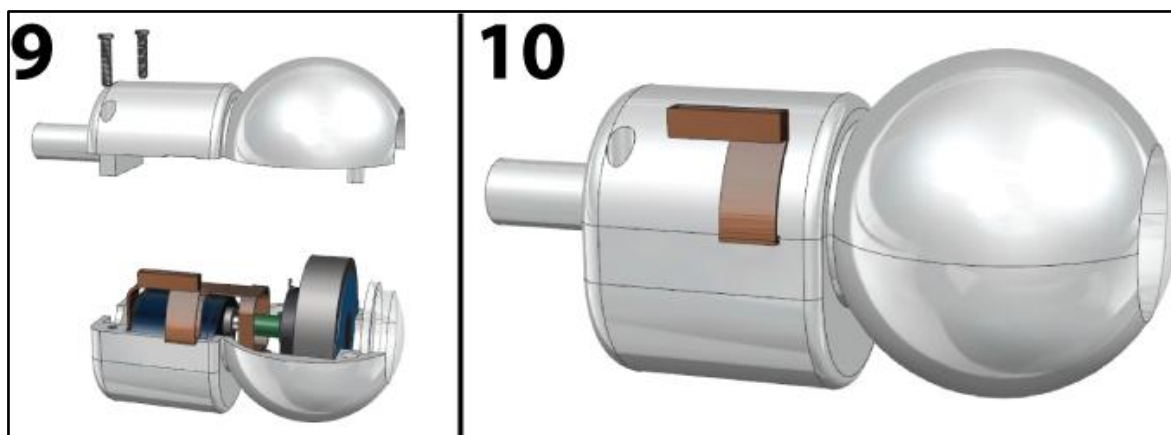
På Figur 5.44 er det mulig og se delene plassert i bunndelen.



Figur 5.44: Forklaring av deler plassert i bunndel

9: Toppdel og skruer plassers (se Figur 5.45).

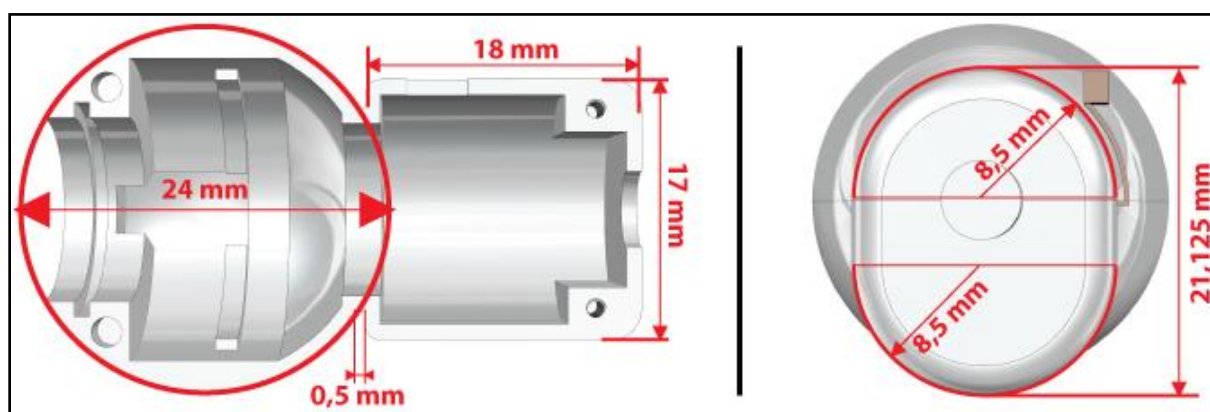
10: Ferdig montert øye (se Figur 5.45).



Figur 5.45: Montering av toppdel, ferdig montert øye

5.5 Viktige mål

På Figur 5.46 er det mulig å se de viktigste målene av øyet.



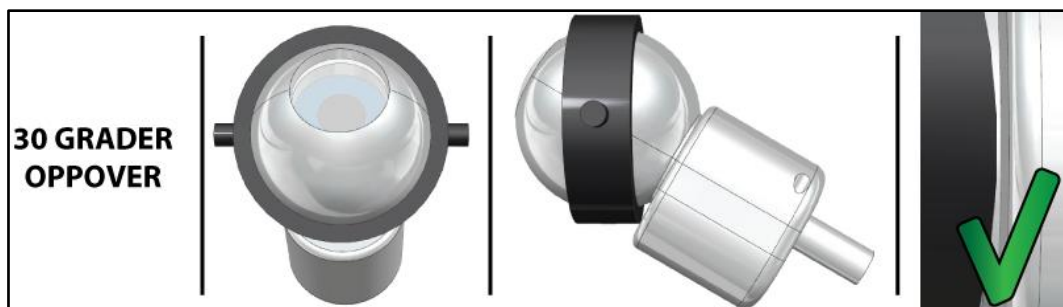
Figur 5.46: Viktige mål av ferdig øyne

5.6 Bevegelser

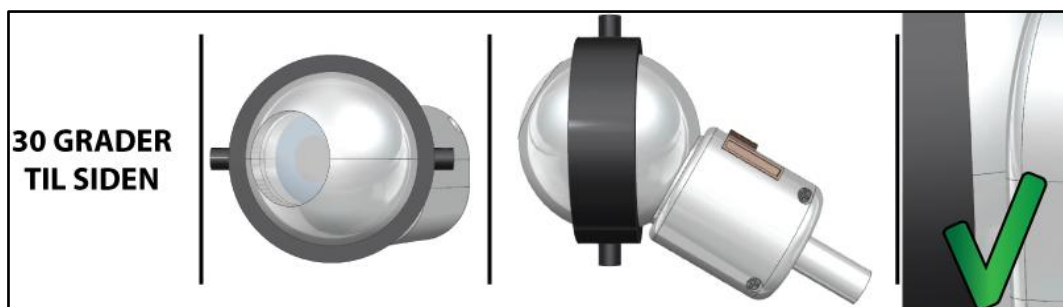
Det var nødvendig og sjekke om utformingen av øyet hadde muligheten til å bevege seg de ønskelige 23 gradene i forhold til kule-i-kule-leddet.



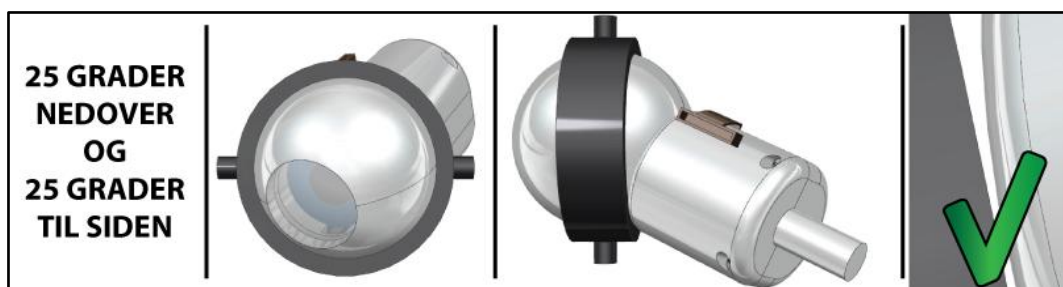
Figur 5.47: Bevegelser nedover (syn nedover)



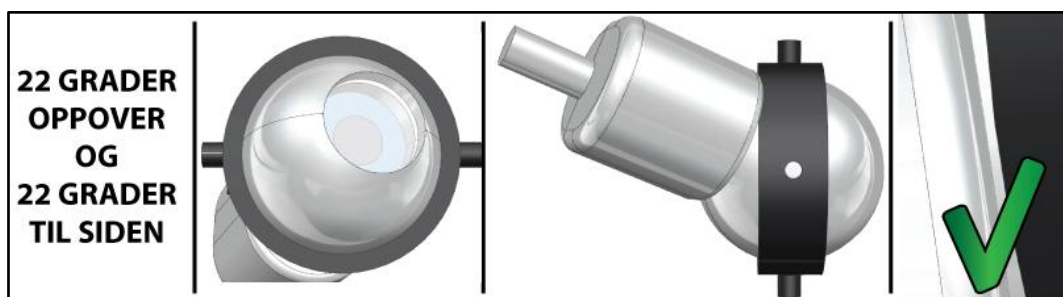
Figur 5.48: Bevegelser oppover (syn oppover)



Figur 5.49: Bevegelser til siden (syn til siden)



Figur 5.50: Bevegelser nedover og til siden (syn skrått nedover)

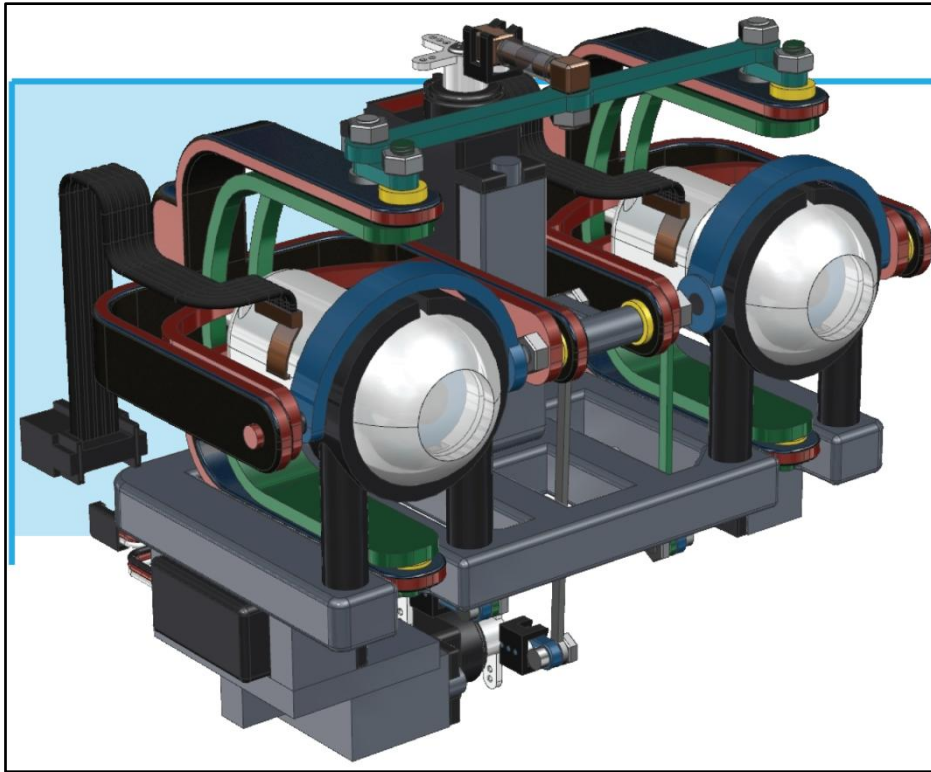


Figur 5.51: Bevegelser oppover og tilsiden (syn skrått oppover)

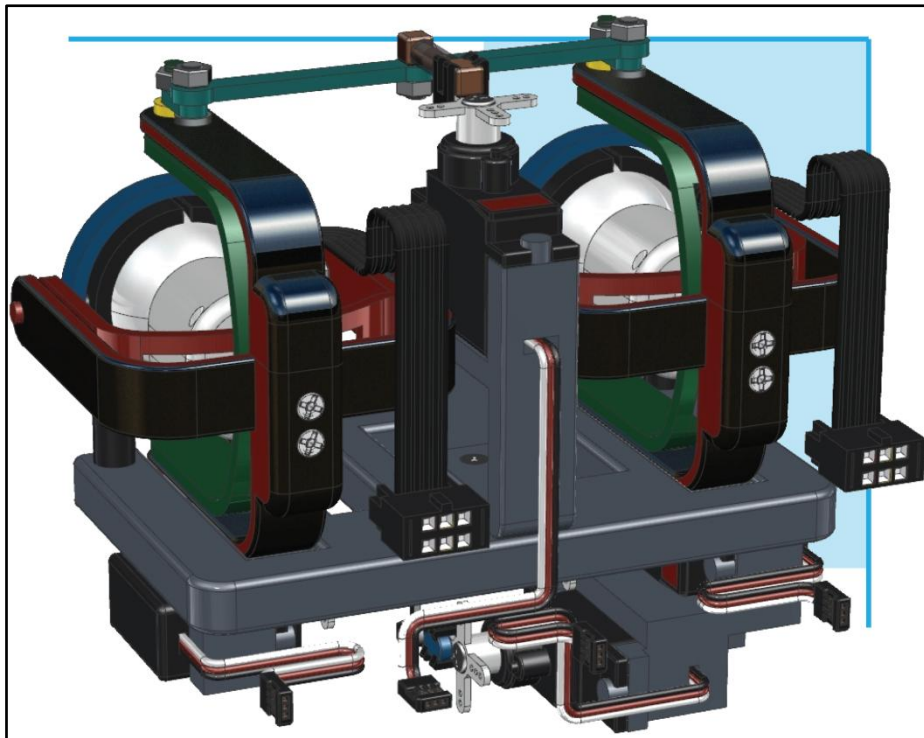
Ved å gjøre glippen som er 0,5 mm (se Figur 5.46) noe lengre, vil øyet ha muligheten å bevege seg de nødvendige 23 gradene oppover samtidig som det beveger seg 23 grader til siden. En annen løsning kan være å gjøre kule-i-kule leddet noe smalere. Det er nødvendig og teste ut kule-i-kule-leddet i virkeligheten for å sjekke om det er stort nok dimensjonert i NX. Det blir i denne oppgaven godtatt at øyet kun kan bevege seg 22 grader i denne retningen.

6 Ferdig NX-modell

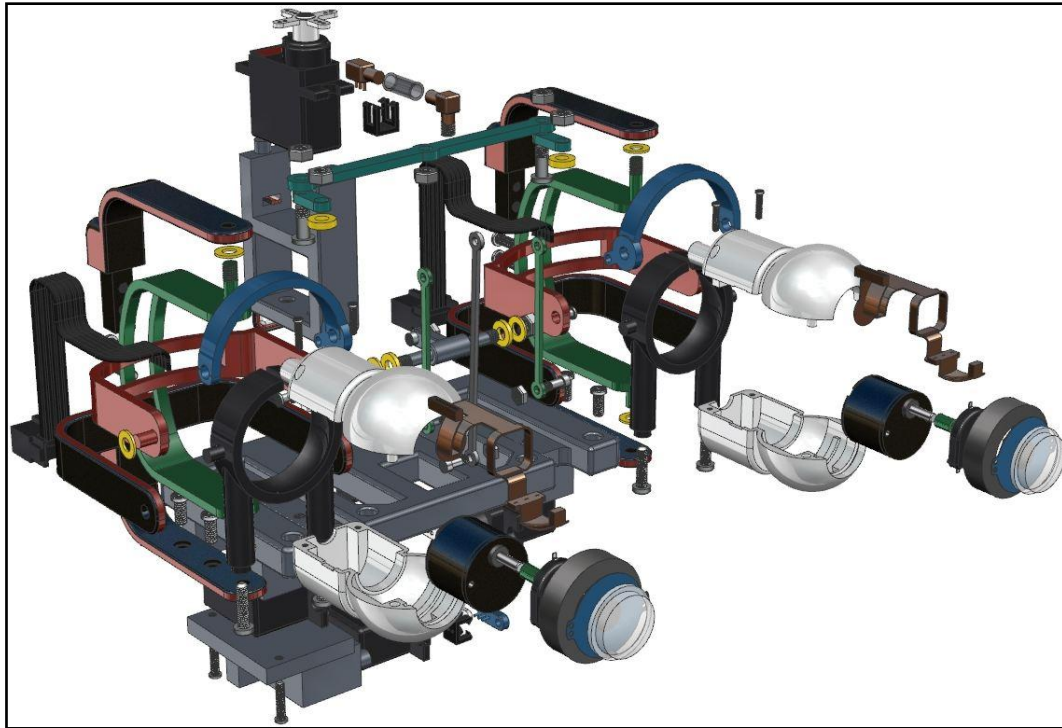
På Figur 6.1 og Figur 6.2 er det mulig og se en sammenstilling av det ferdige konseptet modellert opp i NX.



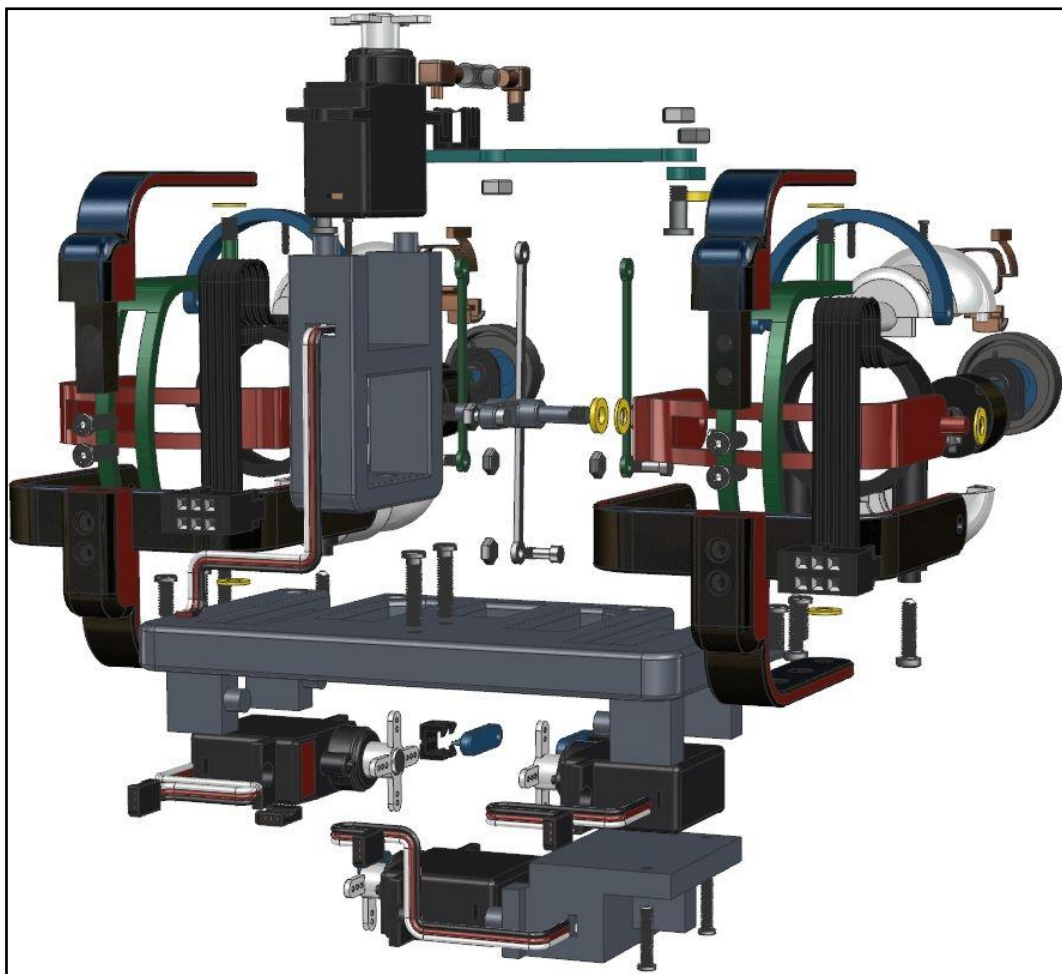
Figur 6.1: Ferdig NX-modell sammenstilt forfra



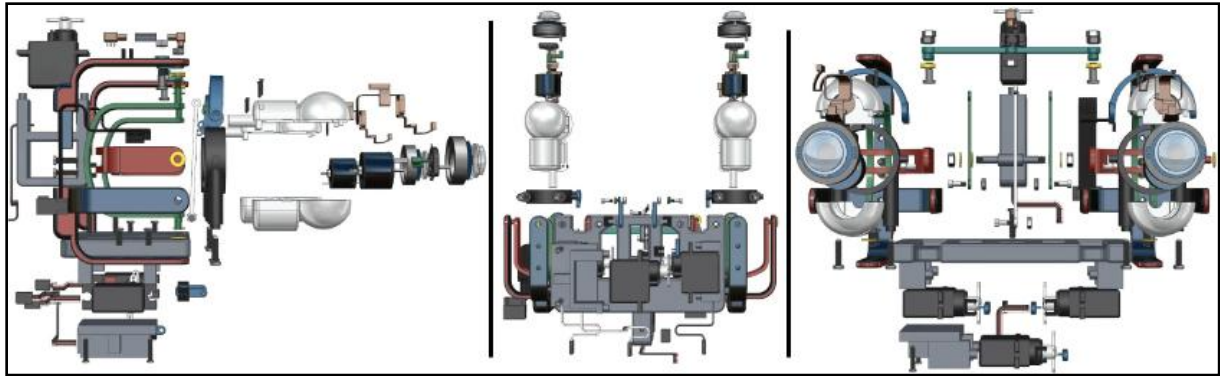
Figur 6.2: Ferdig NX-modell sammenstilt bakfra



Figur 6.3: Ferdig NX-modell eksplodert forfra



Figur 6.4: Ferdig NX-modell eksplodert bakfra



Figur 6.5: Ferdig NX-modell eksplodert, fra siden, fra undersiden og forfra

Når det gjelder materialvalg for de ulike delene i konseptet, har det blitt vurdert hvilket materiale som egner seg best (plast, metall, kompositt), men ikke hva slags type plast, metall osv. Dette fordi det var krevende nok å finne ut av hvordan delene skulle utformes og settes sammen, og det ble ikke tid til å studere materialvalget i detalj. Se appendiks C for komplett deleliste og tenkt materiale.

