

Bacheloropdracht

Ontwerp van een armsteun voor chirurgen

Dit rapport is bestemd voor de opdrachtgevers van de bacheloropdracht van de
opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente
UT/IO-06.04-14.07.06
Universiteit Twente
Faculteit der Construerende Technische Wetenschappen
Postbus 217
7500 AE Enschede
tel. (053) 4 89 91 11

Externe begeleider: Jeroen Ruiter
Interne begeleider: Edsko Hekman

Datum van publicatie: 00-07-2006
Oplage: 4, aantal bladzijden 60, aantal bijlagen: 13

Erik Hop
S0066656

Inhoudsopgave

1 Inleiding	2
2 Analyse	3
2.1 Werking van de bestaande armsteun	3
2.2 Doelgroepanalyse	4
2.3 Probleemdefinitie	6
2.4 Evaluatie bestaande armsteun	7
2.5 Gang van zaken in de OK (operatiekamer)	8
2.6 Gebruikscenario	10
2.7 Programma van eisen	11
2.8 Functieanalyse	12
3 Concepten	13
3.1 Eerste ideeën	13
3.3 Fixatie van de armsteun	17
3.4 Bediening	20
3.5 Bereik	21
3.6 Gebruikersinterface	22
3.7 Steriele hoes	23
3.8 bevestiging	23
3.9 Opslag	24
3.10 Vormgeving	25
3.11 Storyboard	28
4 Detaillering	32
4.1 Constructie	32
4.2 Kunststof kappen	35
4.3 Slag van de hydraulische cilinders	36
4.4 Productie	36
4.5 Eindresultaat	37
5 Conclusies & aanbevelingen	39
Referenties	40
Bijlage A: Uitleg principe	41
Bijlage B: Soortgelijke producten	43
Bijlage C: Eerste ideeën	45
Bijlage D: Interviews doelgroepanalyse	48
Bijlage E: Clinical trials	49
Bijlage F: Tabel rsi-klachten	55
Bijlage G: Correspondentie met operatieassistent	56
Bijlage H: kogelkraan	58
Bijlage I: Specificaties lager	59
Bijlage J: Planning	60
Bijlage K: Berekeningen	61
Bijlage L: Werktekeningen	62
Bijlage M: Functioneel prototype	63

1 Inleiding

Gedurende twaalf weken heb ik bij Demcon mijn bacheloropdracht uitgevoerd. Demcon is een ingenieursbureau dat zich specialiseert in mechatronische producten, maar heeft ook een afdeling industrieel ontwerpen.

Bij Demcon is een aantal jaar geleden een verstelbare armondersteuning voor chirurgen ontwikkeld, waarbij de armsteun een constante zwaartekrachtcompensatie levert. Deze armsteun is nooit in grootschalige productie genomen, er is alleen een nulserie geproduceerd. Het product voldoet in een aantal opzichten niet aan de wensen van chirurgen. Ook heeft Demcon op het zwaartekrachtcompensatie mechanisme een patent. Op basis van dit patent kunnen nieuwe producten worden ontwikkeld. Naar aanleiding van deze situatie is mijn bacheloropdracht ontstaan.

Na een kennismakingsgesprek waren er twee mogelijkheden voor een opdracht. De ene mogelijkheid is het verbeteren van de bestaande armsteun en een nieuw ontwerp maken wat wel aan de wensen van chirurgen voldoet. De andere mogelijkheid is het onderzoeken van nieuwe toepassingsmogelijkheden voor het zwaartekrachtcompensatie mechanisme en een nieuw ontwerp maken op basis van de gekozen toepassingsrichting.

In eerste instantie is er voor de tweede mogelijkheid gekozen. Later in de opdracht bleek dat er geen goede mogelijkheden waren voor een nieuwe toepassing en is er als nog gekozen om nieuw ontwerp maken wat wel aan de wensen van chirurgen voldoet.

2 Analyse

Om de potentie van de verschillende toepassingsrichtingen te onderzoeken moeten een aantal onderwerpen worden geanalyseerd. Als eerste is de werking van de bestaande armsteun onderzocht. De bestaande armsteun is ook geëvalueerd en er hebben enkele gebruiksonderzoeken plaatsgevonden. Deze zijn bestudeerd en er zijn aan de hand hiervan conclusies voor een nieuw product getrokken.

Het marktonderzoek is al grotendeels gedaan tijdens de ontwikkeling van de bestaande armsteun en daarom is hier geen uitgebreid onderzoek naar gedaan. Wel zijn een aantal soortgelijke producten in kaart gebracht, de belangrijkste hiervan zijn te vinden in bijlage B. Ook is er naar soortgelijke patenten gekeken, dit is echter niet opgenomen in het verslag omdat deze geen belangrijke informatie bevatten. Dit ontwerp is op de Nederlandse markt gericht waar het product dan ook geïntroduceerd zal worden. In Nederland is deze afzetmarkt 140 ziekenhuislocaties. Als men zich op de internationale markt richt zal de afzetmarkt hier een veelvoud van zijn.