6.1 Montering /m detalj beskrivelse

Siden arbeidet med å lage en funksjonell 3D-modell har vært svært tidkrevende, har det altså blitt nedprioritert å lage en prototype. Som nevnt tidligere ble det vanskelig av flere grunner (Se avsnitt 1.6.) I dette avsnittet vil det imidlertid bli forklart hvordan en prototype *kan* lages og monteres.

Monteringens grunnpilar er en (monterings)plate. Den inneholder spor, gjenger og grensesnitt til de forskjellige delene som skal settes sammen, og sørger for at komponentene blir plassert med riktig avstand i forhold til hverandre. (Monteringsplaten er tenkt produsert i plast som kan sprøytstøpes).



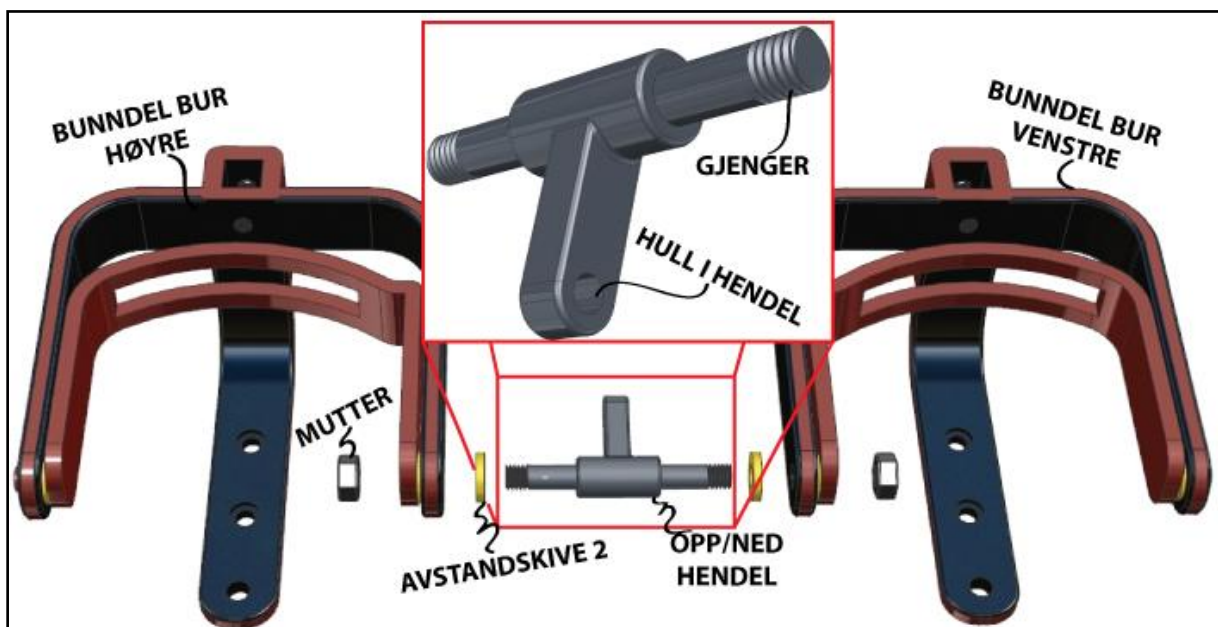
Figur 6.6: Monteringsplate

Første steg i monteringen er å dytte den røde halvsirkelen inn i bunnen av buret. Hullet i buret passer sammen med tappen på halvsirkelen (begge har en diameter på 3 mm). En idé kan være å gjøre tappen noe mindre slik at problemer med toleranser blir unngått. Dette gjelder også for de grønne halvsirkelene og hendelen som binder de to røde halvsirkelene sammen, og nevnes derfor kun her. For at avstanden skal bli korrekt brukes en avstandskive (bredde 0,5 mm) (se Figur 6.7).



Figur 6.7: Montering av rødt halvsirkel til burets bunndel

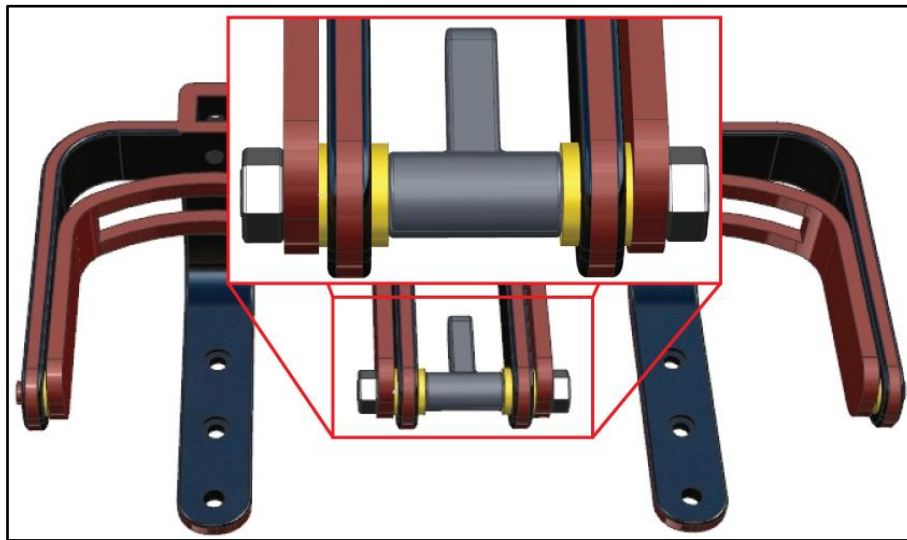
Det må lages to ulike bunndeler, en for venstre og en for høyre øye, da bunnen av buret er asymmetrisk. Når to bur og halvsirkler er montert opp, settes disse sammen til en hel del som vist på Figur 6.8.



Figur 6.8: To bunndeler med rødt halvsirkel festes sammen til en del

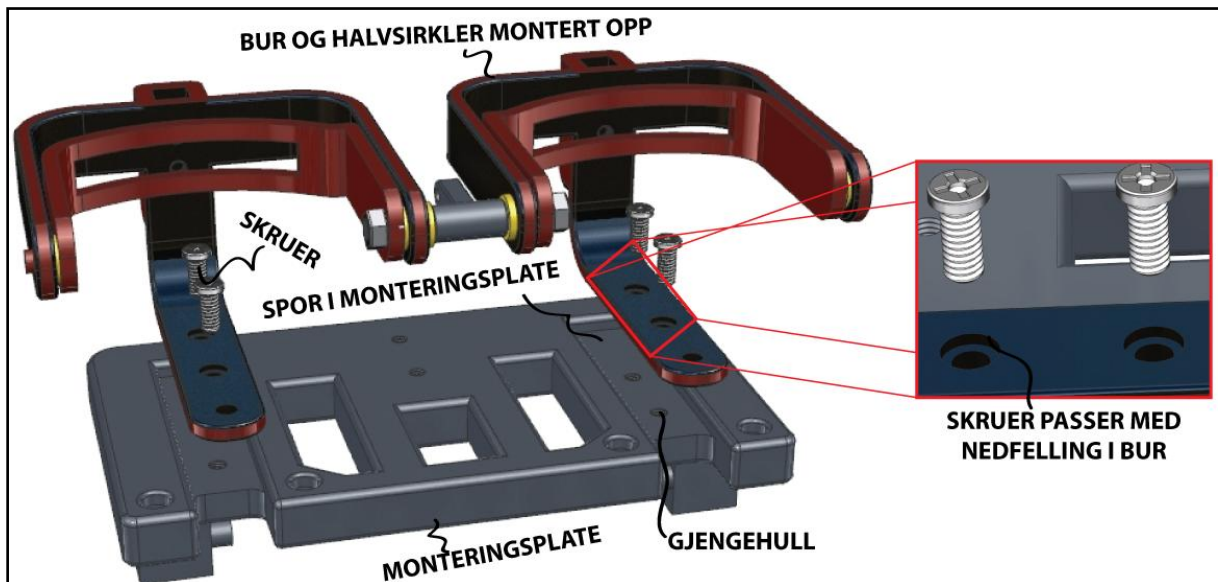
En hendel brukes for å binde de to delene sammen. Hendelen har gjenger (størrelse: M3, lengde 3 mm), og to muttere (størrelse M3) blir plassert på hver side. Også her brukes avstandskiver (tykkelse 1 mm). Hendelen er utstyrt med et hull på 2 mm.

Tenkt materiale på hendel er plast (sprøytstøpt). Avstandskivene er av plast, gjerne med liten friksjon. Muttere er standard (mål av muttere er hentet fra Tingstad[23], dette gjelder for alle mutterne og nevnes kun her) og kan være av metall, eventuelt plast.



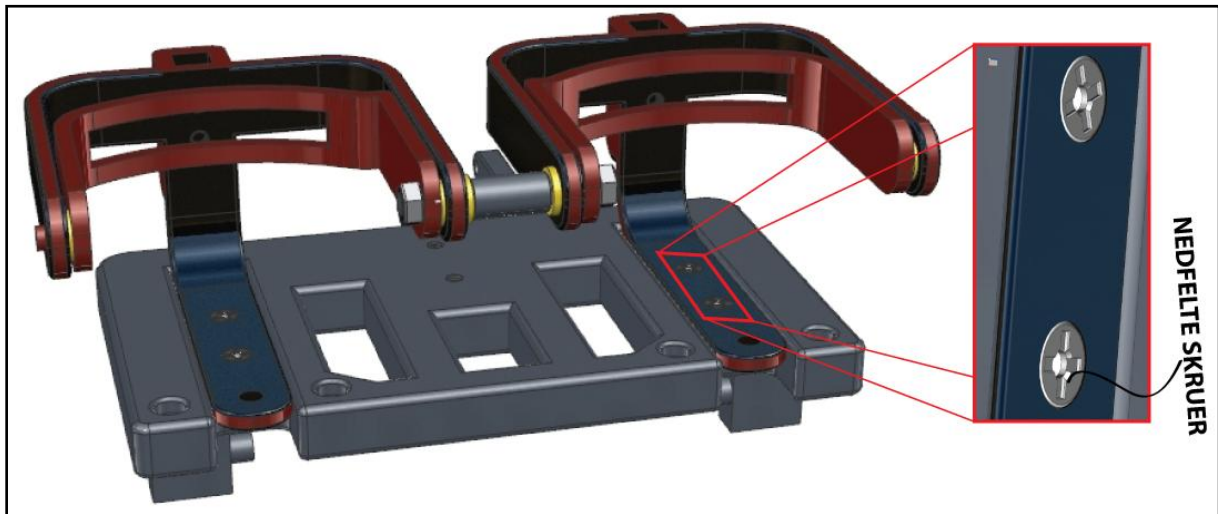
Figur 6.9: To bunndeler festes sammen

Delene festes så til monteringsplaten (se Figur 6.10). I platen er det spor og fire hull med gjenger (størrelse: M2.6, lengde 5 mm), og fire skruer (Størrelse: M2.6 og lengde 6 mm) brukes for å feste buret til platen. Skruenes mål er hentet fra microfastenings.com[20] (dette gjelder for alle skruene og nevnes kun her), og skruene og sporene har blitt modellert ut i fra disse.



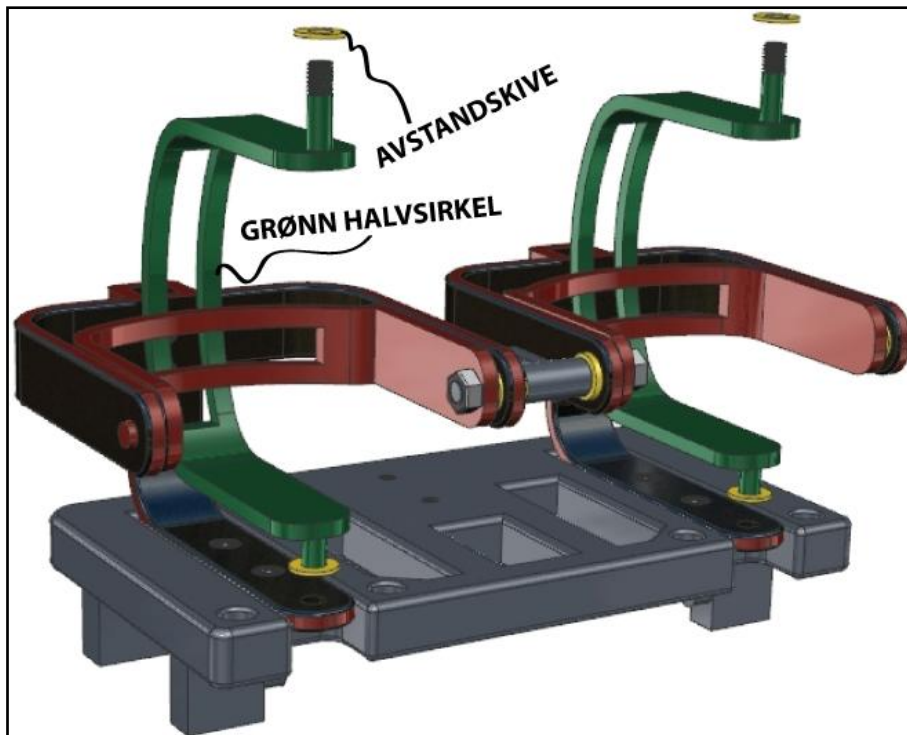
Figur 6.10: bunndelene festes til monteringsplaten

Skruene blir nedfelt i bunndelen av buret og monteringsplaten på en slik måte at de ikke vil forstyrre de grønne halvsirklene som monteres i neste steg (Se Figur 6.11).



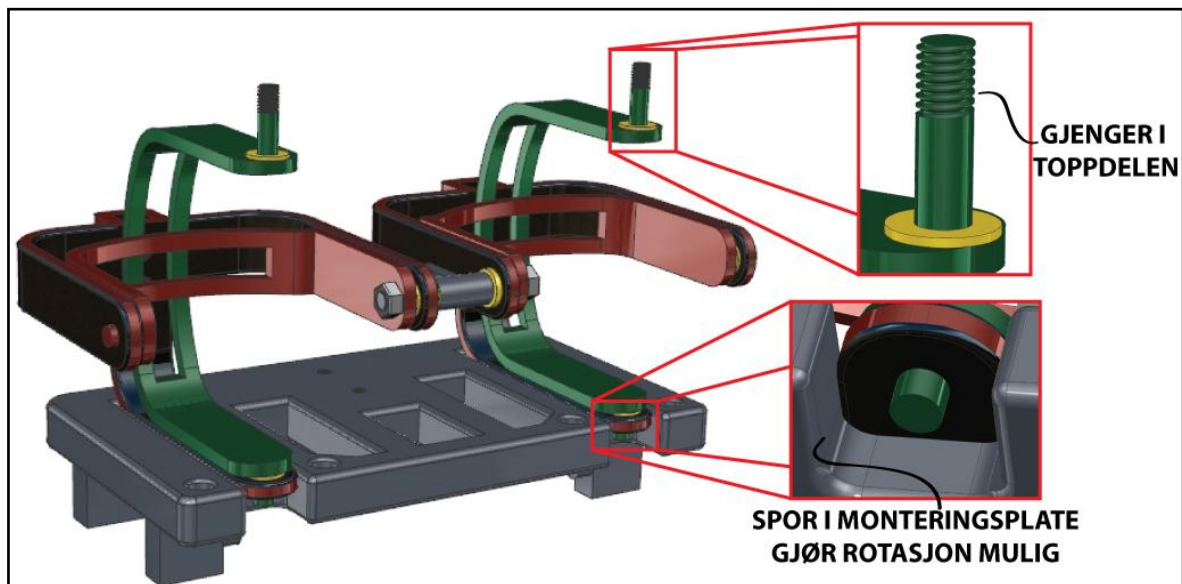
Figur 6.11: Nedfelling av skruer

De grønne halvsirklene lirkes inn mellom buret og den røde halvsirkelen (se Figur 6.12). Avstandskivene som brukes er 0,5 mm brede. De grønne halvsirklene er av plast (sprøytstøpt).



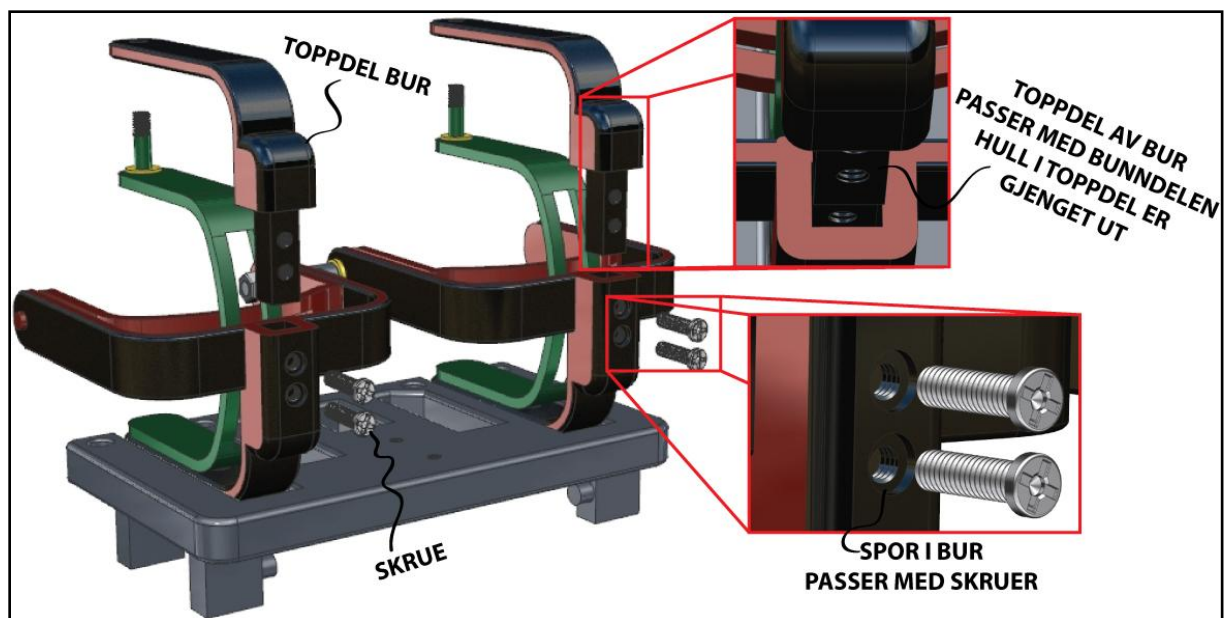
Figur 6.12: Grønne halvsirkler settes på plass

På toppen av de grønne halvsirklene er det gjenger (størrelse: M3, lengde 4 mm). I monteringsplaten er det et spor slik at de grønne halvsirklene har muligheten til å rotere. (se Figur 6.13).



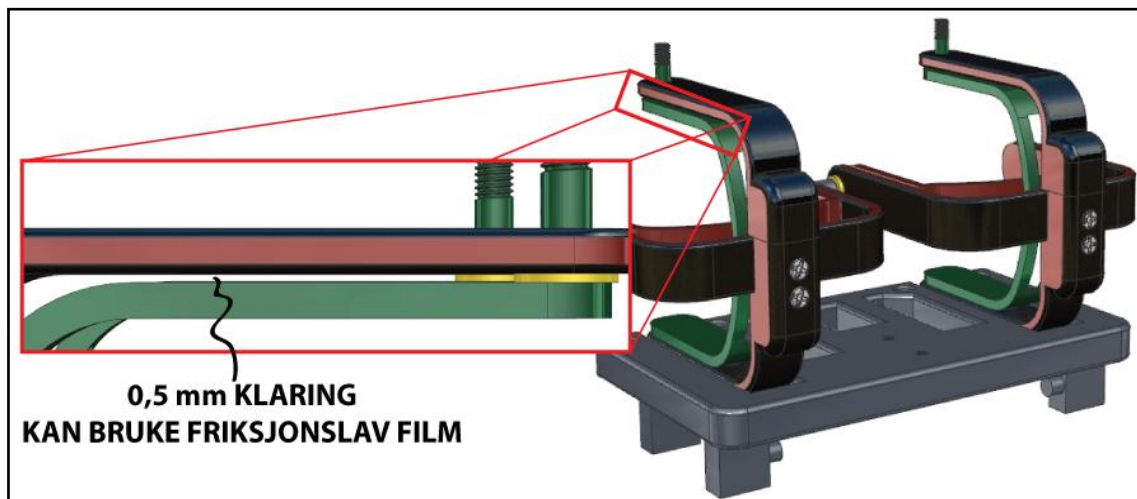
Figur 6.13: Gjenger i grønn halvsirkel

I motsetning til bunndelen, er toppdelene symmetriske, så det trengs kun en versjon av disse. De to toppdelene monteres fast ved hjelp av to skruer som vist på Figur 6.14 (Størrelse på skrue: M2.5, lengde 9 mm).



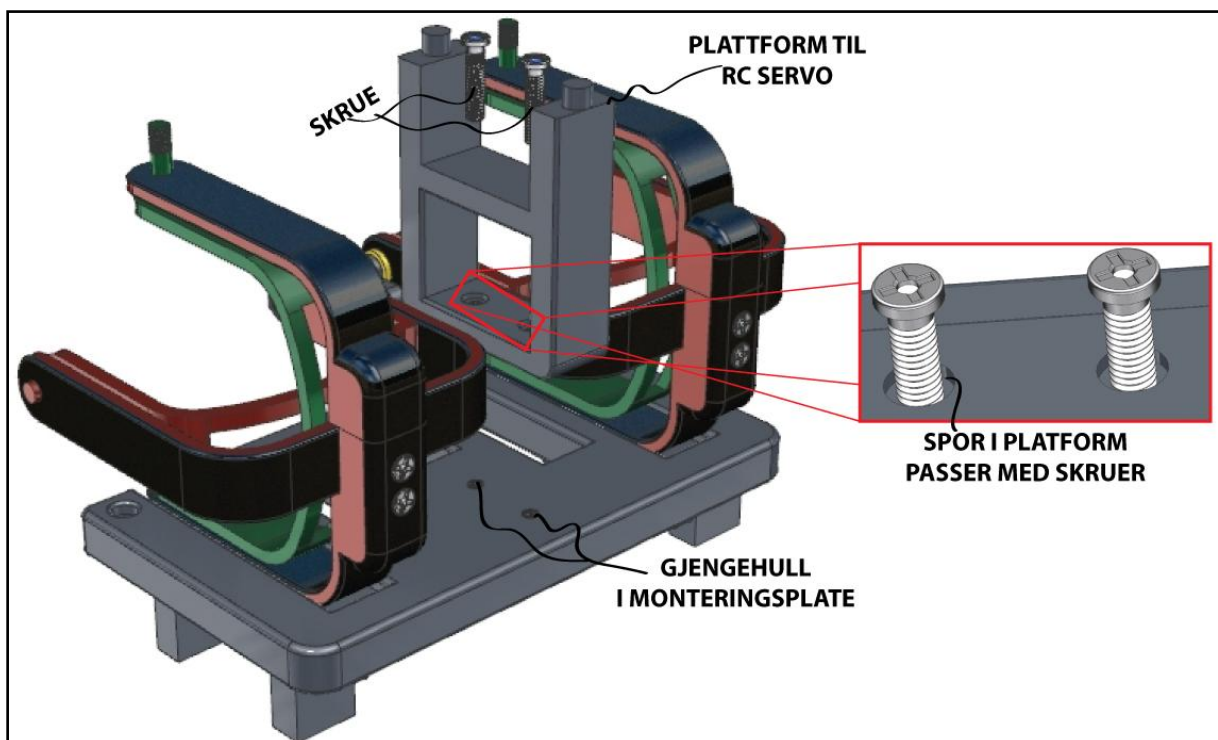
Figur 6.14: Toppdelen av buret festes

Det vil være en klaring på 0,5 mm mellom grønne halvsirkler og buret (se Figur 6.15). Det samme gjelder for de røde halvsirklene. I denne klaringen kan det være mulig å bruke en friksjonslav film på 0,5 mm for å få bevegelsene til å gå lettere.



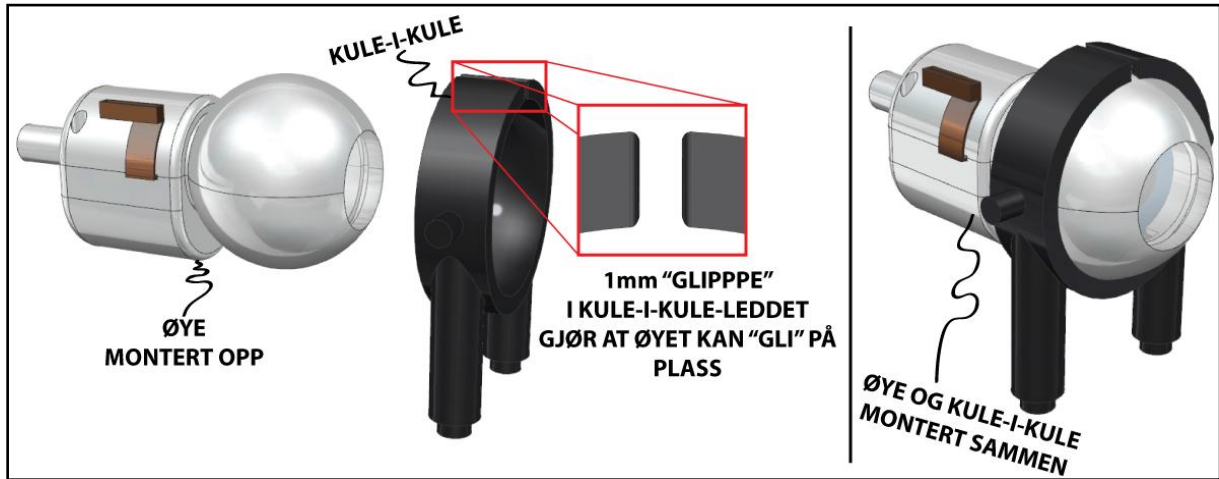
Figur 6.15: Klaring mellom bur og halvsirkel

En plattform til RC-servo (den som kontrollerer fram/tilbake bevegelsen) monteres til platen slik Figur 6.16 viser. Det brukes to skruer (størrelse M2.6, lengde 11 mm) som passer med gjengehull (størrelse M2.6, lengde 7.5 mm,) i monteringsplaten. Plattformen kunne også vært montert før burene. Dette for å gjøre tilgangen til skruene enklere.



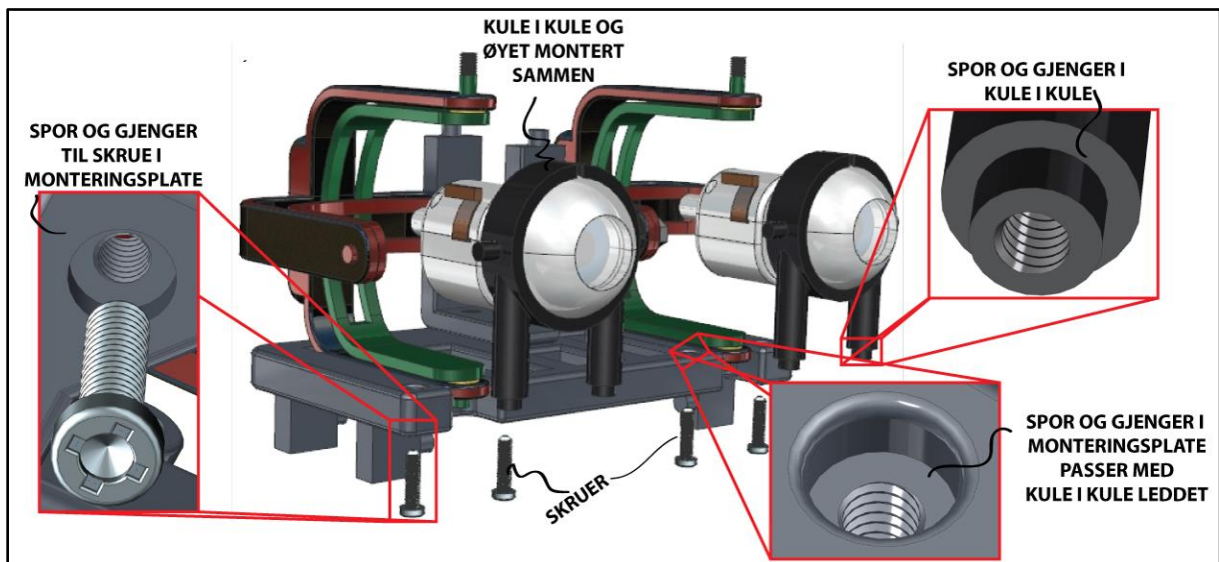
Figur 6.16: Plattform festes til monteringsplaten

Et ferdig montert opp øye (se avsitt 5.4 for hvordan dette gjøres) settes inn i et kule-i-kule-ledd. Selv om det må lages to slike sett, kan de være identiske, da de er symmetriske. Kule-i-kule-leddet har en glippe på 1 mm øverst (se Figur 6.17), noe som gjør det mulig å montere øyet fast.



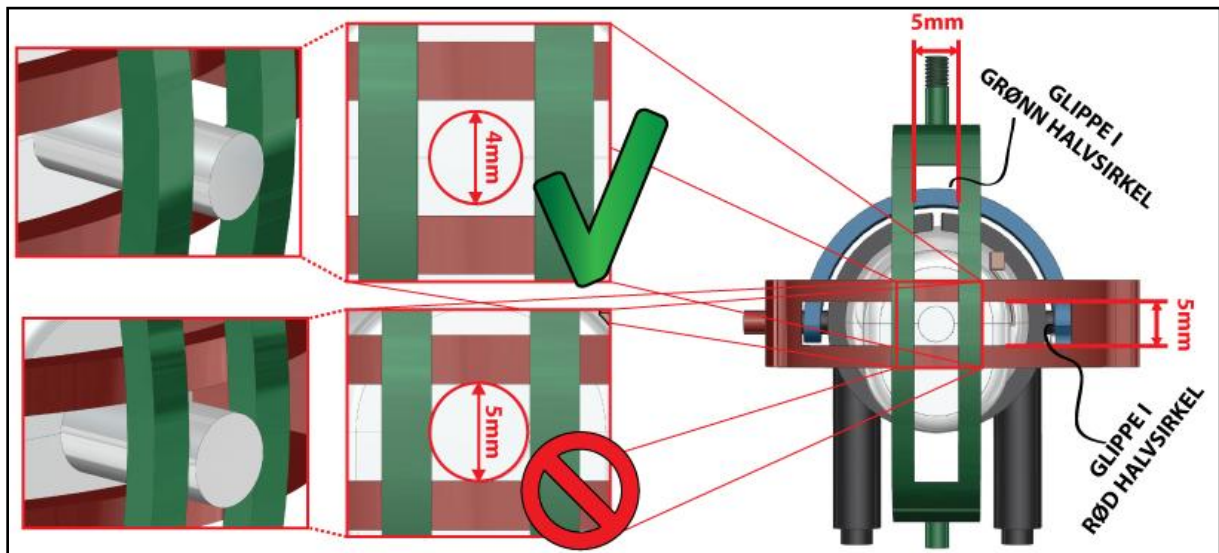
Figur 6.17: Øye festes til kule-i-kule-leddet

De to settene blir montert til platen slik Figur 6.18 viser. Fire skruer (størrelse M2.5, lengde 10 mm) går først igjennom gjengene i platen (størrelse M2.5, lengde 4 mm) og videre inn i gjengene (størrelse M2.5, lengde 6 mm) i kule-i-kule-leddet. Spor brukes for å enkelt kunne plassere kule-i-kule-ledd til monteringsplaten slik at posisjonen blir korrekt



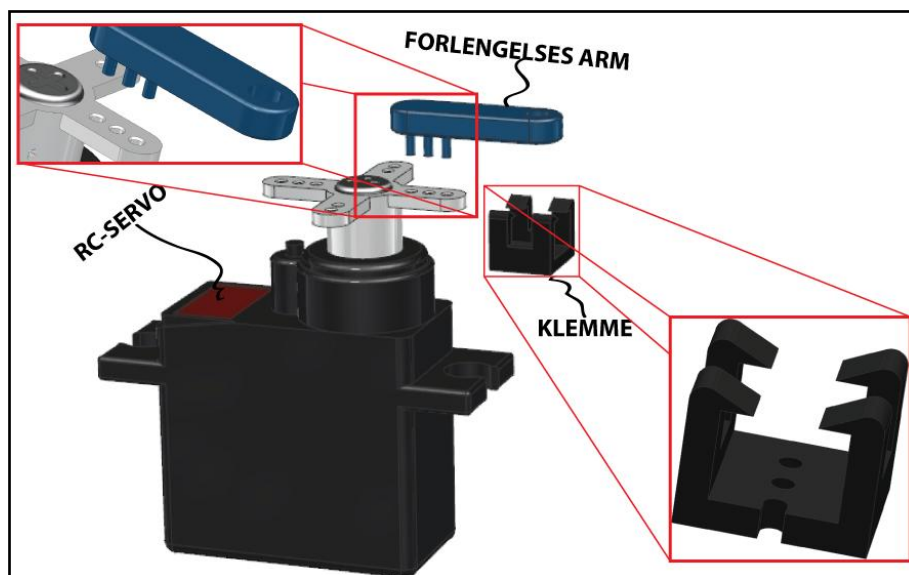
Figur 6.18: Kule-i-kule og øye settes på plass i monteringsplaten

Både de grønne og de røde halvsirklene har en glippe i seg på 5 mm. Ved å la styrepinnens diameter være 4 mm istedenfor 5 mm, vil det bli unngått en del problemer med toleranser. Det er også mulig å la styrepinnen ha en annen diameter, men det viktigste er at den er noe mindre en glippen mellom de to halvsirklene (se Figur 6.19).



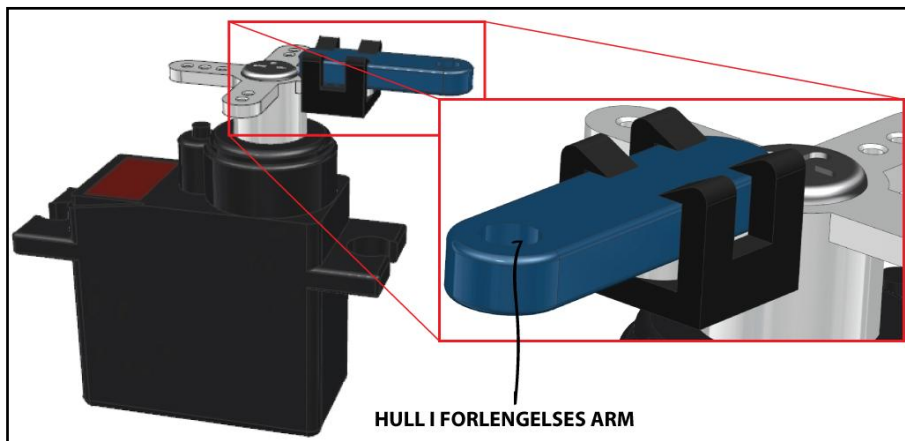
Figur 6.19: Glippe i halvsirkler mot styrepinne

To RC-servo (som skal kontrollere øyelokk, av typen Futaba S3153MG[12]) blir montert opp slik Figur 6.20 og Figur 6.21 viser. Forlengelsesarmen har grensesnitt som passer med hull i RC-servoens rotasjonsdel. En klemme brukes for å holde armen på plass. Klemmen er utformet slik at den utvides når den dyttes oppover, og kan enkelt plasseres over RC-servoen og forlengelsesarmen.



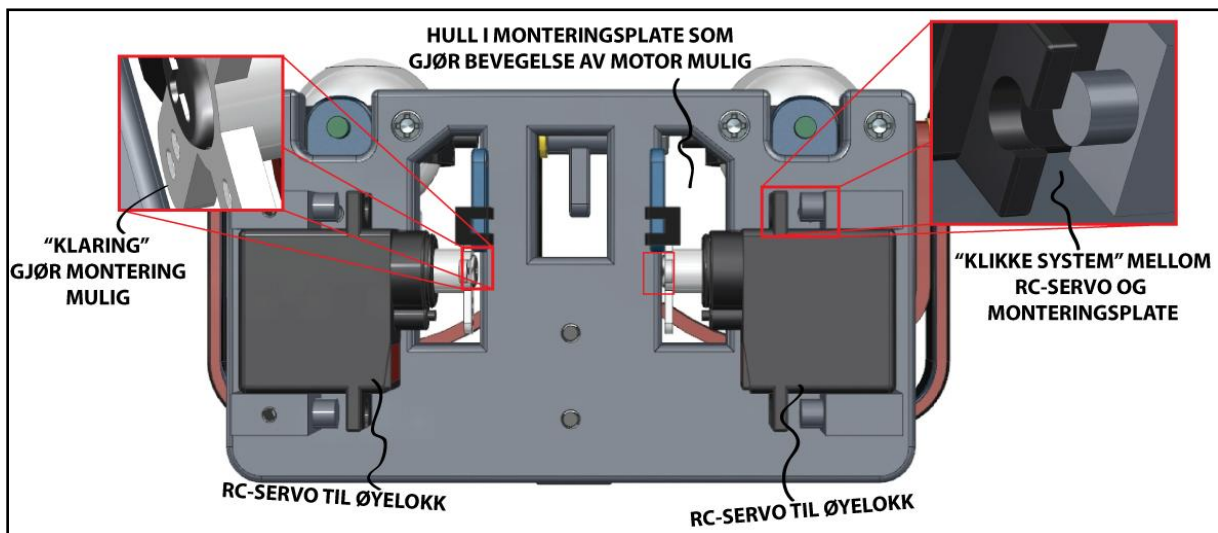
Figur 6.20: Forlengelsesarm festes til RC-servo

I forlengelsesarmen er det et hull på 2 mm i diameter.

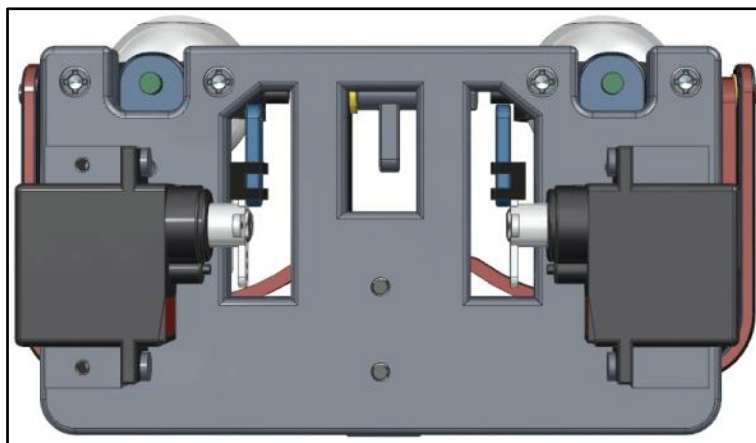


Figur 6.21: Forlengelsesarm festes til RC-servo

RC-servoene (til øyelokk) festes fast til monteringsplaten slik Figur 6.22 viser. Utformingen av monteringsplaten gjør at RC-servoene bare kan klikkes på.

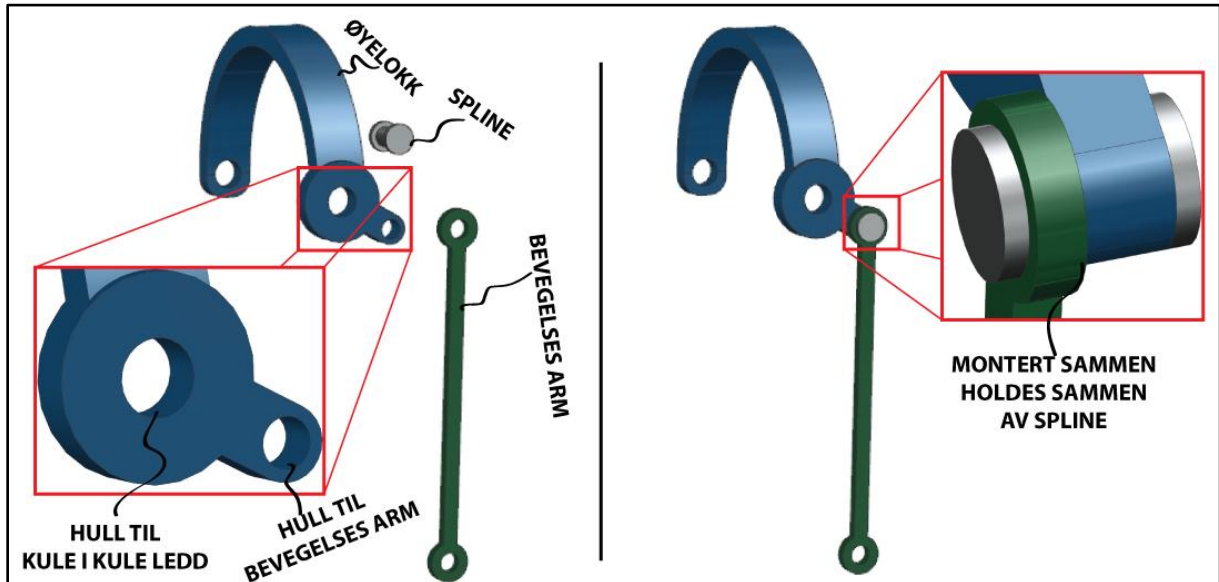


Figur 6.22: RC-servo festes til monteringsplate



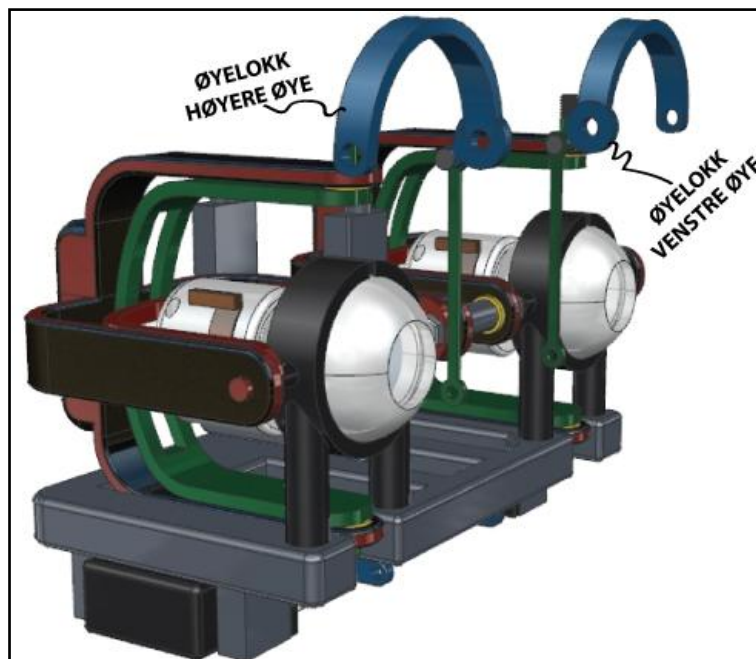
Figur 6.23: RC-servo til øyelokk montert fast til monteringsplaten

Øyelokkene som RC-servoene skal kontrollere, må monteres opp med en bevegelsesarm. (se Figur 6.24) Dette for å gjøre overføring av bevegelse mellom RC-servo og øyelokk mulig. Øyelokket er utformet med to hull (diameter 3 mm) som passer med kule-i-kule-leddet. I tillegg til et hull (diameter 2 mm) hvor bevegelsesarmen kan festes.