Verder is er wel een doelgroepanalyse uitgevoerd, dit is onderzocht door middel van literatuur, enquêtes en interviews. Naar aanleiding van de doelgroepanalyse is vervolgens een probleemdefinitie opgesteld.

Ook is er onderzoek gedaan naar hoe er in ziekenhuizen met hulpmiddelen in de operatiekamer wordt omgegaan en hoe hier tegenaan wordt gekeken. Aan de hand hiervan is er in een gebruiksscenario voorspeld hoe het product gebruikt moet gaan worden. Samen met de evaluatie heeft het gebruiksscenario gediend als basis voor het programma van eisen.

2.1 Werking van de bestaande armsteun

De armsteun wordt aan een stoel of kruk gemonteerd, zoals op afbeelding 2.1.1 te zien is.

De armsteun biedt de polsen ondersteuning. Deze worden daarbij ondersteund met een constante kracht onafhankelijk van de positie van de polsen. Normaal staat de armsteun gefixeerd in een bepaalde stand. De chirurg kan dan met de gewenste ondersteuning opereren. Het product is dan ook ontworpen voor langdurig precisiewerk.

Als de chirurg met zijn voet het pedaal indrukt wordt de blokkering opgeheven en kan de chirurg zijn armen vrij bewegen. Doordat de armsteun per arm twee delen heeft, is er een groot bereik in hoogte en breedte richting. Ook kunnen de armen roteren waardoor de gebruiker totale bewegingsvrijheid heeft.



2.1.1 De bestaande armsteun

Verdere uitleg van het werkingsprincipe van de Armsteun is te vinden in bijlage A.

2.2 Doelgroepanalyse

Door op internet te zoeken zijn eerst zoveel mogelijk doelgroepen in kaart gebracht voor een armondersteuning. Hierbij is gelet op het aantal rsi-klachten per beroepsgroep en of deze mogelijk verholpen kunnen worden door middel van ondersteuning. Daarna is voor elke doelgroep gekeken hoe en of een ondersteuning nut kan hebben. Dit is gebeurd door enquêtes, interviews en literatuur. Een overzicht van rsi-klachten in diverse beroepsgroepen staat in bijlage F.

- Chirurgie
- Tandartsen
- Orthodontisten
- Kunstrestauratie
- Kappers
- Hulp bij revalidatie
- Hulp voor thuiszorg
- Schilders/Stukadoors
- Assemblagewerkzaamheden
- Laboratoriummedewerkers
- Lopende band werk
- Lassers

Chirurgie

De wijze waarop chirurgie uitgeoefend wordt is zeer divers. Er zijn veel specialismen en deze beslaan veel verschillende handelingen waarbij problemen optreden.

De bestaande armsteun is bedoeld voor specialismen die zittend opereren en vaak met geheven armen werken. De armen worden dan ondersteund zodat de chirurg precies werk kan verrichten.

Het voordeel van dit vakgebied is dat men wel bereid is te investeren in producten die een meerwaarde ten opzichte van de huidige situatie bieden. De afzetmarkt voor een dergelijk product is relatief groot, maar wel afhankelijk van het beoogde specialisme.

Verder is uit verschillende bronnen gebleken dat een armondersteuning voor chirurgen echt nuttig is. Enkele bekende toepassingsgebieden binnen de chirurgie kunnen zijn: gynaecologische oncologische chirurgie, procto/rectaal chirurgie, microlaryngoscopie, operaties aan de stembanden en urologische ingrepen volgens huisarts Luc de Vries. Verder is de bestaande armsteun geëvalueerd door KNO artsen, oogheekundigen en plastisch chirurgen. In deze gebieden kan de armsteun worden toegepast.

Kunstrestauratie

Bij kunstrestauratie wordt er wel veel met gedeeltelijk gesterkte armen gewerkt. Ook is het werk erg langdurig. Het nadeel van dit vakgebied is dat de mensen erg conservatief zijn en nauwelijks bereidt nieuwe producten in hun werksituatie te accepteren. Om het ondersteuningsprobleem op te lossen steunen de kunstrestoureerders op hun ezel, wat overigens niet ideaal is. Een goede ondersteuning zou wel veel simpeler kunnen dan de bestaande armsteun. Ook is de kunstrestauratie een erg kleine markt. Pogingen van Demcon om deze markt aan te boren zijn niet succesvol geweest.

Tandartsen / Orthodontisten

Een bekend probleem bij tandartsen is dat de neiging bestaat om teveel voorover te buigen. Dit heeft schouder nek en rug klachten tot gevolg.

Andere bekende problemen zijn handpijn door een krachtige greep op de instrumenten en extreme posities van de pols.