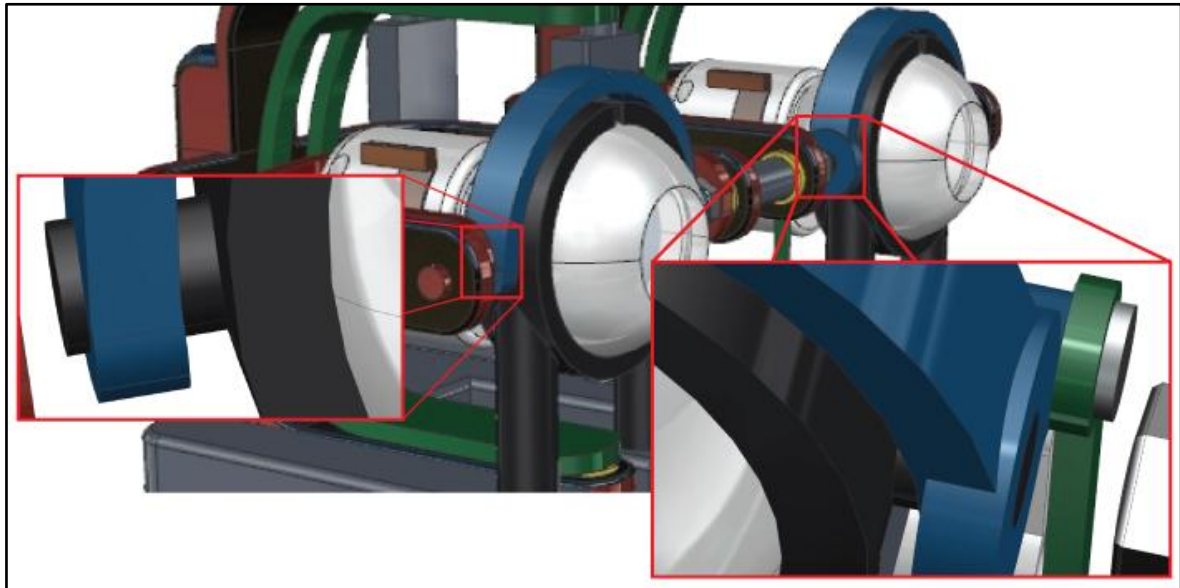
Figur 6.24: Bevegelses arm festes til øyelokk

Øyelokkene "klippes" på kule-i-kule-leddene. Øyelokket er tenkt produsert i plast og vil da ha noe fleksibilitet. Fordi øyelokkene er asymmetriske trengs det to stykker av disse, et til venstre øye og et til høyere øye. (se Figur 6.25)



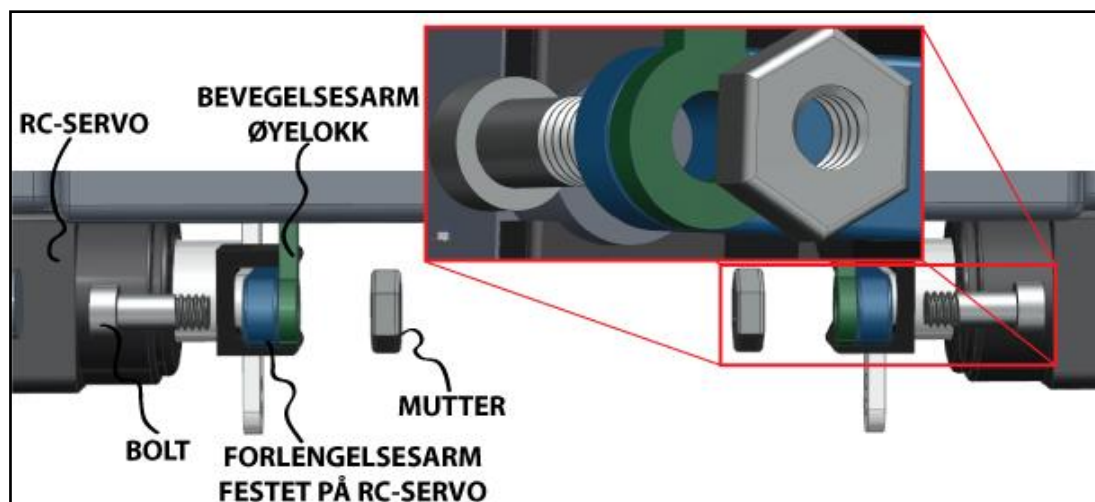
Figur 6.25: Øyelokk med bevegelsesarm festes til kule-i-kule-leddet

På kule-i-kule-leddet er det to "hengsler" som passer med hullene i øyelokket. Den ene er noe kortere slik at bevegelsesarmen har muligheten til å rotere over (se Figur 6.26).



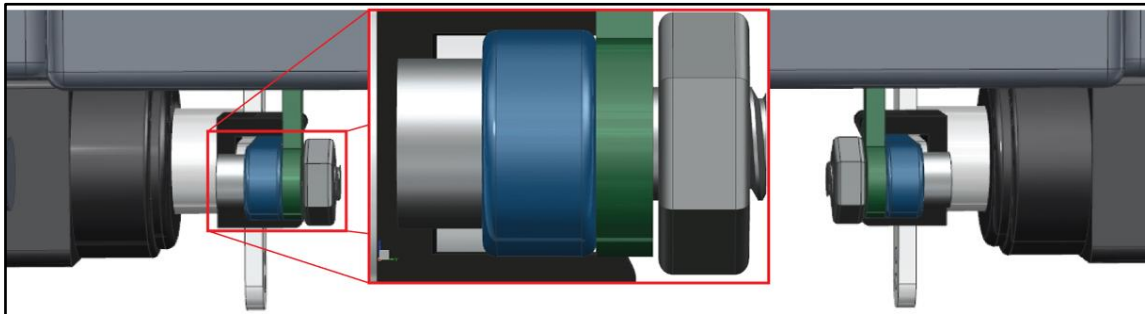
Figur 6.26: Øyelokk montert fast til kule-i-kule-leddet

Bevegelsesarmen fra øyelokkene kobles til de to RC-servoene. Dette gjøres ved en bolt (størrelse: diameter 2 mm og lengde 5 mm, med M2 gjenger på 1,9 mm). Bolten føres gjennom hullet i bevegelsesarmen og forlengelsesarmen og festes med en mutter (størrelse M2) på andre siden (se Figur 6.27).



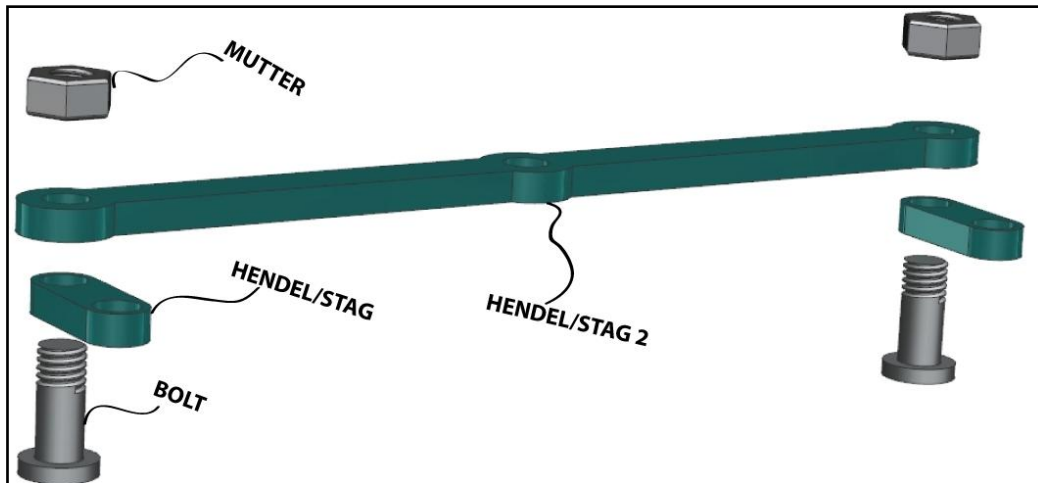
Figur 6.27: Bevegelsesarm festes til RC-servo

Bolten er gjenget opp slik at den kun sitter fast til mutteren, derfor vil delene (forlengelsesarm og bevegelsesarm) kunne rotere om bolten (se Figur 6.28).



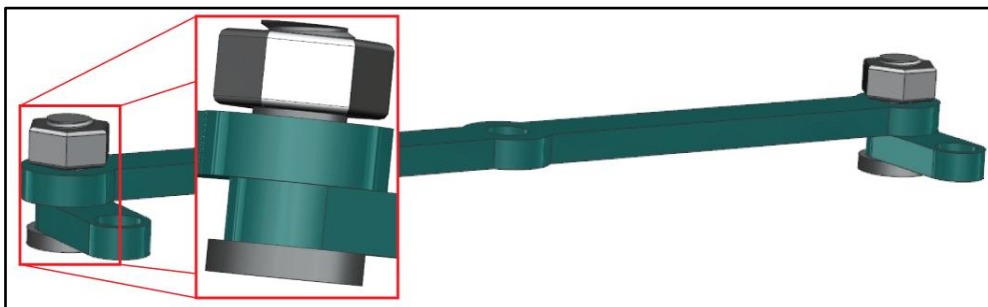
Figur 6.28: Bolt festet til RC-servo og bevegelsesarm

For å få synkrone fram/tilbake bevegelser trengs det en arm som binder de to grønne halvsirklene sammen, samtidig som armen overfører bevegelse fra RC-servo til de to halvsirklene. Den settes sammen av delene som vises på Figur 6.29.



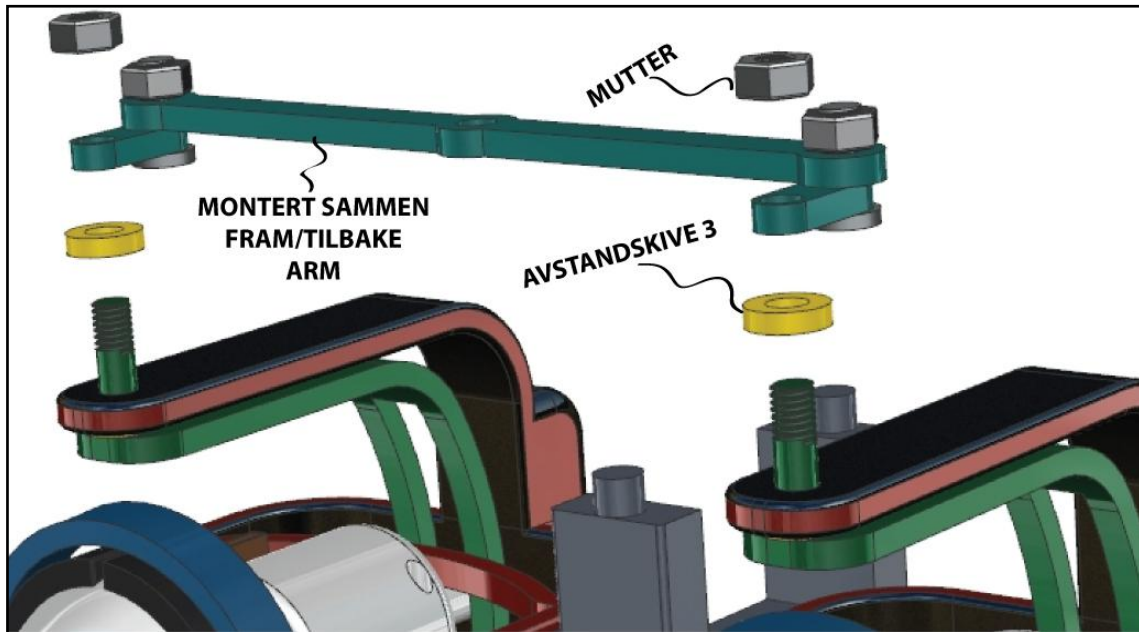
Figur 6.29: Montering av fram/tilbake arm

Hendel/Stag har to hull (diameter 3 mm) og hendel/stag2 har tre hull (diameter 3 mm). Bolten (diameter 3 mm og lengde 7 mm, med M3 gjenger på 2,7 mm) er også her utformet slik at rotasjon om den er mulig, da det blir en glippe mellom mutteren og hendelen.



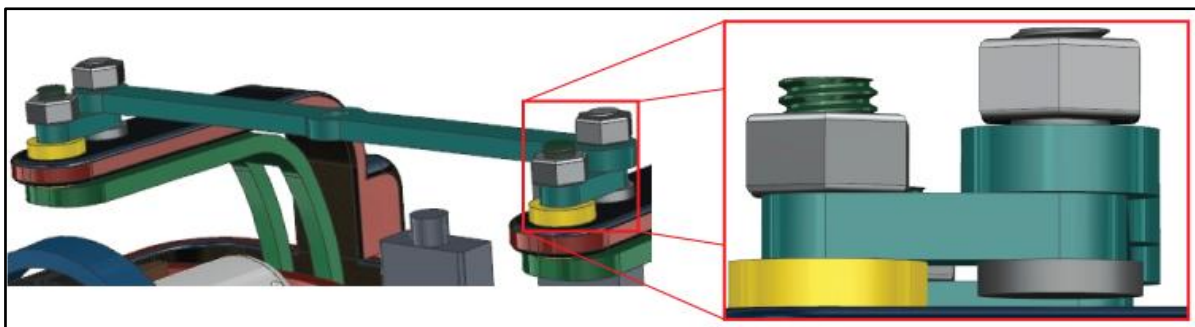
Figur 6.30: Fram/tilbake arm montert sammen

Armen festes så til de to grønne halvsirklene. Avstandskiver (1,5 mm tykke) og to M3 muttere blir brukt for å få dette til (se Figur 6.31).



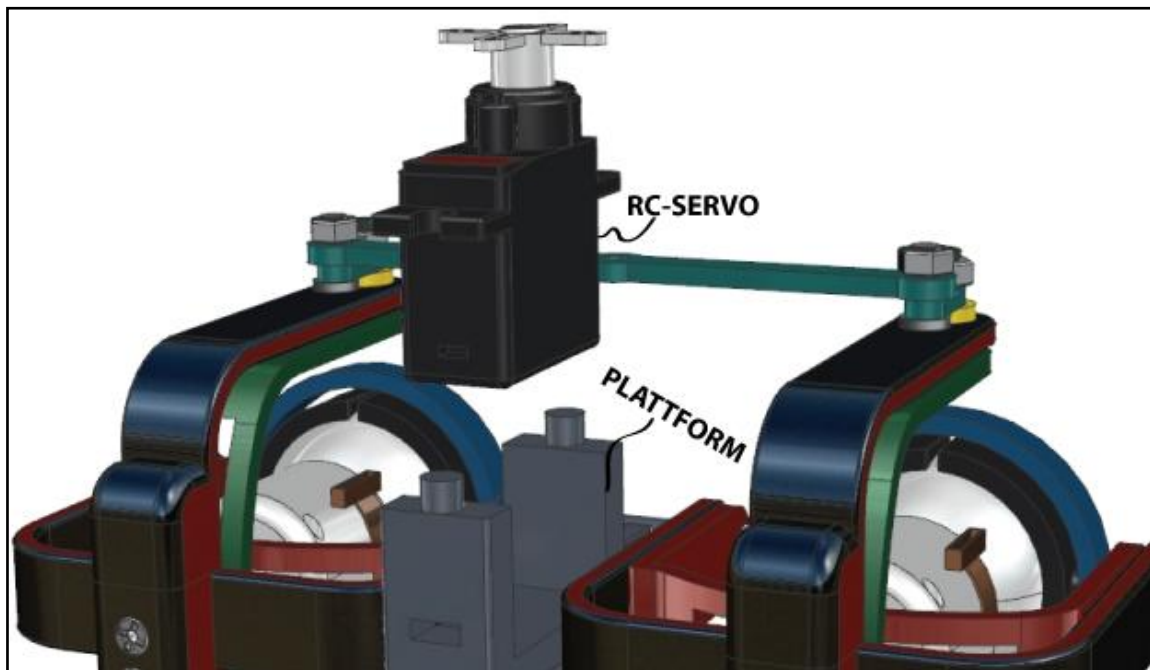
Figur 6.31: Fram/tilbake arm festes til de to grønne halvsirklene

Hendel/stag er festet fast til grønhalvsirkel, bakkdelen av armen har muligheten til å rotere om bolten. Slik blir overføring av bevegelse mulig, og de grønne halvsirklene vil bevege seg synkront.



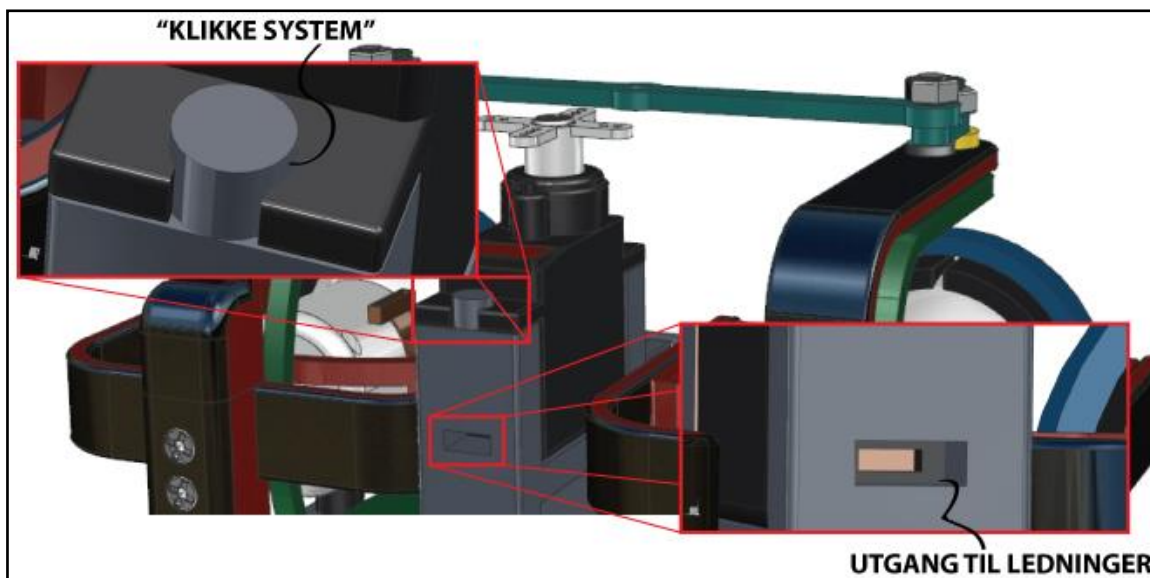
Figur 6.32: Fram/tilbake arm festet til de to grønne halvsirklene

For å overføre bevegelser trengs det en RC-servo (Futaba S3153MG[12]) som plasseres i plattformen slik Figur 6.33 viser.



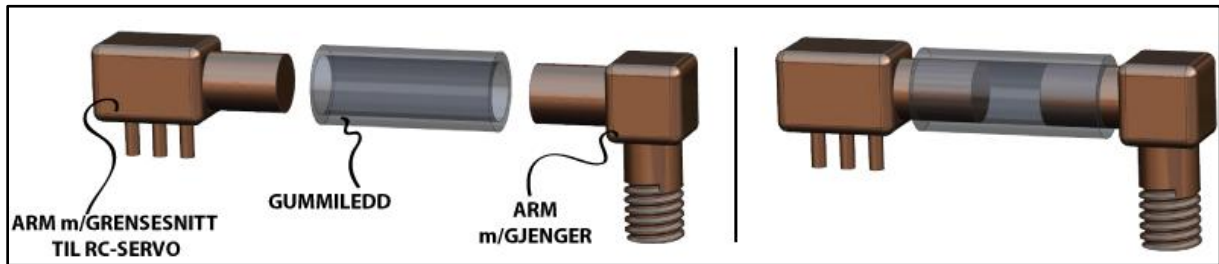
Figur 6.33: RC-servo som kontrollerer fram tilbake bevegelser festes til plattform

Uformingen av plattformen gjør at RC-servoen enkelt kan klikkes på. I plattformen er det også et spor som gjør at det er mulig å koble ledninger til RC-servoen. (se Figur 6.34)



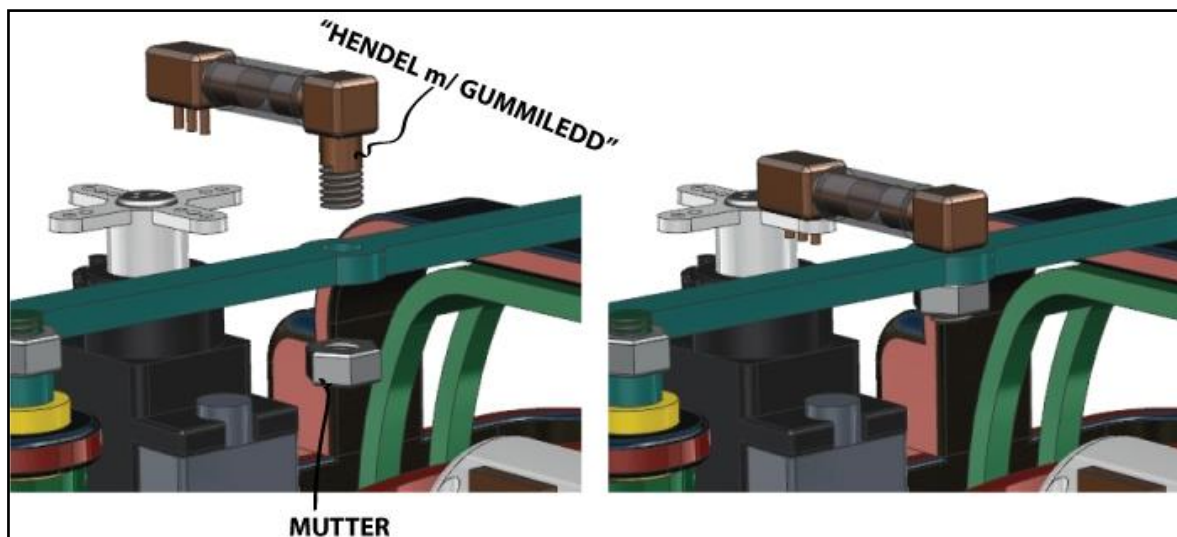
Figur 6.34: Detaljer av plattform

For å overføre bevegelser fra motor til armen som binder de grønne halvsirklene sammen trengs det en "hendel m/ gummiledd"



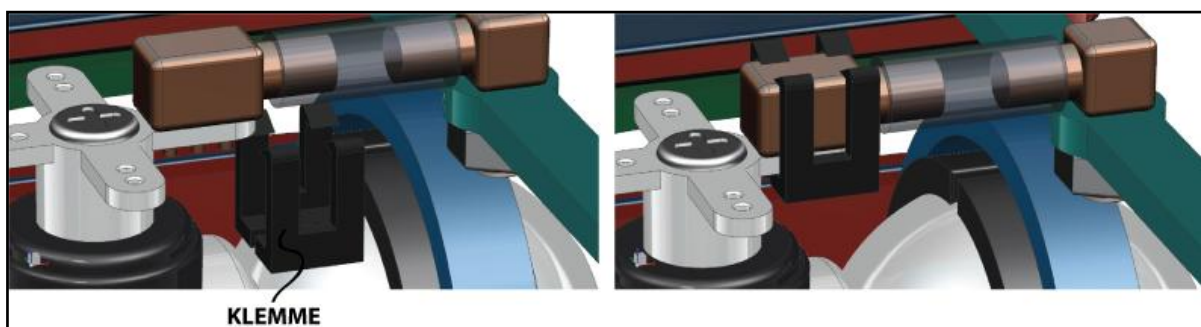
Figur 6.35: Oppbygning av "hendel m/ gummiledd"

Hendelen består av to forskjellige "armer" bundet sammen av et gummiledd (se Figur 6.35). Den ene armen passer med RC-servoens og den andre er utstyrt med gjenger (størrelse: M3, lengde 3 mm)



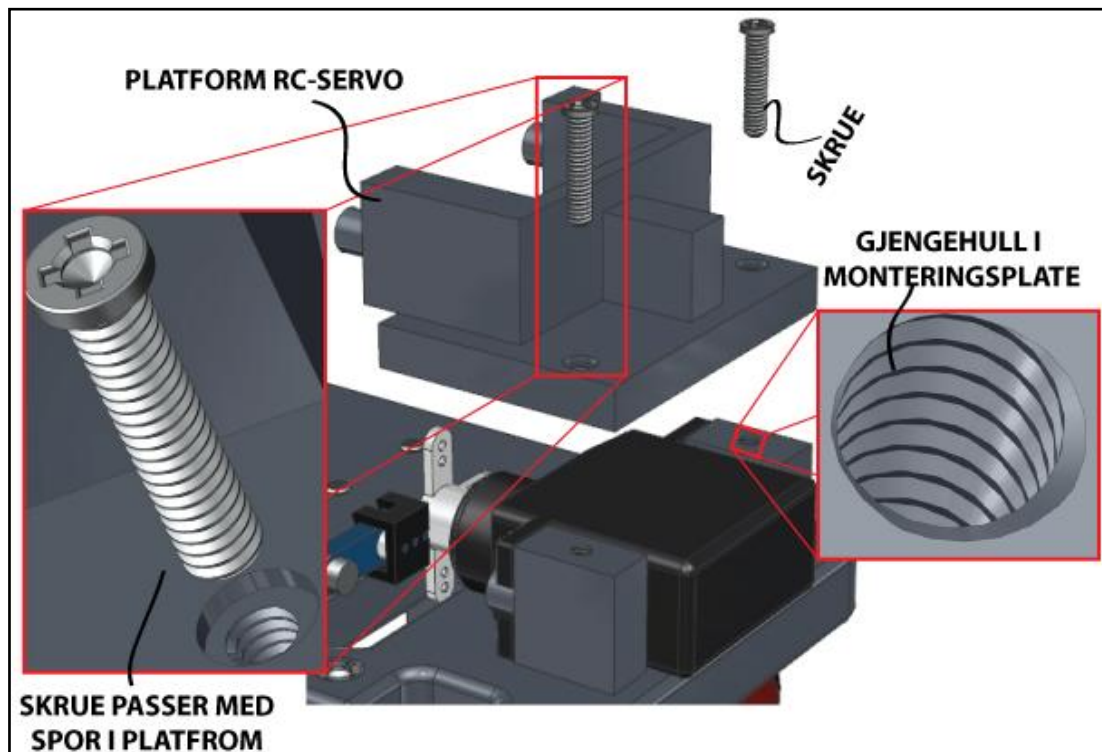
Figur 6.36: "Hendel m/ gummiledd" festes til fram/tilbake arm og RC-servo

"Hendelen m/ gummiledd" festes til RC-servoens og fram/tilbake armen, slik at overføringen av motorkraft til bevegelse blir mulig. Det blir brukt en klemme og en mutter (størrelse: M3) for å få dette til (se Figur 6.36 og Figur 6.37).



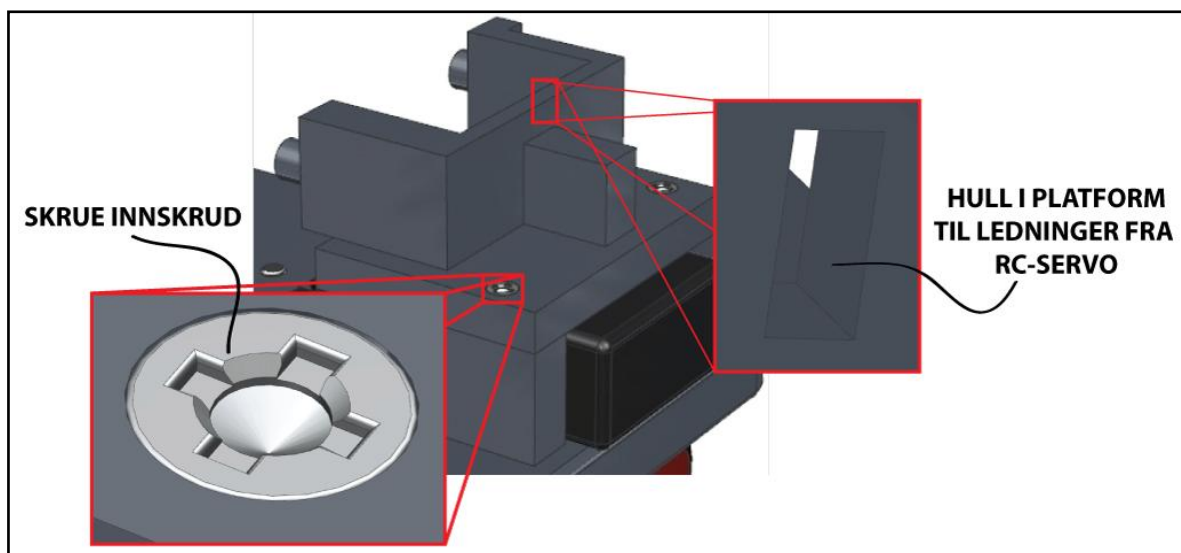
Figur 6.37: Klemme festes på "Hendel m/ gummiledd"

Opp/ned bevegelsen trenger også en motor (for å kontrollere bevegelsen). Først festes en plattform til monteringsplaten slik Figur 6.38 viser. To skruer (størrelse M2, lengde 9.4 mm) passer med gjenger (størrelse M2, lengde 6 mm) i monteringsplaten.



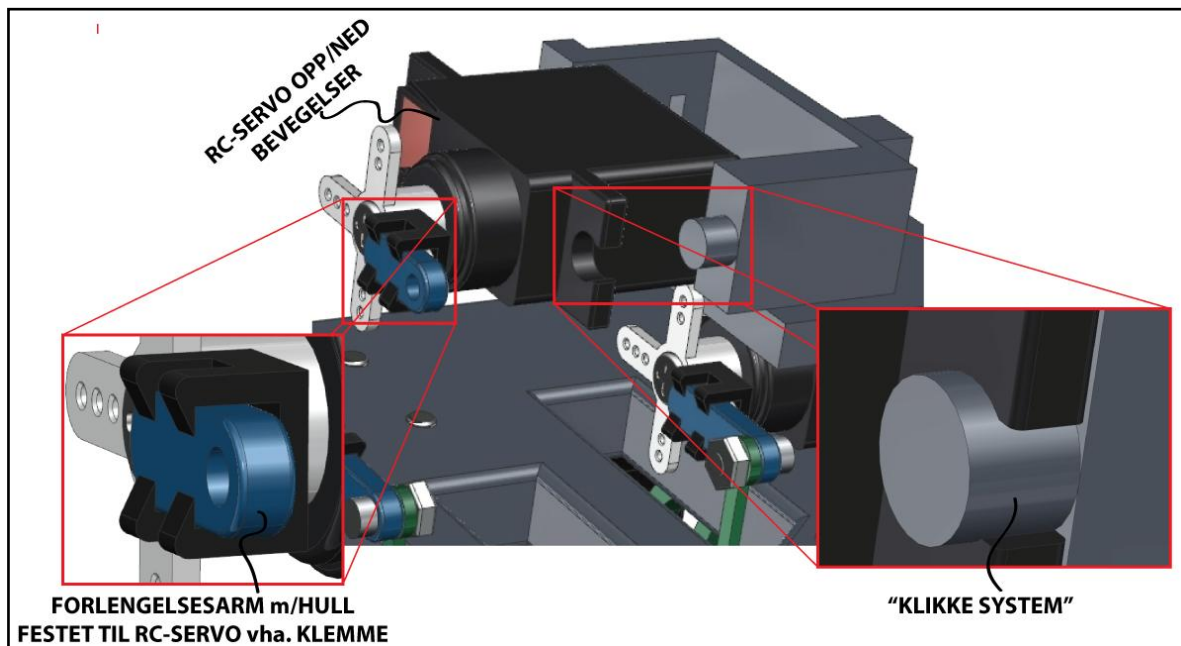
Figur 6.38: Plattform (til RC-servo som styrer opp/ned) festes til monteringsplate

I plattformen er det hull hvor det er mulig å feste ledninger som skal gå inn til RC-servoen (se Figur 6.39).



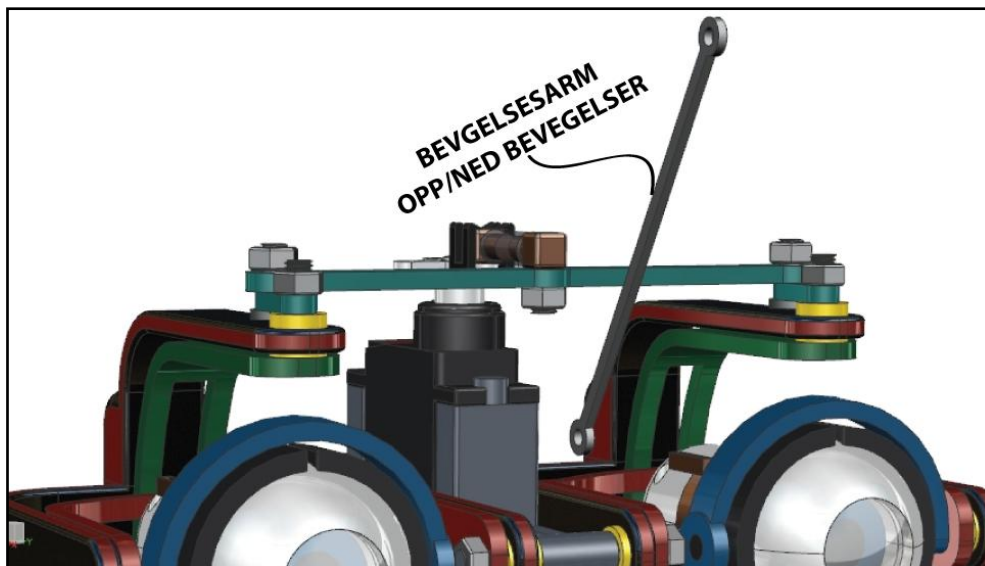
Figur 6.39: Detaljer i plattform utforming

RC-servoen (Futaba S3153MG[12]) festes så til plattformen (se Figur 6.40). RC-servoen er bygget opp på samme måte som de som styrer øyelokk, men forlengelsesarmen er noe kortere.



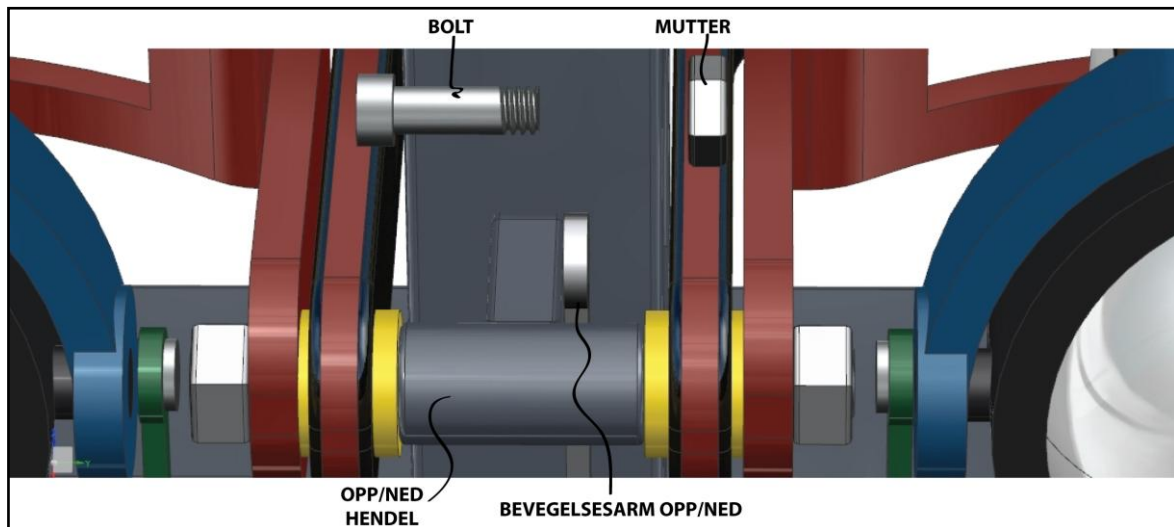
Figur 6.40: RC-servo til opp/ned bevegelser festes

Det er nødvendig med en bevegelsesarm for å gjøre det mulig å overføre bevegelse mellom motor og de to røde halvsirklene. Denne føres inn slik som vist på Figur 6.41. Bevegelsesarmen har et hull i hver ende (diameter 2 mm).



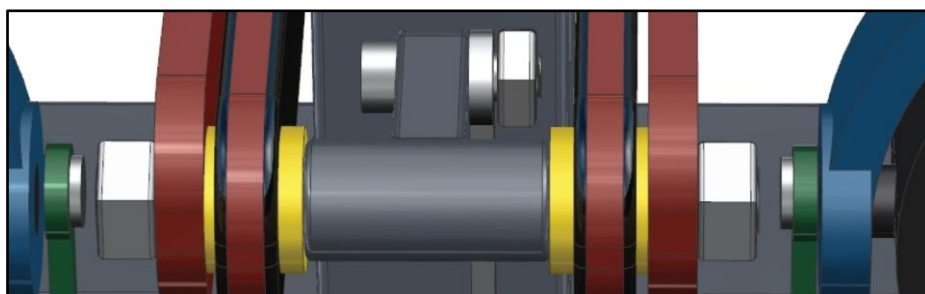
Figur 6.41: Bevegelses arm føres inn

Bevegelsesarmen festes til opp/ned hendelen ved hjelp av en bolt (diameter 2mm og lengde 6 mm, med M2 gjenger på 1,8 mm) og en M2 mutter (se Figur 6.42).



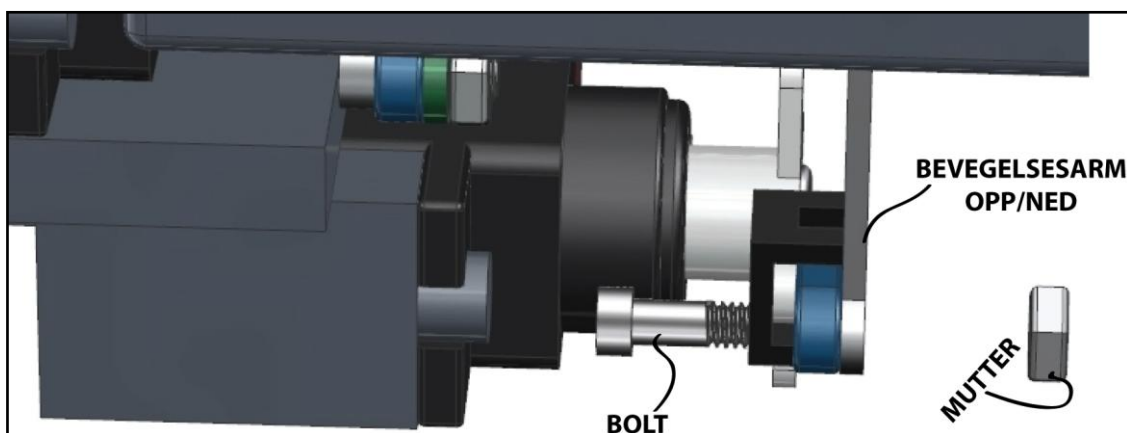
Figur 6.42: opp/ned hendel og bevegelsesarm festes sammen

Bolten er utformet slik at rotasjon om den er mulig.