Uit de interviews bleek dat de tandartsen veel last van rug en nek hadden door het draaien daarvan. Een armondersteuning zou weinig toevoegen aan het verbeteren van de werksituatie.

Bij orthodontisten zullen waarschijnlijk grotendeels dezelfde problemen spelen als bij tandartsen, omdat deze allebei aan de mond werken.

Kappers

Onderzoek van TNO heeft uitgewezen dat 49 procent van de kappers rsi gerelateerde klachten heeft en 34 procent kampt met rugklachten, vooral door verkeerde en overmatige rugbelasting bij het harenwassen.

Uit de interviews bleek dat er een markt voor kappers zou kunnen zijn. De armsteun moet dan wel compact zijn en aan het lichaam zitten, want er mag geen risico bestaan dat het hoofd van de klant wordt geraakt. Ook is het uiterlijk belangrijk. Het zou dus erg moeilijk worden voor deze doelgroep een succesvol product te ontwikkelen dat functioneel en betaalbaar is. Bovendien moet het product ook worden geaccepteerd. Een complete samenvatting van deze interviews in te vinden in bijlage D.

Revalidatie en minder validen

Een doelgroep waar geld beschikbaar is en een ondersteuning echt meerwaarde kan bieden. De ondersteuning kan dienen als een soort spierversterker omdat het gewicht van ledenmaten niet meer door de spieren hoeft te worden getild. Minder validen mensen kunnen bij verminderde werking van benen of armen voordeel hebben bij een ondersteuning.

Er is echter een bedrijf wat al een product heeft gemaakt wat de armen van minder valide of revaliderende mensen ondersteunt. Dit product kan aan een rolstoel of bureaustoel gemonteerd worden. Meer informatie hierover is in bijlage B te vinden.

Thuiszorg

In de thuiszorg is de werksituatie niet goed. De problemen liggen vooral bij het tillen en de werkzaamheden zijn erg divers. Een zwaartekrachtcompenserend hulpmiddel zal dan niet in alle situaties zinvol zijn voor deze doelgroep.

Schilders / Stukadoors

Hiervan is bekend dat ze niet graag met nieuwe hulpmiddelen werken. Ook is het werk wat schilders doen erg bewegelijk en variabel. De werkzaamheden zijn ook niet op een vaste plaats. Een product hiervoor moet dus erg mobiel en licht zijn.

Lassers

Het lijkt er niet op dat er veel gewerkt wordt met geheven armen. Ook zijn laswerkzaamheden zeer mobiel en de houdingen erg variabel.

Industriële sector

Bij veel groepen in de industriële sector is het een probleem dat deze werknemers zelf weinig geïnteresseerd zijn in het verbeteren van hun werkhouding. Men is daarom niet snel bereid een nieuw product te gaan gebruiken. Ook zijn de werkzaamheden vaak erg divers waardoor hulpmiddelen vaak vergeten worden en weinig gebruikt zullen worden. De doelgroepen in de industriële sector zijn vaak minder geschikt omdat de afzetmarkt kleiner is en er weinig geld beschikbaar is voor het verbeteren van de werksituatie. Verder is het moeilijk om de specifieke problemen waarbij zwaartekrachtcompensatie een oplossing kan bieden te herkennen door de diversiteit van de werkzaamheden.

Lopende band werk

Als dit staand gedaan wordt is de belasting op armen en schouders niet hoog. Lopende bandwerkers zijn zo goedkoop mogelijke arbeidskrachten, het is daarom sterk de vraag of werkgevers geïnteresseerd zijn om in ondersteunende producten te investeren.

Assemblage

Assemblage werkzaamheden zijn erg divers. Voor het assembleren van zeer fijne producten is ondersteuning nuttig. In een voorbeeldsituatie bij Demcon micro montage wordt wel steun gezocht aan bijvoorbeeld tafelranden tijdens het assembleren. In dit geval voldoen simpele geïmproviseerde oplossingen en is de meerwaarde van een armsteun met zwaartekrachtcompensatie niet erg groot.

Conclusie doelgroepanalyse

Uit deze analyse kan geconcludeerd worden dat chirurgie, revalidatie en minder validen de interessantste doelgroepen vormen. Deze groepen zijn bereid hulpmiddelen te accepteren en in hulpmiddelen te investeren.

Voor revalidatie en minder validen is echter al een product ontwikkeld wat de zwaartekracht voor de arm compenseert.

Voor chirurgie staat het nut van een ondersteuning vast en is daarom de meest interessante doelgroep.

Chirurgie is een erg breed werkgebied daarom moet deze doelgroep verder gespecificeerd worden. Tijdens het ontwerpen van de bestaande armsteun zijn er al interviews met chirurgen geweest en zijn er gebruikstesten afgenomen. Er is dus al onderzocht welke doelgroepen het meest geschikt zijn om een armsteun voor te ontwerpen. Hierbij kwamen de volgende disciplines naar voren die tevens als doelgroep voor het huidige ontwerp genomen worden:

- KNO
- Oogheekkunde
- Plastische chirurgie
- Neurochirurgie

Bij deze vormen van chirurgie wordt meestal zittend geopereerd en is bekend dat er klachten zijn. Ook vinden al deze vormen van chirurgie plaats in de hoofdzone.