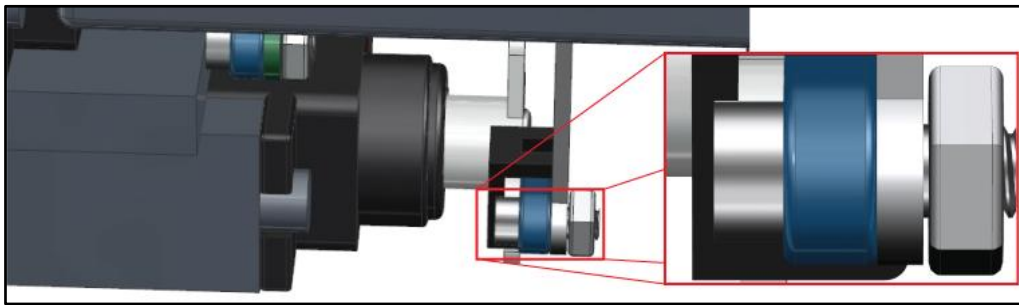
Figur 6.43: Bolt festet til bevegelsesarm og opp/ned-hendel

Bevegelsesarmen festes så til RC-servoen ved hjelp av en bolt (diameter 2 mm og lengde 5 mm, med M2 gjenger på 1,9 mm) og en M2 mutter.



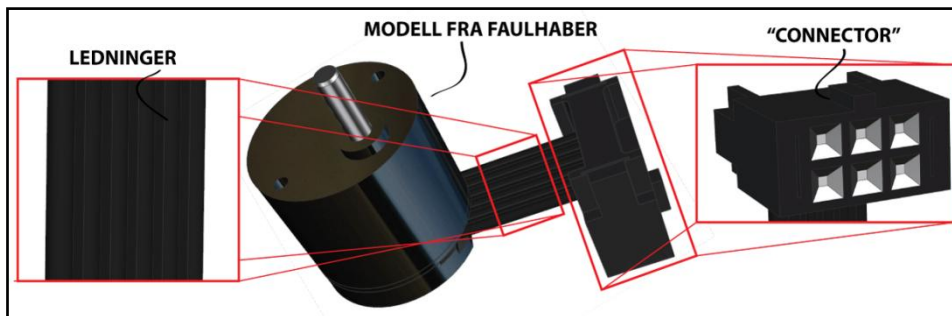
Figur 6.44: Bevegelsesarm og RC-servo festes sammen

Det er mulig med rotasjon om bolten.



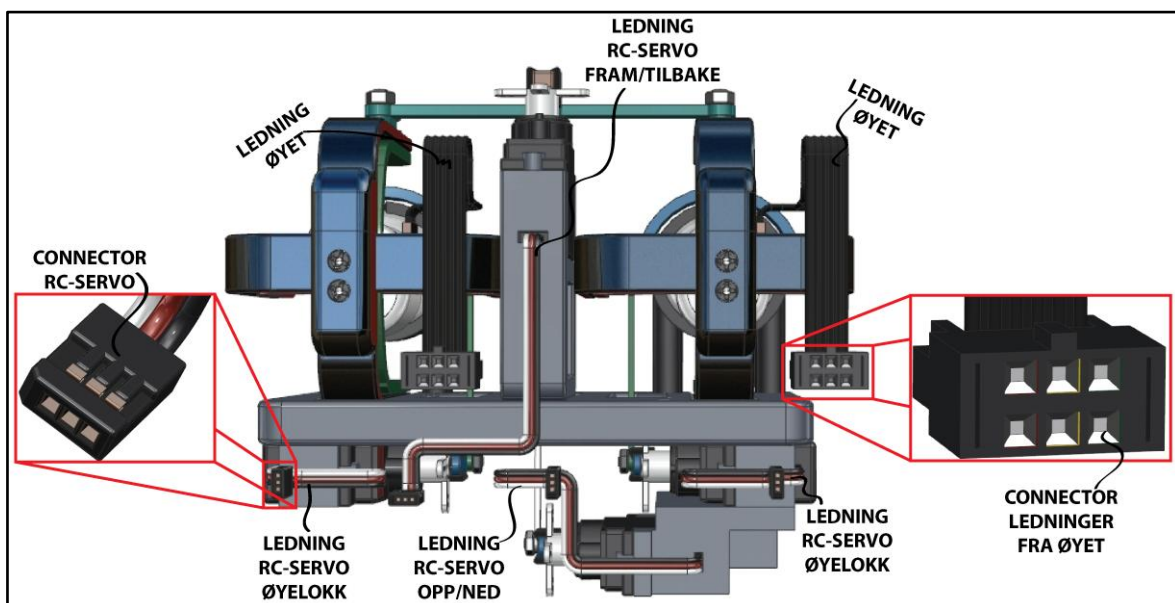
Figur 6.45: Bolt festet til bevegelsesarm og RC-servo

Det ble lastet ned en modell fra Faulhaber sine hjemmesider[24] av en lik motor som blir brukt til irisblending, men som også inneholdt en "connector" og ledninger (se Figur 6.46). Ut i fra denne modellen ble det gjort mål. Ledninger og connector ble modellert opp og plassert i modellen (se Figur 6.47).



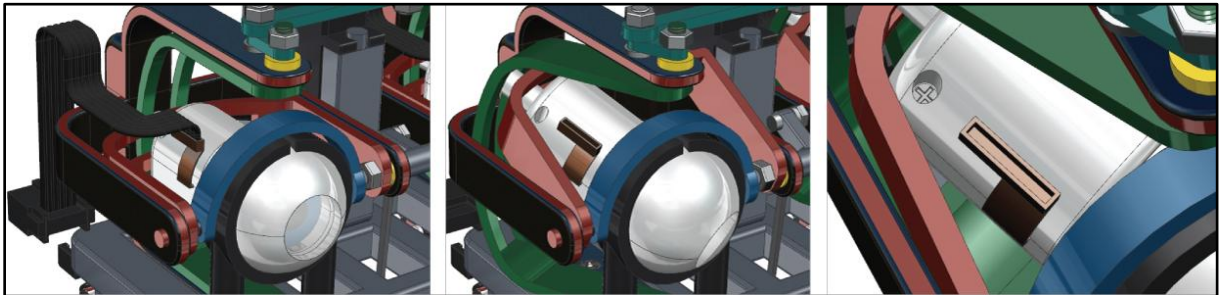
Figur 6.46: Modell av motor hentet fra faulhaber.com

Målene på connectoren og ledningene til RC-servoen er oppdiktet etter bilde fra internett[25].



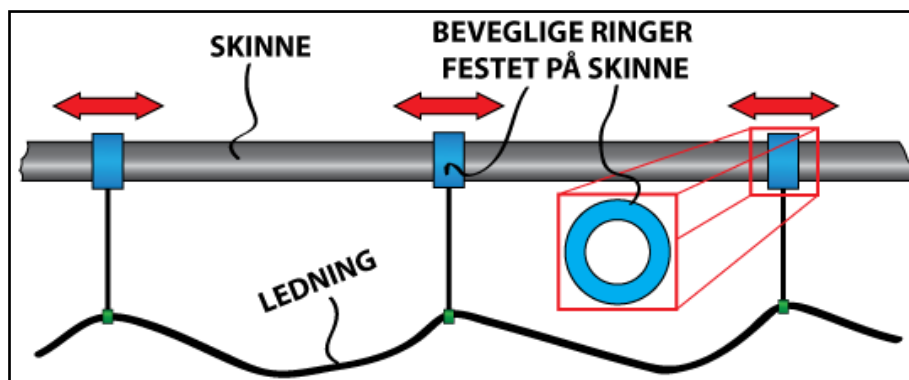
Figur 6.47: Ledninger

Ledningen som går inn i øyet må kunne følge øyets bevegelser. Utgangen av det strømførende materialet er derfor plassert slik at ledningen som går inn i øyet kan følge dets bevegelser, uten at det blir forstyrret av de to roterende halvsirklene (se Figur 6.48).



Figur 6.48: Ledninger til øyet

En tanke kan være å ha en skinne hvor bevegelige sirkler er festet. I disse ringene er ledningene festet. Når øyet beveger seg vil det trekke ringene fram og tilbake på linjen. Slik kan det være mulig for øyets ledninger å passivt følge dets bevegelser (se Figur 6.49).



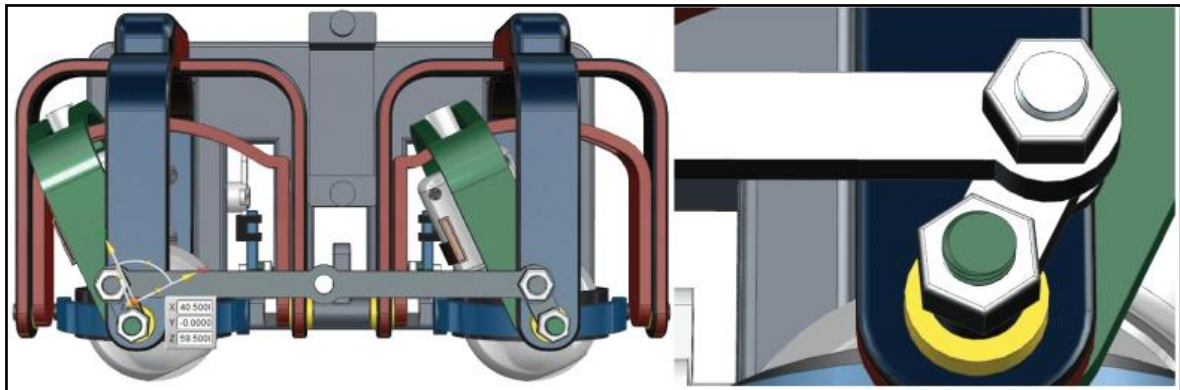
Figur 6.49: Ledninger på skinne

6.2 Bevegelser

Det er nødvendig å undersøke om den ferdige NX-modellen gir riktige bevegelser. Det må også sees på hvordan bevegelsene til de forskjellige stagene og armene fungerer. Dette for å sjekke at stagene/armene ikke kolliderer med noen andre komponenter.

6.2.1 Fram/tilbake arm

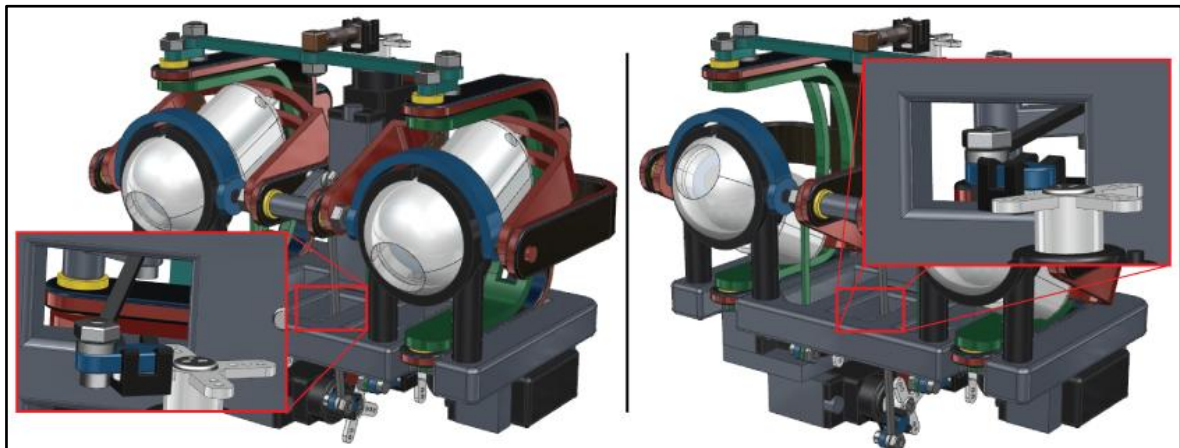
Fra Figur 6.50 er det mulig å se at fram/tilbake armen kan beveges 30 grader uten å bli forstyrret.



Figur 6.50: Fram/tilbake bevegelse

6.2.2 Opp/ned hendel og bevegelsesarm

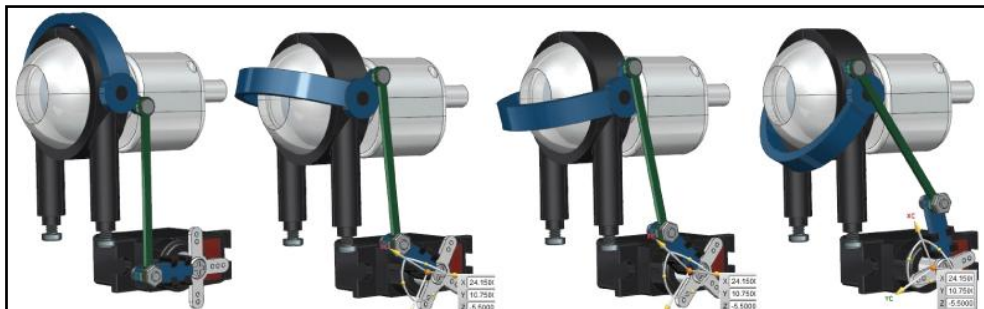
På Figur 6.51 er det mulig å se at bevegelsesarmen (den som styrer opp/ned bevegelser) har muligheten til å overføre 30 grader bevegelse både opp og ned. Bevegelsesarmen beveger seg dessuten fritt i alle posisjoner gjennom hullet i monteringsplaten.



Figur 6.51: Opp/ned bevegelse

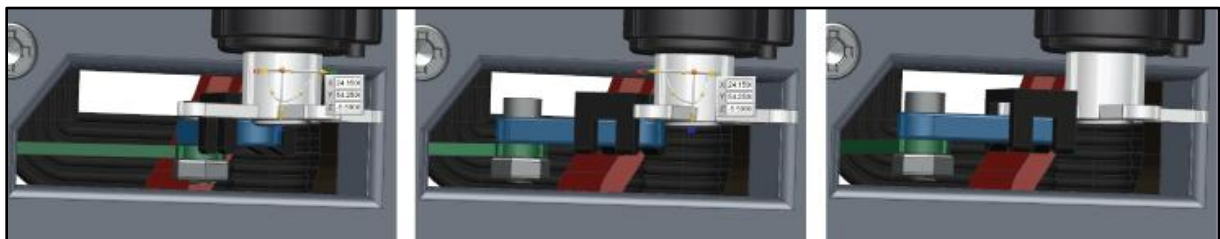
6.2.3 Øyelokk og bevegelsesarm

Av Figur 6.52 er det klart at bevegelsesarmen gir korrekt bevegelse til øyelokk, og armen gjør det også mulig å åpne og lukke øynene.



Figur 6.52: Øyelokk bevegelse

Av Figur 6.53 er det klart at også RC-servoen og bevegelsesarmen beveger seg fritt gjennom hullet i monteringsplaten.



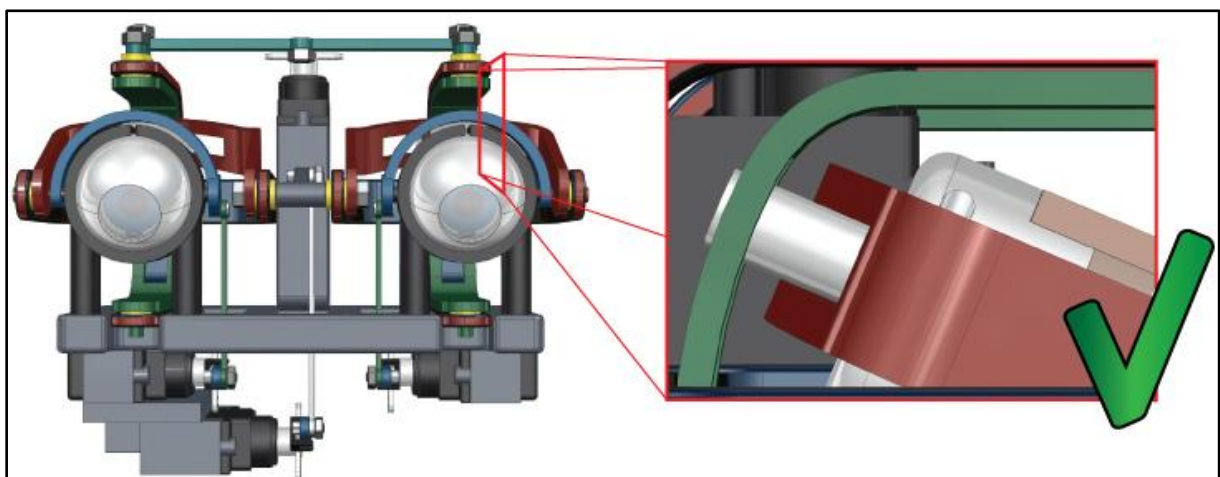
Figur 6.53: Bevegelses arm og RC-servo i forhold til hull i monteringsplate

6.2.4 Bevegelser i forhold til øye og halvsirkler

Det har tidligere blitt sett på hvordan øyet har muligheten til å bevege seg i forhold til kule-i-kule-leddet (se avsnitt 5.6). Det er også nødvendig å se på forholdet mellom øyet og halvsirklene når øyet beveger seg de ønskede 23 gradene.

6.2.4.1 23 grader nedover

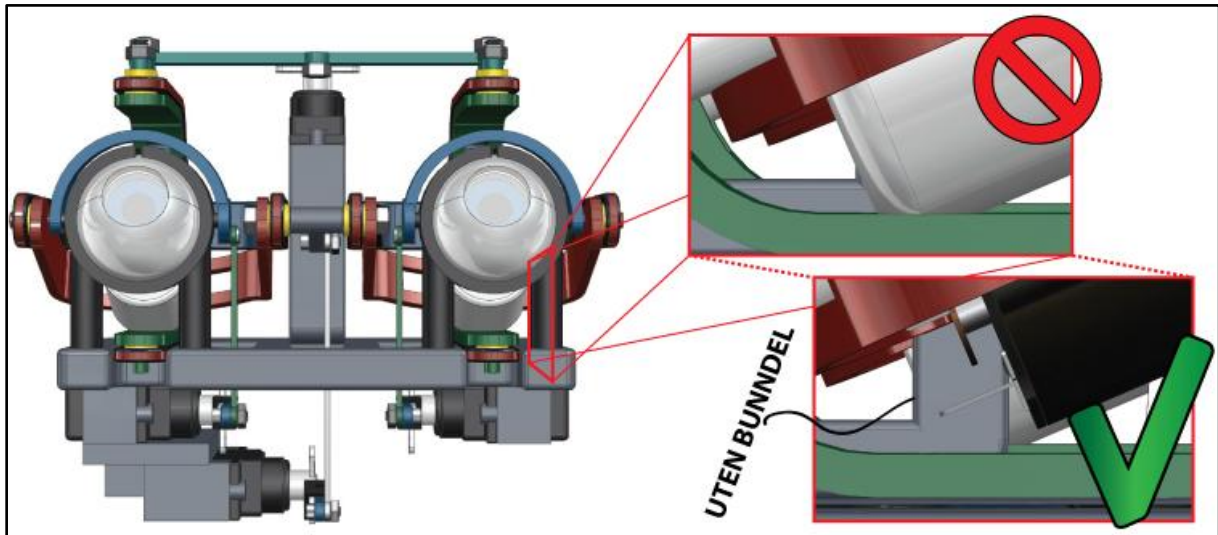
23 grader nedover går uten at øyet går inn i noen av halvsirklene.



Figur 6.54: 23 grader nedover

6.2.4.2 23 grader oppover

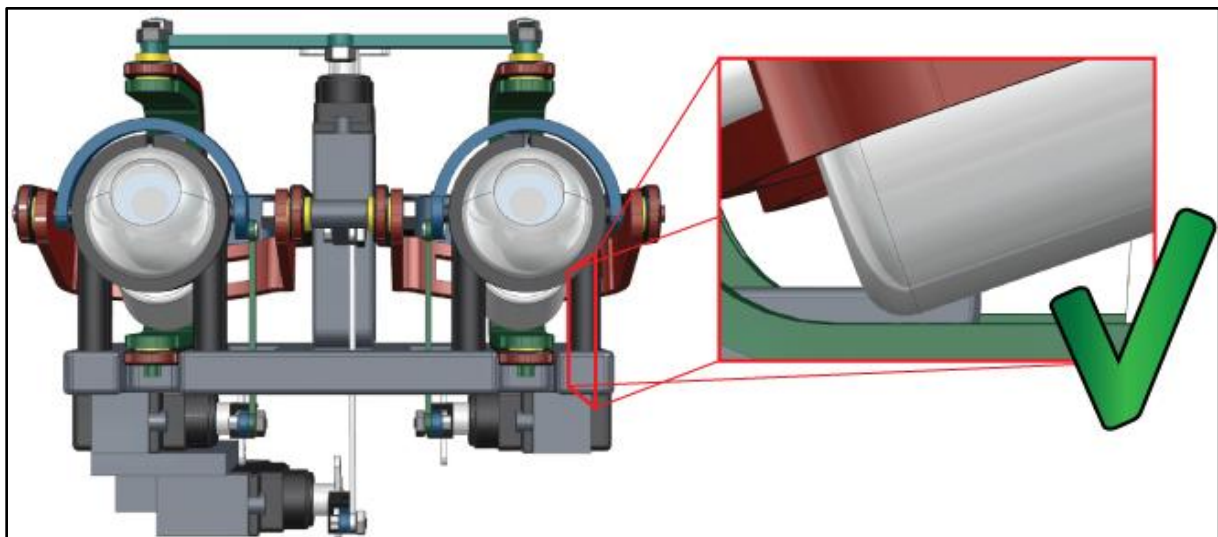
Når øyet beveger seg 23 grader oppover, vil øyets bunndel komme i konflikt med den grønne halvsirkelen. Dersom bunndelen fjernes vil derimot ingen av øyets komponenter komme i konflikt med den grønne halvsirkelen (se Figur 6.55). En løsning på dette problemet kan derfor være å ha en noe annen utforming av bunndelen og toppdelen av øyet. Eventuelt kan den grønne og røde halvsirkelen gjøres noe større.