De originele opdracht is het ontwikkelen van een nieuwe armsteun op basis van het zwaartekrachtcompensatie mechanisme. Het bleek echter moeilijk te zijn een probleem bij deze oplossing te vinden. Nu er een doelgroep is gekozen kan er een nieuwe probleemdefinitie worden opgesteld. Zo kan er ook naar andere oplossingen worden gekeken voor het ondersteunen van de arm, die mogelijk veel efficiënter is om het probleem op te lossen.

2.3 Probleemdefinitie

Het probleem dat met de te ontwikkelen ondersteuning moet worden opgelost is de volgende. Bij bepaalde vormen van chirurgie ligt het werkgebied ver van de chirurg af, dit dwingt de chirurg met geheel of gedeeltelijk geheven armen te werken. Als er zittend wordt gewerkt is dit vaak het geval. Ook zijn er vormen van chirurgie waarbij er langdurig in een zelfde houding wordt gewerkt. Dit is vaak ook erg precies werk. Van een aantal vormen van chirurgie is bekend dat een of allebei van de bovenstaande werksituaties optreedt.

Voor de chirurg betekent dit dat hij klachten krijgt in schouders en nek doordat hij met deze spieren constant zijn armen gestrekt moet houden. Een goede ondersteuning kan daarom voor de chirurg veel meerwaarde bieden.

2.4 Evaluatie bestaande armsteun

De armsteun is in verschillende fases getest en geëvalueerd. De complete documenten zijn in bijlage E te vinden.

In een test fase van het ontwerp voor de armsteun is er een evaluatie met een aantal artsen en chirurgen uitgevoerd. Hier kwamen de volgende meest belangrijke conclusies uit.

- De armsteun is beweegbaar tijdens de operatie zonder tussenkomst van een assistent.
- Men verwacht te werken in de gefixeerde stand van de armsteun.
- Twee armsteunen per stoel wordt noodzakelijk geacht.
- De armsteun zou een op zichzelf staande unit moeten zijn, zonder luchtaansluiting, snoeren of batterijen.
- Het aangrijpingspunt van de ondersteuning zou bij de pols moeten zijn.
- Compacte afmetingen worden benadrukt.
- Een stijvere constructie is wenselijk.
- De meeste artsen vinden positie van het rempedaal goed, omdat per ongeluk bedienen zo is uitgesloten. Een arts vindt dat de remschakelaar in het armschaaltje zou moeten zitten om vergissing bij meerdere pedalen te voorkomen.

Deze conclusies geven al aan dat een constante compensatiekracht niet nodig is en het product zo compact en eenvoudig mogelijk moet worden. Wel is zeer belangrijk dat de armsteun bediend kan worden zonder tussenkomst van een assistent.

Met de uiteindelijk ontwikkelde armsteun is later een gebruiksonderzoek gedaan, hieronder staan enkele belangrijke conclusies uit dit onderzoek die relevant zijn voor een nieuw ontwerp van de armsteun.

1. Tijdens de operaties wordt de armsteun gebruikt ter ondersteuning van nauwkeurige handelingen. Gemiddeld wordt de stand van de steunen elke 5 minuten gewijzigd. In de begin- en eindfase van de operatie worden de armen niet in de steun gelegd.
2. Het bereik naar voren wordt niet volledig gebruikt. Het bereik naar achteren is echter soms te beperkt (men kwam tijdens een operatie vaak tegen de aanslag).
3. Het bereik omhoog is zeer ruim. Het bereik naar onderen is echter soms te beperkt. Als de compensatie-units lager op de trolley worden bevestigd, is hoogteverstelling van de compensatie-units als geheel niet nodig.
4. De slag om de verticale as is te beperkt. Men wil soms de steun even naar opzij wegdraaien om meer armslag te hebben zonder gebruik van de armsteunen.
5. Men heeft moeite met het wegschieten van de armen in onbelaste toestand bij ontgrendelen. Dit geeft schrik-effect. Het treedt ook op als 1 armsteun wordt gebruikt en de andere niet.
6. De geluidsproductie van de armsteun wordt door sommigen als onacceptabel ervaren zeker bij operaties onder gedeeltelijke narcose.
7. Het geheel wordt als kolosaal ervaren, maar de compensatie-units kunnen dichter bij elkaar (35 mm) geplaatst worden om meer compactheid te bereiken. Bovendien zal een andere trolley en het omlaag en naar achteren verplaatsen van de compensatie-units tezamen met de nieuwe vormgeving sterk bijdragen aan een compactere uitstraling.
8. De dimensies van de trolley geven problemen. Dit wordt mede veroorzaakt doordat men de operatietafel relatief laag instelt (tussen 700 en 900 mm). Men heeft duidelijk meer ruimte vóór de stoel nodig voor:
 - de voeten
 - pedalen (die in het bijzonder bij oogoperaties veel ruimte in beslag nemen)
 - het kunnen bedienen van de hoogteverstelling van de stoel
 - makkelijk op de stoel klimmen en er vanaf stappen
 - de stoel naar achteren en voren kunnen rijden door afzetten met de voeten.