Figur 6.55: 23 grader oppover

6.2.4.3 19 Grader oppover

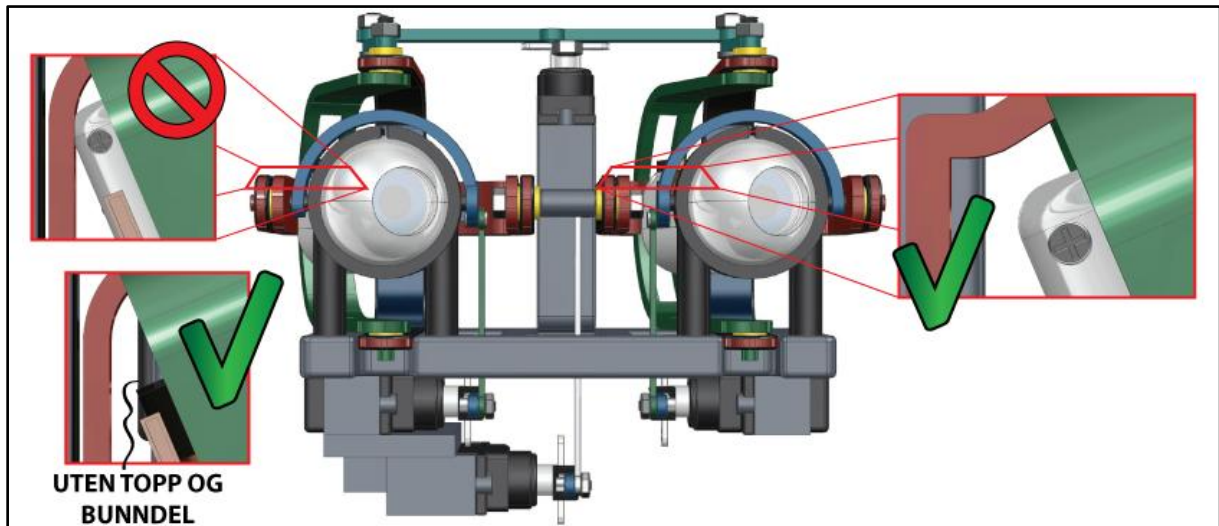
19 graders bevegelse oppover er mulig med nåværende utforming av bunndel.



Figur 6.56: 19 grader oppover

6.2.4.4 23 grader til siden

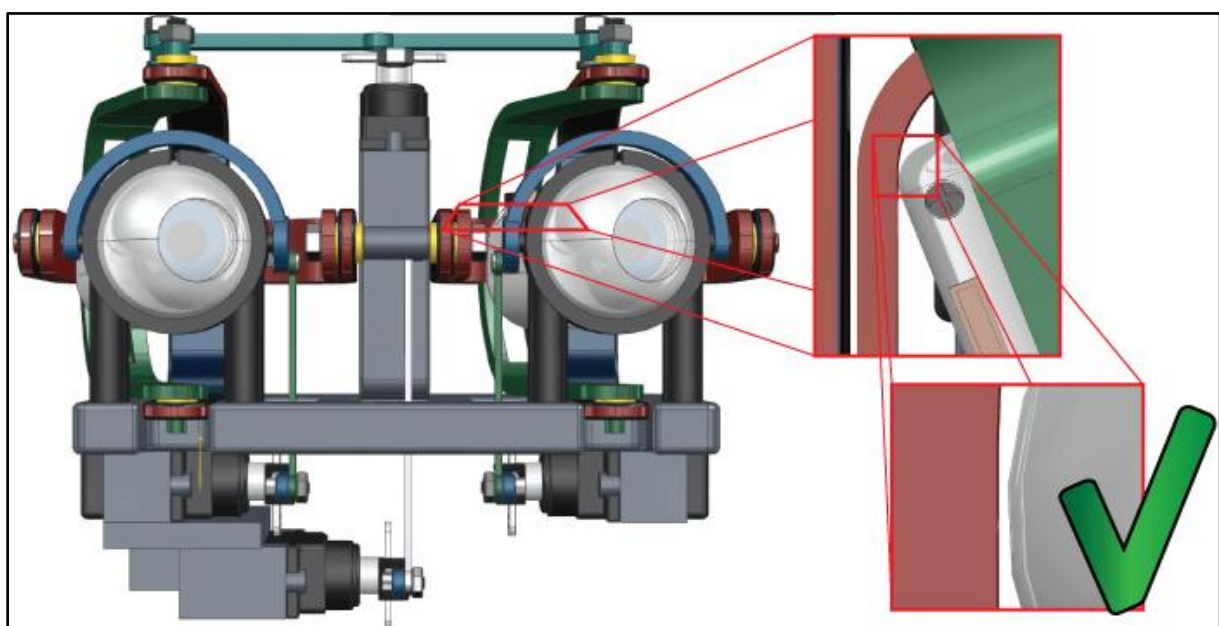
Når øyet beveger seg 23 grader til siden, vil det ene øyets bunndel/toppdel komme i konflikt med den røde halvsirkelen. Derimot på det andre øyet vil dette ikke skje (på grunn av asymmetrisk utforming av rød halvsirkel og bur). Hvis man fjerner bunndel/toppdel, kommer ingen av øyets komponenter i konflikt med rød halvsirkel, se Figur 6.57. En løsning på dette problemet kan derfor også være å ha en noe annen utforming av bunndelen og toppdelen av øyet.



Figur 6.57: 23 grader til siden

6.2.4.5 22 grader til siden

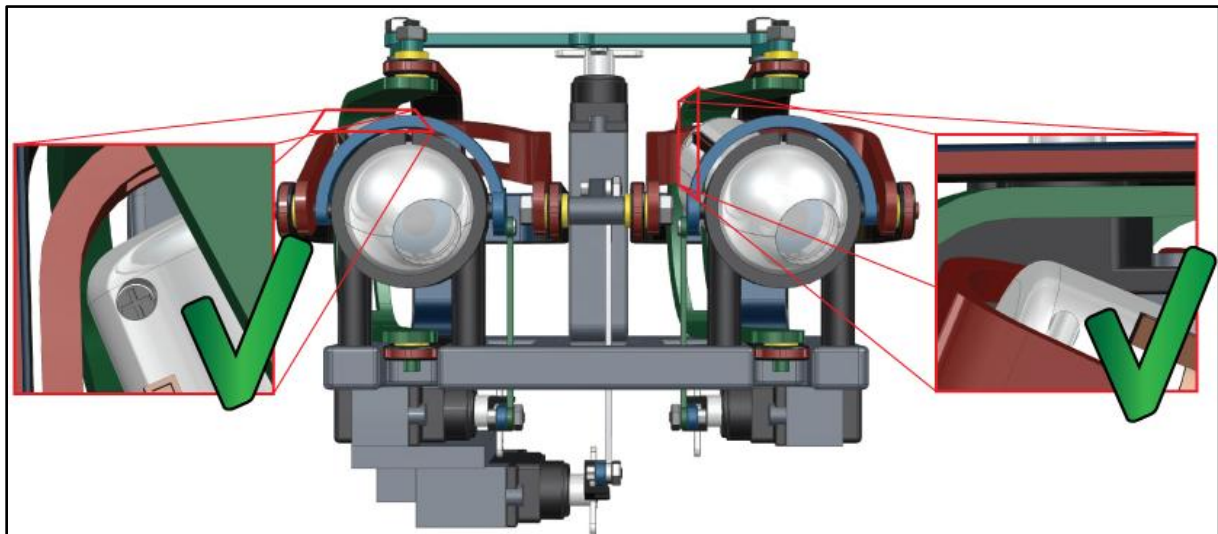
Å bevege øyet 22 grader til siden, lar seg akkurat gjøre.



Figur 6.58: 22 grader til siden

6.2.4.6 23 grader nedover og 23 grader til siden

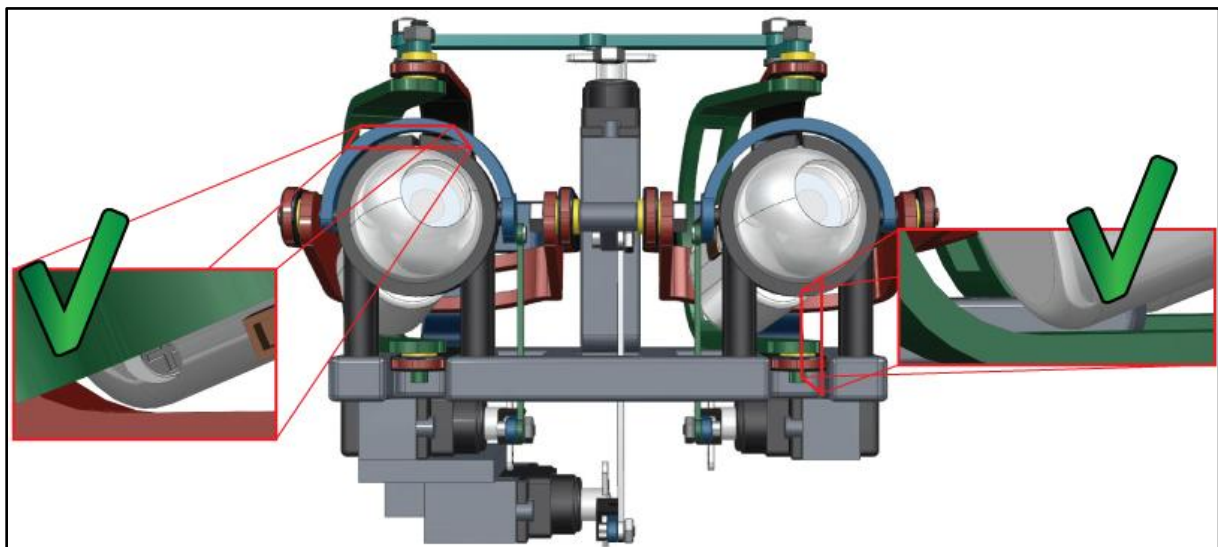
Det er mulig å bevege øyet 23 grader nedover samtidig som det beveger seg 23 grader til siden



Figur 6.59: 23 grader nedover og 23 grader til siden

6.2.4.7 21 grader oppover og 21 grader til siden

Det er mulig med bevegelse 21 grader oppover samtidig som øyet beveger seg 21 grader til siden



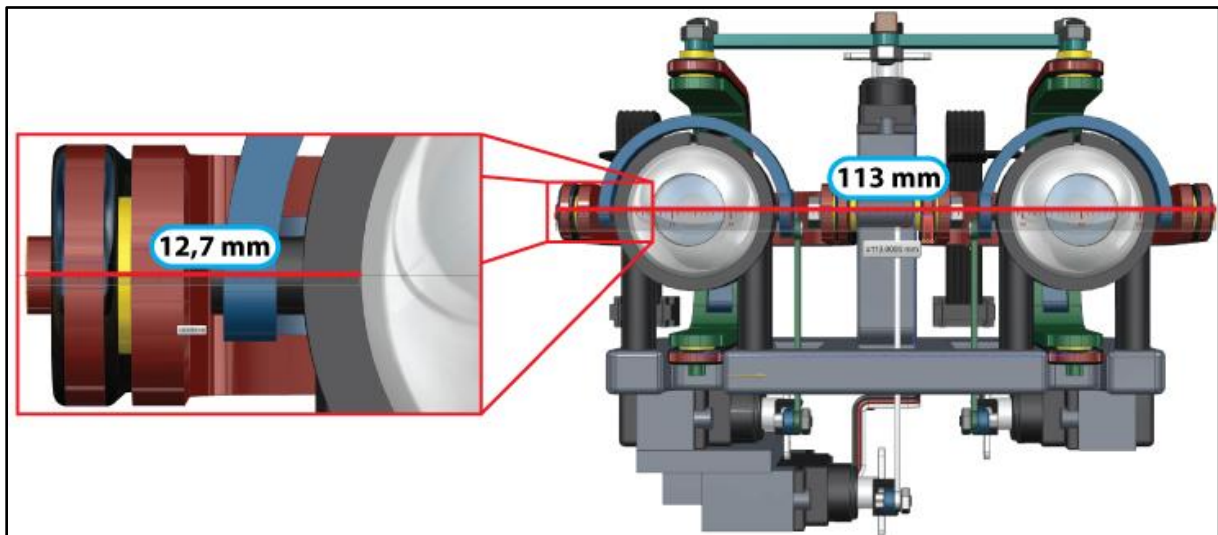
Figur 6.60: 21 grader oppover og 21 grader til siden

6.3 Størrelse

Det er nødvendig å se på hvor stor den ferdige modellen vil komme til å bli om den skal bli bygget. Dette for å se om den kan plasseres inne i et hode.

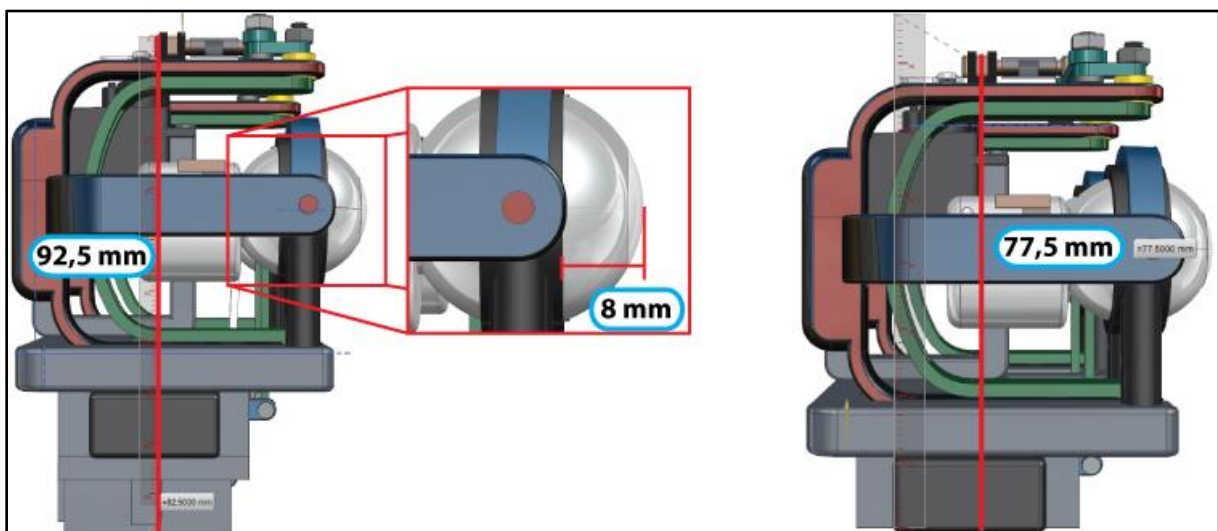
6.3.1 Mål i NX

NX gir deg muligheten til å se på avstander. Modellen er 113 mm på det lengste. Avstanden fra kule-i-kule leddets indrekant ut til enden av modellen er 12,7 mm



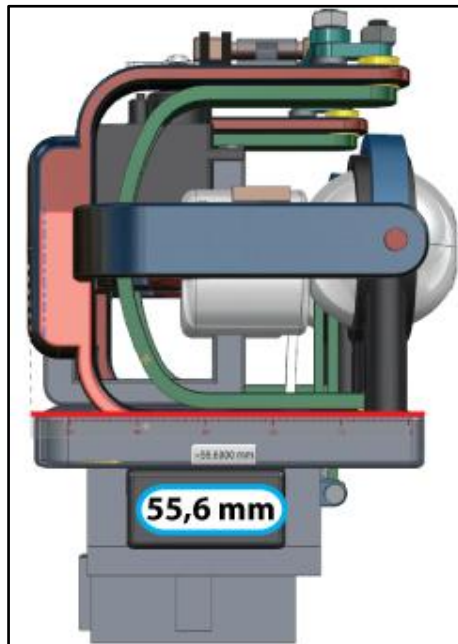
Figur 6.61: Lengde av NX-modell

Modellen er 92,5 mm høy på det høyeste med alle komponentene montert, uten RC-servo som styrer opp/ned bevegelser vil den være 77,5 mm høy. Øyet stikker 8 mm ut fra kule-i-kule-leddet.



Figur 6.62: Høyde av NX-modell

På det bredeste (uten delen av øyet som stikker ut fra kule-i-kule-leddet) vil modellen være 55,6 mm.



Figur 6.63: Bredder av NX-Modell

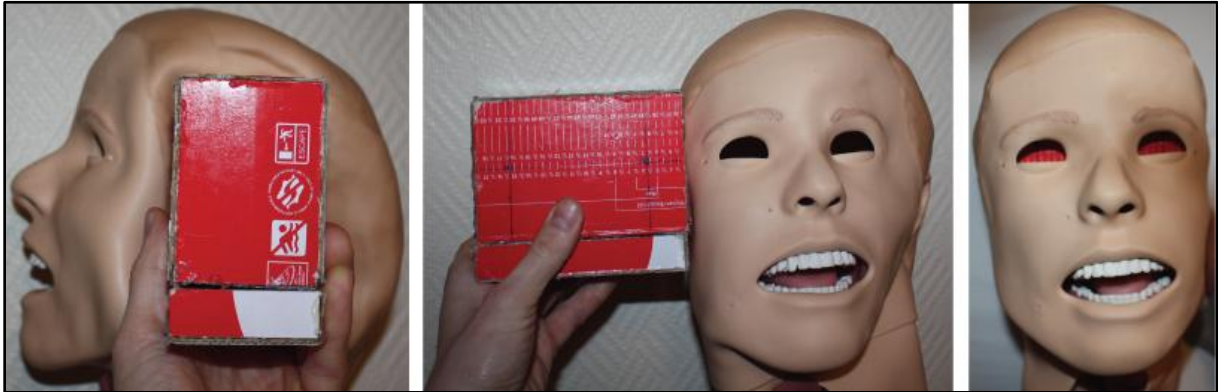
6.3.2 Boks i forhold til dukkehode

Det ble konstruert opp en boks etter modellens ytre mål. Det betyr at hele modellen ville fått plass i boksen på Figur 6.64. Boksen er konstruert slik at den kan brukes både med eller uten RC-servo til opp/ned bevegelse. De sorte prikkene på figuren er en indikasjon på hvor senterpunktet av øyet vil ligge.



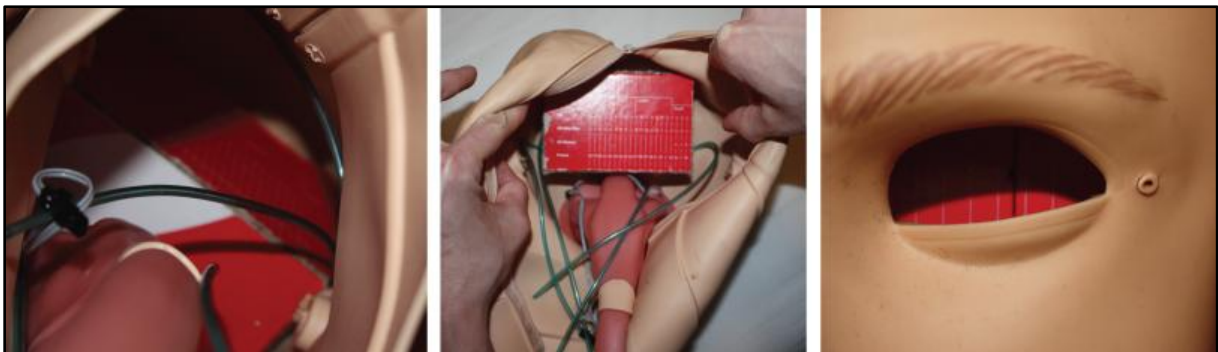
Figur 6.64: Boks konstruert opp etter modellens ytre mål

Boksen ble sjekket opp mot det dukkehodet som ble lånt av Laerdal. På Figur 6.65 kan boksen sees i forhold til dukken, både på utsiden og plassert inne i dukkehodet.



Figur 6.65: Boks i forhold til hode, både på utsiden og innsiden av dukkehode

På Figur 6.66 er det mulig å se noen mer detaljerte bilder av figuren plassert inne i dukkehodet.



Figur 6.66: Detaljbilder av boks inne i dukkehode

7 Konklusjon og videre arbeid

Det har gjennom arbeidet med denne masteroppgaven blitt utviklet en fungerende 3D-modell av et konsept for øyer til gjenopplivningsdukker. Av modellen går det fram at øynene vil kunne bevege seg synkront i alle de ønskede retningene (opp, ned, fram og tilbake).

Det vil også være mulig med individuell åpning og lukking av øyelokk. Bevegelsene til øynene og øyelokkene kan styres ved hjelp av 4 motorer av typen "Futaba S3153MG". Dette er RC-servo motorer som vil gi presise bevegelser. Øyelokket og øyets bevegelser er mulig å programmere.

Øynene er utformet slik at det er plass til irisblending. Denne fungerer blant annet ved hjelp av en blender og en motor av typen "Faulhaber 1512". Det er også plass til en lyssensor i løsningen, som gjør det mulig å få irisblendingen til å reagere på lys.

Øyet oppleves fra utsiden av dukken som et normalt (menneskelig) øye med en diameter på 24 mm, og avstanden mellom pupillene vil være 65 mm når blikket er rettet rett fram.

Det må derimot gjøres noen endringer for at konseptet skal klare å oppfylle kravet om at øynene skal bevege seg 5 mm i alle retninger. Testene i NX viste at dette *nesten* lot seg gjøre. Men ved mindre justeringer av bunndel og toppdel, eller ved å øke størrelsen på rød og grønn halvsirkel, vil dette være mulig. Slike justeringer ble det ikke tid til i arbeidet med denne masteroppgaven. For skal en del i NX modellen oppdateres, må de andre delene også tilpasses for at alt skal passe sammen. Noe som er tidkrevende.

I denne oppgaven ble det ikke anledning til å lage en prototype, men det er klart at delene er utformet slik at montering vil være mulig. Konseptet får dessuten plass inn i et hode i 1-1 størrelse, og da vil det også være plass igjen.

Hvis det skal arbeides videre med konseptet, er det noen områder det er viktig å se nærmere på. Kule-i-kule-leddet må blant annet testes for å undersøke om det er robust nok til å holde på øyet når det beveger seg. Dette kan gjøres ved at man lager en enkel funksjonsmodell som består av leddet og øyet. For at friksjonen og slitasjen mellom leddet og øyet skal bli så liten som mulig, må det også undersøkes hvilke materialer som er best egnet i en eventuell produksjon av disse to. Hvis man skal lage en prototype, må det dessuten sees nærmere på materialvalget for de øvrige delene også.

Dessuten må det gjøres en styrkeberegning av viktige komponenter, og fordi konseptet inneholder så mange deler vil det være nødvendig å gjøre en toleranseberegning. Dette for å undersøke om de ulike delene passer godt sammen, eller om delens størrelse må endres noe, for å få bevegelsene til å gå med lav friksjon og forhindre unødvendig bruk av motorkraft.

Hvorvidt konseptet vil tåle røff behandling (militæret), bør spesifiseres og testes ut i en mye større grad. I denne oppgaven hadde ikke Laerdal mulighet til å oppgi konkrete verdier for hva konseptet måtte tåle av behandling. Dersom konseptet skal produseres, vil det være nødvendig å få disse verdiene spesifisert slik at konseptet kan testes opp mot disse. Det er imidlertid verdt å merke seg at gummeledd kan være med på å dempe skadene ved trykk og berøring utenfra.

Om det er mulig å oppdrive mindre standardkomponenter (f.eks. blender og motorer), kan det være nyttige, da dette vil føre til at konseptet vil bli mer kompakt.

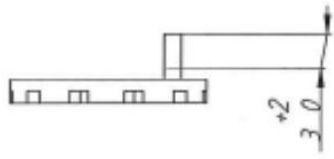
8 Kilder

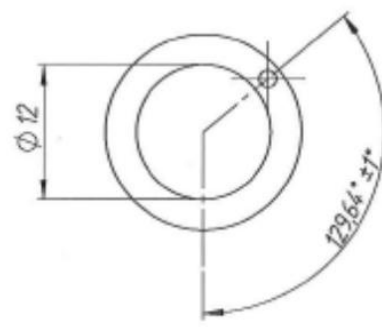
1. Arntsen, M.R., *Utvikling av konsept for bevegelige øyne til bruk i gjenopplivingsdukker*. Prosjektoppgave, NTNU, høst 2011, 2011.
2. Grave, J.H.L., *TMM4121 Produktutvikling* 2010.
3. Sobotta, J., *Sobotta/atlas of Human Anatomy/volume 1 Head, Upper Limb/Urban & Schwarzenberg*, ed. R.P.a. R.Pabst 1994.
4. Arntsen, M.R., *Egene undersøkelser gjort i samarbeid med medstudenter samt bruk av passiv observasjon* 2011.
5. <http://www.faulhaber.com>.
6. Medical, L., *Passiv observasjon i Laedal Medicals Lokaler, 31. Januar 2012*.
7. Medical, L., *Samtaler med Terje Vetaas hos Laerdal gjort under besøk 31. Januar 2012*.
8. http://www.societyofrobots.com/actuators_servos.shtml.
9. Vetaas, T., *Mail, 21 februar 2012*.
10. <http://www.futaba-rc.com/>.
11. <http://www.futaba-rc.com/servos/specs-lineart/specs-futm0513.html>.
12. <http://www.futaba-rc.com/servos/specs-lineart/specs-futm0652.html>.
13. http://www.igus.com/wpck/default.aspx?Pagename=xiros_A500&CL=US-en.
14. <http://spbusa.thomasnet.com/item/metric-series/flanged-shielded-metric-bearings/mf63zz>.
15. <http://www.sdp-si.com/>. Available from: <https://sdp-si.com/eStore/PartDetail.asp?Opener=Group&PartID=84782&GroupID=346>.
16. <http://www.sdp-si.com/>. <https://sdp-si.com/eStore/PartDetail.asp?Opener=Group&PartID=84505&GroupID=342>.
17. Faulhaber. http://www.faulhaber.com/uploadpk/EN_LM0830-01_MIN.pdf.
18. http://www.faulhaber.com/uploadpk/EN_1512_SR_DFF.pdf.
19. <http://www.alps.com/products/WebObjects/catalog.woa/E/HTML/Sensor/Position/RDC50/RDC506002A.html>.
20. <http://www.microfastenings.com/MachineScrewThreads.aspx#a2>.

21. http://www.faulhaber.com/uploadpk/1512_SR.zip.
22. <http://www.avagotech.com/pages/home/>. Available from:
<http://www.avagotech.com/docs/AV02-1169EN>.
23. <http://www.tingstad.no/default.asp>.
24. http://www.faulhaber.com/uploadpk/EN_1512_SR_IE2-8_DFF.pdf.
25. <http://www.jogja-aeromodelling.com/images/PX2873.jpg>.


9 Appendiks A

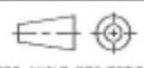

REVISIONS						
Drawing Rev.	ECO No.	DESCRIPTION/STATE OF ISSUE	ORIGINATOR	VERIFIED	APPROVED	
A	2093	Release	ErEl			
B1	2093	Angle and dimension changed	MaEk			
B	2093	Rev B1 approved	EmWi	<i>31-09-2009</i>	<i>MaEk</i>	<i>31-09-2009</i>

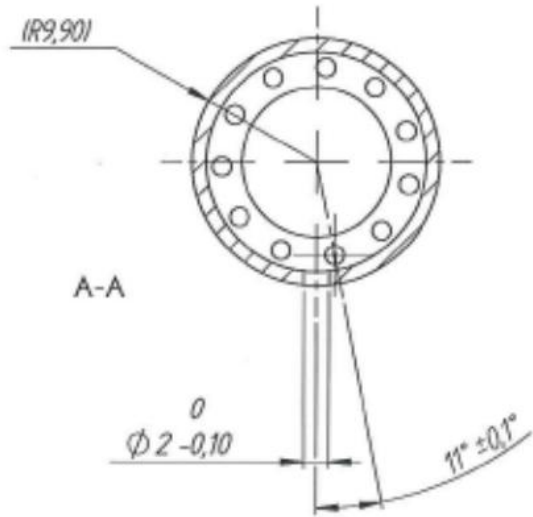
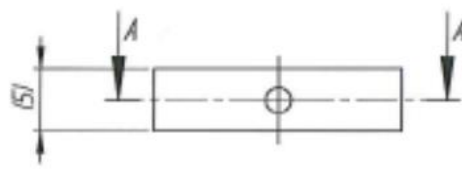




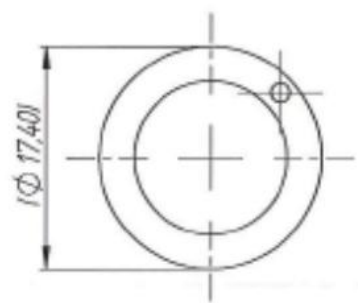
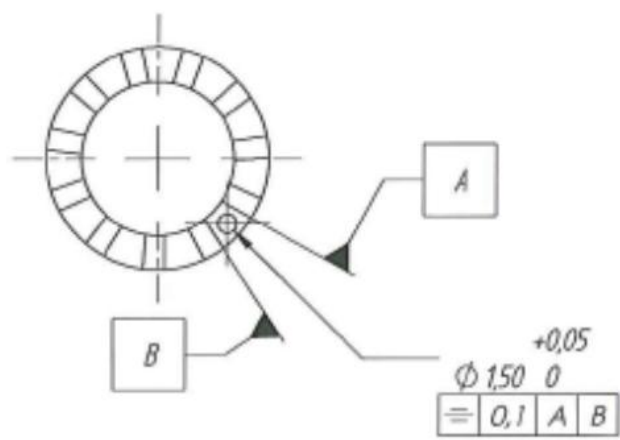
This angle is stated in fully open position (129,64 ± 1°)



TOLERANCES, UNLESS SPECIFIED: DECIMALS: N/A ANGLES: N/A STANDARD: N/A	 FIRST ANGLE PROJECTION DIMENSIONS IN MILLIMETERS	SIZE A4	SCALE 1:1	ORIG. DWN. DATE ErJo Godk	LAST MOD. DATE
THE INFORMATION CONTAINED HEREON IS PROPRIETARY TO LAERDAL AND SHALL NOT BE USED FOR ANY PURPOSE DECORIMENTAL TO OR BE REPRODUCED WITHOUT THE PERMISSION OF LAERDAL					Letter in triangle shows point of revision-change Circled dimensions are dimensions to be checked
FILE / ITEM REFERENCE 1367-2CD162-09			TITLE Eye blender		
PROD.GROUP No 212	TOOL No N/A	PART No N0730	DRAWING No PRO-DG01-0898	SHEET 1 of 3	Drawing Rev. B

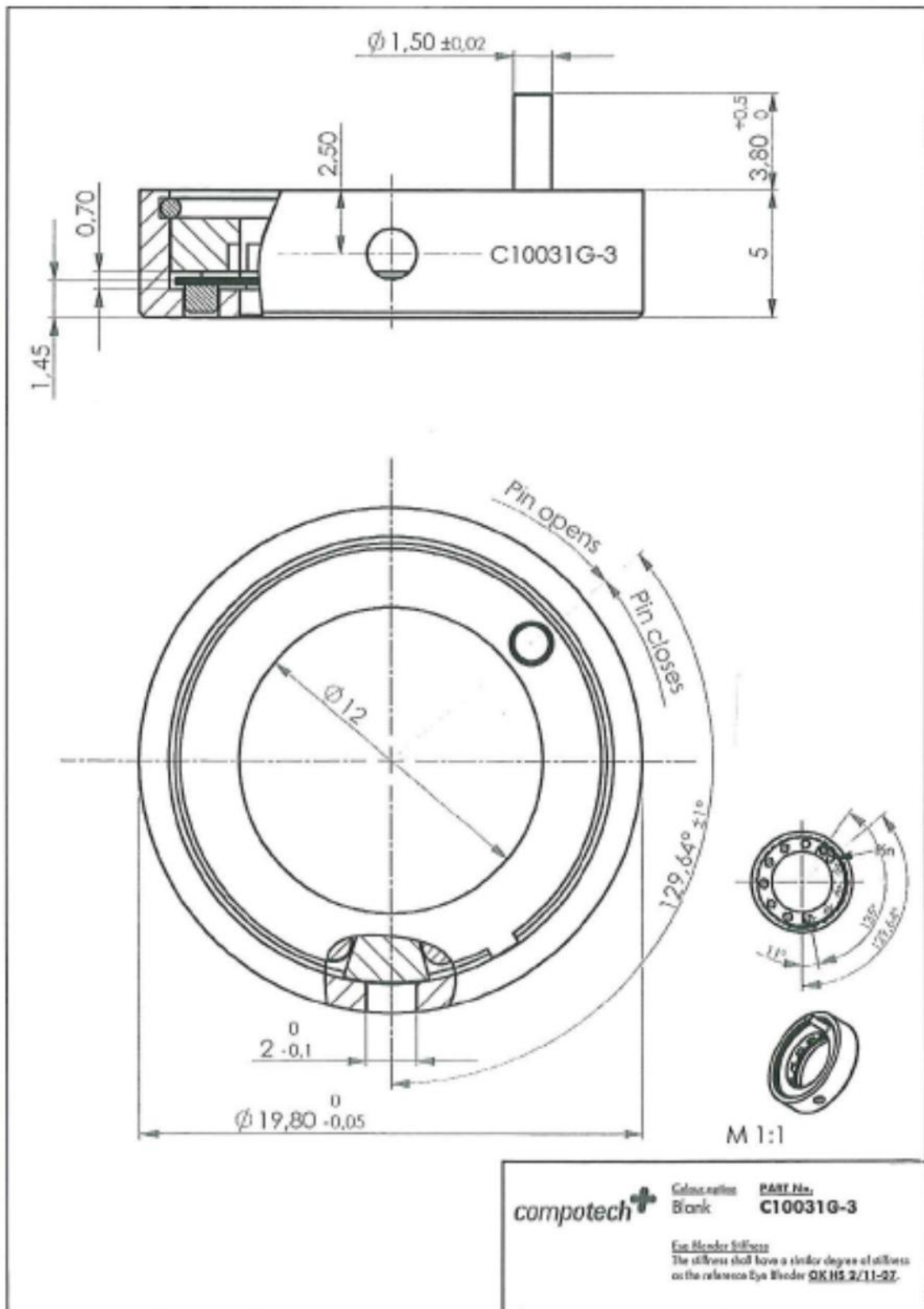


TOLERANCES UNLESS SPECIFIED DECIMALS: N/A ANGLES: N/A STANDARD: N/A		 FIRST ANGLE PROJECTION DIMENSIONS IN MILLIMETERS	SIZE A4	SCALE 2:1	ORIG. DWN. DATE ErJo Godk	LAST MOD. DATE
THE INFORMATION CONTAINED HEREON IS PROPRIETARY TO LAERDAL AND SHALL NOT BE USED FOR ANY PURPOSE DETRIMENTAL TO OR BE REPRODUCED WITHOUT THE PERMISSION OF LAERDAL.			 Laerdal <small>laerdal.no</small>			
FILE / ITEM REFERENCE 1367-2CD162-09			TITLE Eye blender			
PROD. GROUP No 212	TOOL No N/A	PART No N0730	DRAWING No PRO-DG01-0898	SHEET 2 of 3	Drawing Rev. B	



TOLERANCES, UNLESS SPECIFIED DECIMALS: N/A ANGLES: N/A STANDARD: N/A	 FIRST ANGLE PROJECTION DIMENSIONS IN MILLIMETERS	SIZE	SCALE	ORIG. DWN.	DATE	LAST MOD.	DATE
		A4	2:1	Erjo	Codk		
				 Letter in triangle shows point of revision—change		 Circled dimensions are dimensions to be checked	
THE INFORMATION CONTAINED HEREON IS PROPRIETARY TO LAERDAL AND SHALL NOT BE USED FOR ANY PURPOSE DETRIMENTAL TO OR BE REPRODUCED WITHOUT THE PERMISSION OF LAERDAL.							
FILE / ITEM REFERENCE 1367-2CD162-09				TITLE Eye blender			
PROD.GROUP No 212	TOOL No N/A	PART No N0730	DRAWING No PRO-DG01-0898	SHEET 3 of 3	Drawing Rev B		

Attachment 1 of PRO-SP01-2940 Rev B



10 Appendiks B

REVISIONS		VERIFIED	APPROVED
Part No.	ECO No.	DESCRIPTION/STATE OF ISSUE	
A	2093	Release	

5222	1	LOT Label	PRO-SP01-0128
N1141	2	Washer DIN 125 22 E1h	
N0860	2	Screw IMN 1412 Z 22x8-Z	
N1671	2	Screw IMN 1412 Z 18x10-Z	
N0699	1	Eye housing upper	PRO-DG01-0829
N0793	1	Burner eyelid	PRO-DG01-0963
N0861	1	O-ring 34x2 NBR 70 Sh DIN 3771	
N0712	1	Eye lid	PRO-DG01-0880
N1386	1	Eye lens with anti-reflective coating	PRO-SP01-3849
N0714	1	Eye ball	PRO-DG01-0882
N0713	2	Drive belt 45 MXL 3.2	PRO-DG01-0881
N0725	1	Cog wheel front	PRO-SP01-2945
N0717	1	Motor bracket	PRO-DG01-0885
N0711	1	Motor bracket	PRO-DG01-0879
N0729	1	Eye iris	PRO-DG01-0897
N0730	1	Eye blender	PRO-DG01-0897
F5T1014	1	SAPS Eye Flex Board	PRO-DG01-0898
N0938	1	Carrage Guide	PRO-SP01-2280
N0700	1	Eye housing lower	PRO-DG01-1084
N0700	1	Eye housing lower	PRO-DG01-0830

Part No.	Pcs	Name	Scale	Notes
N/A		Eye lens	1:1	Opt. - created state
N/A		Eye housing upper	1:1	Opt. - created state
N/A		Eye housing lower	1:1	Opt. - created state

Part No.	Title	Scale	Notes
S21223	Eye Assembly	1:1	Opt. - created state

Not valid without Frontpage in same Revision

1367-2AD027-05

11 Appendiks C

Tabell 3: Komplette del liste

Antall	Navn på del	Materiale (*om delen er en standard del står navn på leverandør)
1	Arm m/gjenger	Plast
1	Arm m/grensesnitt til RC-servo	Plast
8	Avstandskiver (0,5 mm brede)	Plast (med liten friksjon)
2	Avstandskiver (1,5 mm brede)	Plast (med liten friksjon)
2	Avstandskiver (1 mm brede)	Plast (med liten friksjon)
1	Bevegelsesarm (opp/ned)	Plast eventuelt metall
2	Bevegelsesarm (øyelukk)	Plast eventuelt metall
3	Bolt (diameter 2 mm og lengde 5 mm med M2 gjenger på 1,9 mm)	Metall
1	Bolt (diameter 2 mm og lengde 6 mm med M2 gjenger på 1,8 mm)	Metall
2	Bolt (diameter 3 mm og lengde 7 mm med M3 gjenger på 2,7 mm)	Metall
1	Bundel bur (høyere øyne)	Plast
1	Bundel bur (venstre øyne)	Plast
2	Connector (ledning øyet)	Faulhaber
4	Connector (RC-servo-ledning)	Futaba
1	Forlengelsesarm (opp/ned-RCservo)	Plast
2	Forlengelsesarm (øyelukk-RCservo)	Plast
2	Grønne halvsirkler	Plast
1	Gummiledd	Gummi
2	Hendel/stag	Plast
1	Hendel/stag2	Plast
1	Hendel-opp/ned	Plast
3	Klemme (størrelse 1)	Plast
1	Klemme (størrelse 2)	Plast
2	Kule-i-kule-ledd	Plast
4	Ledninger (RC-servo)	Futaba*
2	Ledninger (øyet)	Faulhaber*
4	M2 Mutter	Tingstad*
2	M2 skrue (lengde 9,4 mm)	Microfastenings.com*
4	M2.5 skrue (lengde 10 mm)	Microfastenings.com*
4	M2.5 Skruer (lengde 9 mm)	Microfastenings.com*
4	M2.6 Skruer (lengde 6 mm)	Microfastenings.com*
2	M2.6 Skruer (lengde 11 mm)	Microfastenings.com*
7	M3 Mutter	Tingstad*
1	Monteringsplate	Plast
1	Plattform (fram/tilbake-RC servo)	Plast
1	Plattform (opp/ned-RC servo)	Plast
4	RC-servo (Futaba S3153MG)	Futaba*
2	Røde halvsirkler	Plast
2	Spline	Metall

2	Toppdel bur	Plast
2	Øye montert opp	Se egen tabell
1	Øyelokk (høyere øyne)	Plast
1	Øyelokk (venstre øyne)	Plast

Tabell 4: Komplette del liste over øyet

Antall	Navn på del	Materiale (*om delen er en standard del står navn på leverandør)
1	Blender	se appendiks A*
2	M1.4 Skrue (lengde 6 mm)	microfastenings.com*
1	Arm	Plast
1	Bunndel	Plast
1	Toppdel	Plast
1	Motor (Faulhaber 1512)	Faulhaber*
1	Strømledende materiale i 3 deler	Metall (må sjekkes mere ut)
1	Lyssensor	Avago technologies*
1	Linse	klar plast
1	Irisetterligning	Halv gjennomsiktig
1	Potmeter	ALPS*