Uit de eerste conclusie gezien is het niet noodzakelijk om een constante krachtcompensatie te hebben tijdens het verstellen omdat deze nauwelijks wordt gebruikt. Het is verstandig om te kiezen voor een product wat alleen compensatie biedt en zo dynamisch gebruikt zal worden, of een product wat alleen blokkering aanbiedt en statisch gebruikt zal worden. De tweede tot en met de vierde conclusie geven aan dat het bereik voor een nieuwe armsteun aangepast moet worden. De vijfde conclusie geeft aan dat het onacceptabel is dat de armen naar boven weg kunnen schieten, dit mag in een nieuw ontwerp niet het geval zijn.

De zesde conclusie geeft aan dat het een groot voordeel zal zijn als er geen gebruik van perslucht gemaakt zou moeten worden. Als het product zonder externe energiebron kan functioneren zou dit een groot voordeel zijn.

De zevende en achtste conclusie geven aan dat de ontwikkelde armsteun te groot is, in een nieuw ontwerp moet dit veel compacter.

Uit een ander evaluatiedocument komen de volgende conclusies:

- Een dubbele uitvoering is noodzakelijk
- Het apparaat moet vlot van de stoel kunnen worden genomen
- Het apparaat moet op vele stoelen passen
- De stabiliteit bij de gebruikte stoel is onvoldoende (e.v. extra steunwielen gebruiken)
- Het apparaat moet steriel gemaakt kunnen worden d.m.v. doeken
- De remwerking qua kracht is goed
- De stijfheid van de armsteun in gefixeerde positie zou hoger mogen zijn
- De persluchtslang wordt als onhandig ervaren
- Een enkele gebruiker wil geen slangen of kabels naar de stoel hebben
- Het apparaat moet zo compact mogelijk zijn
- Het kunnen fixeren van de armsteun m.b.v. de remmen is noodzakelijk
- Plaatsing van het rempedaal is acceptabel
- Enkele mensen willen liever het apparaat gebruiken als een polsondersteuning
- Een deel van de mensen wil een groter bereik voornamelijk in de hoogte
- Een deel van de mensen wil een compacter apparaat met een kleiner bereik
- Het armschaaltje moet in zijn stand blijven staan als de arm wordt afgenomen
- Een enkele gebruiker wil de rem met de hand kunnen bedienen

Enkele punten die nog uit eigen onderzoek naar voren kwamen zijn:

- De armsteun is erg zwaar hij weegt nu 35 kilo. Het product is hierdoor minder gebruiksvriendelijk want deze is moeilijk te verplaatsen.
- De productieprijs van de huidige armsteun is erg hoog. Doordat de armsteun complex is geworden is de prijs voor een dergelijk hulpmiddel erg hoog.

2.5 Gang van zaken in de OK (operatiekamer)

Om te bekijken in welke uitvoeringsvorm een armsteun het beste zal functioneren moet eerst in kaart gebracht worden hoe er met hulpmiddelen wordt omgegaan op de OK bij de beoogde doelgroepen. Daartoe is contact opgenomen met een operatieassistent van ziekenhuis Twenteborg. Na een interview en een rondleiding door de OK zijn de volgende onderwerpen besproken:

- Hoe gaat het eraan toe in de OK.
- Hoe zit het met de steriliteit van hulpmiddelen.
- Wat is de beste manier om de armsteun te bedienen.
- In welke vorm kan de armsteun het best uitgevoerd worden.

OK algemeen

Als de patiënt in de juiste houding op de tafel is gelegd wordt het operatiegebied door de operatieverpleegkundige nauwkeurig gereinigd en gedesinfecteerd. Vervolgens wordt de patiënt steriel afgedekt waarbij het operatieterrein natuurlijk wordt vrijgelaten. Alle personen die direct betrokken zijn bij de operatieve ingreep hebben steriele kleding aan. Iedereen heeft een vaste plaats, de chirurg opereert. De eerste assistent houdt instrumenten vast en presenteert weefsels etc. De tweede assistent zorgt ervoor dat de wond open blijft. De anesthesist zit aan het hoofdeinde van de tafel en houdt de vitale functies van de patiënt in het oog. Verder zijn er een operatieverpleegkundige en een omloopverpleegkundige aanwezig. De OK staat erg vol met apparaten, het is daarom belangrijk dat nieuwe hulpmiddelen weinig ruimte innemen.

Steriliteit

Er zijn twee methoden voor het steriel verpakken. De ene is per container, in de container zitten filters zodat de container in de autoclaaf kan worden gezet en het product in de container zo makkelijk gesteriliseerd kan worden. De containers zijn ook stapelbaar wat handig is voor de opslag.

De andere methode is inpakken, dit gebeurt in doeken met twee lagen papier of in laminaat met twee lagen papier. De meerdere lagen zijn noodzakelijk omdat er tijdens het uitpakken verschillende niveaus van steriliteit zijn, van volledig onsteriel naar volledig steriel.

De wijze waarop de producten verpakt worden verschilt per ziekenhuis.

De steriele producten in de OK worden alleen na de operatie steriel gemaakt en steriel verpakt, na het uitpakken wordt er dus vanuit gegaan dat de producten nog steriel zijn.

Het steriel maken gaat als volgt: de te steriliseren producten gaan na de operatie naar de wasstraat. Hier worden ze met stoom gesteriliseerd. Daarna worden de producten verzameld en opgeslagen volgens een van de bovenbeschreven methoden. Er zijn ook producten die niet met stoom gesteriliseerd kunnen worden. Deze worden met een soort gif gesteriliseerd, dit is wel erg duur.

Bij het klaarzetten van producten in de OK maakt iemand de buitenste verpakking open en reikt de binnenste verpakking aan iemand uit de OK aan. Deze wordt dan steriel uitgepakt zodat het product zelf steriel blijft. De producten kunnen dan steriel geïnstalleerd of klaargelegd worden.

Bediening

Bediening in de vorm van een pedaal is onhandig omdat chirurgen al met meerdere pedalen werken. Het is makkelijk als de bediening dichtbij de gebruikersinterface zit. Wat de operatieassistent handig leek was om het verstellen van de linkerarmsteun met de rechterarm te doen en andersom. Op deze manier kan men de hand waarmee men bezig is in dezelfde stand houden en relatief eenvoudig verplaatsen. Een mogelijkheid hiervoor is bijvoorbeeld een beugel aan de onderkant van de stang. In sommige uitvoeringen moet de bediening duidelijk zijn omdat er een steriele hoes omheen zit. De bediening moet dus door de steriele hoes heen te vinden zijn. Ook hebben chirurgen latex handschoenen aan, hierdoor hebben ze niet veel grip. De bediening moet dus zonder veel kracht bediend kunnen worden.

Verder is het bezwaarlijk als de gebruikersinterface aan de arm van de chirurg vast zou zitten met een beugel, omdat de chirurg ook andere handelingen moet kunnen verrichten.

Het zou ook mogelijk zijn de rechter armsteun met de rechterarm te verstellen. Dit kan door een bepaalde beweging te maken met de arm of door de armsteun met die arm vast te pakken en te verstellen. Nadeel van vastpakken is dat eerst eventueel instrumenten uit die hand moeten worden weggelegd en daarna weer opgepakt en de hand moet van houding wisselen. Dit zijn grote nadelen. Het probleem bij het ontgrendelen met een bepaalde beweging is dat het gevaarlijk kan zijn doordat de beweging per ongeluk kan worden uitgevoerd en daarnaast moet de armsteun dan geveerd worden.

Uit de gebruikstest is bekend dat chirurgen vaak niet allebei de armen van de steun gebruiken. Daarom is het waarschijnlijk niet bezwaarlijk om met de ene linkse arm de rechter armsteun te

bedienen en andersom. Situaties waarbij de chirurg beide handen tegelijk wil bewegen komen niet vaak voor. De bediening van de armsteun zal daarom op deze manier gebeuren.

Uitvoeringsvormen

Een armsteun die aan een stoel bevestigd kan het beste onsteriel zijn en afgedekt worden met een hoes. Een armsteun die aan de operatietafel moet worden bevestigd moet echter wel steriel worden gemaakt.

Bij een armsteun aan de kruk is belangrijk dat deze makkelijk is te installeren en demonteren, niet elke chirurg wil het product gebruiken. Vaak is het zo dat een nieuw hulpmiddel duur is ten opzichte van bestaande producten. Als dit het geval is zou het handig zijn om een nieuwe kruk te maken die geïntegreerd is op een kruk. Dit zou voor de constructie van de armsteun gunstig zijn. Er moet ook rekening mee gehouden worden dat de chirurg als hij op de kruk gaat zitten niet met zijn rug tegen de armsteun aankomt, de armsteun is dan namelijk niet meer steriel. Ook moet er een hoes bij worden gemaakt die om de armsteun past. Er moet rekening mee worden gehouden dat deze hoes makkelijk om de armsteun heen geschoven kan worden.

Hulpmiddelen op de operatietafel moeten bevestigd worden aan de rail die langs de tafel loopt. De operatietafel is wel samen met de patiënt met doeken afgedekt. Daarom moet de armsteun van afstand van de rail worden bevestigd. Er moet door de doeken heen worden gevoeld of de armsteun op de rail zit. Het is belangrijk dat de bevestiging op de rail met grootte knoppen of een hefboom makkelijk vastgezet kunnen worden. Men heeft namelijk gladde rubberen handschoenen aan waarmee men weinig grip heeft.

Verder is de operatietafel erg smal, de patiënt komt soms zelfs over de rand van de operatietafel heen. Ook kan de patiënt redelijk hoog op de tafel liggen doordat deze is afgedekt met en doeken en soms met warmoud-dekens. Hiermee moet dus rekening worden gehouden zodat het laagste draaipunt van de armsteun hoog op de tafel zit en dat de onderarm van de armsteun soms schuin naar achteren moet staan omdat deze anders tegen de patiënt aankomt. Bij chirurgie in de hoofdzone zal hier minder rekening mee gehouden hoeven worden. Er zullen ook meerdere steunen aangeschaft moeten worden als er veel operaties per dag zijn omdat deze eenmaal per dag worden gesteriliseerd.

2.6 Gebruikscenario

Om de juiste eisen voor de armsteun te achterhalen dient te worden voorspeld hoe deze gebruikt zal gaan worden. Dit scenario volgt grotendeels uit het interview met de operatieassistent uit Twenteborg. Een compleet overzicht van deze correspondentie is te vinden in bijlage G. Bij het maken van dit gebruiksscenario is er al voor gekozen voor een armondersteuning die aan de kruk bevestigd word, deze keuze wordt pas later in het verslag toegelicht. Dit is gedaan omdat andere uitvoeringsvormen in gebruik veel verschillen en zo andere eisen met zich mee brengen.

Installatie (door operatieassistent)

- De kruk staat in een hoek van de OK en wordt richting de operatietafel gereden.
- De operatieassistent pakt de armsteunen en een verpakte steriele hoes uit de berging en brengt deze naar de OK.
- De armsteun wordt op de stoel gemonteerd.
- Na installatie staan armen naar de zijkant weggedraaid.
- De steriele hoes wordt uit de verpakking gehaald en om de armen heen getrokken.

Gebruik (door chirurg)

- De chirurg gaat op de stoel zitten zonder de armen te raken (deze zijn weggedraaid). Op deze manier komt de steriele hoes over de armsteun niet in contact met de onsteriele rug van de chirurg.

- De armen worden vanuit de beginpositie in de juiste positie gezet door met de steriele handschoenen de bediening te activeren en daarna te deactiveren (de armsteunen worden om de beurt bediend met de andere hand).
- Er wordt op de armsteun geleund (de chirurg is bezig met opereren).
- De chirurg zet de armsteun tijdelijk opzij om andere handelingen te verrichten.
- De chirurg is klaar met de operatie en staat op uit zijn stoel.

Opbergen (door operatieassistent)

- De steriele hoes wordt van de armsteun verwijderd en weggegooid.
- De armsteun wordt gedemonteerd.
- De armsteun wordt in de berging gelegd.
- De kruk met wordt in een hoek van de OK gezet.

Wat kan er fout gaan?

Wat gebeurt er dan?

- De chirurg leunt met teveel gewicht op de ondersteuning.
 - De ondersteuning komt in beweging.
 - De armsteun breekt of buigt door.
 - De bevestiging breekt of buigt door.
- De chirurg laat de armsteun los tijdens het verstellen.
 - De gebruikersinterface komt tot stilstand.
 - De gebruikersinterface valt naar beneden.
 - De gebruikersinterface schiet naar omhoog.
- De armsteun is niet juist gemonteerd.
 - Er zit speling in de bevestiging
 - De bevestiging schiet los.

2.7 Programma van eisen

Vanuit de evaluatie van de ontwikkelde armsteun en het gebruiksscenario kunnen een aantal eisen worden gesteld waaraan de armsteun moet voldoen. Voor dit programma van eisen is er al voor gekozen voor een armondersteuning die aan de kruk bevestigd wordt. De eisen hierbij zijn dan ook al voor deze keuze gespecificeerd.

Opslag

- De verpakte steriele hoezen moeten naast de armsteun liggen.
- De armsteun moet op een voor de OK makkelijk bereikbare plek worden opgeslagen.

Installatie

- De armsteun moet binnen een minuut op de stoel te monteren zijn.
- De gebruiker kan de armsteun staand monteren.
- De armen van de armsteun moeten na de installatie naar de zijkant weggedraaid zijn.
- Tijdens operaties moet de armsteun steriel worden afgedekt (dit zal in de vorm van een steriele hoes zijn).
- De vorm van de armsteun moet zo zijn dat er makkelijk een steriele hoes overheen getrokken kan worden.
 - Er mogen geen scherpe randen aan de armsteun zitten.
 - Er mogen geen uitsteeksels aan de armsteun zitten die de installatie van de steriele hoes belemmeren.

Gebruik

- De ondersteuning moet minimaal 120 N blokkering bieden.
- De bevestiging moet de voldoende sterk zijn om alle reactiekrachten op te kunnen vangen.

- De armsteun moet zonder tussenkomst van een assistent te verstellen zijn.
- De bediening moet naast de gebruikersinterface zitten.
- Bij normaal gebruik mag de steriele hoes over de armsteun niet in aanraking komen met onsteriele delen van de chirurg.
- De ondersteuning mag in de verstelbare onbelaste situatie niet omhoog of naar beneden schieten.
- De ondersteuning moet geluidloos zijn.
- De armsteun moet een hoge stijfheid hebben van 30 N/mm.
- Het bereik is afhankelijk van het bevestigingspunt, waar hierbij op gelet moet worden is:
 - De patiënt moet goed binnen het bereik liggen
 - De operatiehandelingen moeten binnen het bereik vallen
 - De steun moet tijdelijk weggezet kunnen worden en moet minimaal 120 graden kunnen draaien.
- De armsteun zelf mag niet zwaarder zijn dan 10kg zodat deze gemakkelijk verplaatst en gebruikt kan worden.
- De ondersteuning moet voor 80% van de chirurgen geschikt zijn.

Failsafe

- Als de chirurg met teveel gewicht op de armsteun leunt moet de ondersteuning langzaam gaan bewegen.
- Als de chirurg tijdens het verstellen de armsteun loslaat moet deze tot stilstand komen.
- Als de armsteun niet juist gemonteerd is moet er speling in de bevestiging zitten.

Productie

- De armsteun moet voor minder dan 1000 euro verkocht kunnen worden.

2.8 Functieanalyse

Om overzichtelijk te maken welke problemen moeten worden opgelost zijn de functies die de armsteun moet gaan vervullen in kaart gebracht.

- Bevestiging van de armsteun aan de vaste wereld
- Fixatie van de armsteun
- Verstellen van de positie armsteun
- Ondersteunen van de pols

3 Concepten

Het eerste deel van de ideefase heeft parallel gelopen met de analysefase en was erop gericht om voor verschillende toepassingsrichtingen productideeën te bedenken. De keuze van de toepassingsrichting is dan ook mede op deze productideeën gebaseerd.

Vervolgens zijn voor de belangrijkste functies (uitvoeringsvorm en fixatie van de arm) een aantal oplossingen bedacht. Voor de andere functies als de gebruikersinterface, de bediening en de montage waren weinig serieuze alternatieve oplossingen en deze zijn ook niet toegelicht in het verslag. In de keuze voor de oplossingen was de keuze voor de uitvoeringsvorm de meest bepalende. Er is dan ook wel naar verschillende combinaties van de deeloplossingen gekeken maar het uitgewerkte concept bleek al snel de beste oplossing.

Verder is er een storyboard uitgewerkt waarin precies wordt beschreven hoe de armsteun gebruikt gaat worden.

3.1 Eerste ideeën

Tegelijkertijd met het in kaart brengen van de doelgroepen en de soortgelijke producten zijn ook ideeën in kaart gebracht. Ook is er een brainstormsessie gehouden, hieruit kwam naar voren dat de ideeën omtrent nieuwe toepassingen op basis van de armsteun in een combinatie van de onderstaande categorieën kunnen worden ingedeeld.

Ondersteuning	↔	Tilhulp
Mensen	↔	Producten
Precisie	↔	Grof
Mobiel	↔	Niet mobiel

De eerste ideeën zijn:

- Het positioneren van producten in een ruimte
 - Camerastatief
 - Lamp positioneerder
 - Geweerondersteuning
- Als hulp voor het verplaatsen van objecten
 - Bagage makkelijk op hoogte krijgen
 - Patiënten
- Ondersteuning bij het werken met gereedschappen
 - Ondersteuning op laskar
 - Plafondondersteuning zware gereedschappen
- Het ondersteunen van minder valide mensen
 - Opstahulp bij een rolstoel
 - Armondersteuning in een rolstoel
- Als hulpmiddel bij revalidatie om ondersteuning te bieden
 - Ondersteuning van de armen
 - Ondersteuning van de benen
 - Ondersteuning van de rug
- Variaties op het huidige product
 - Ondersteuning geïntegreerd met de rugleuning
 - Bevestiging aan de operatietafel
 - Bevestiging aan het plafond (zonder stangenstelsel)
 - Mobiel systeem wat de chirurg zelf draagt
- Genereren van zwaartekracht
 - Simuleren zwaartekracht bij astronauten

Een uitwerking van de ideeën staat in bijlage C.

3.2 Uitvoeringsvormen

Er zijn verschillende uitvoeringsvormen mogelijk voor een arondersteuning voor chirurgen, hieronder staan de voor en nadelen van de bedachte uitvoeringen. Aan hand van de evaluatie van de verschillende uitvoeringsvormen kunnen de voor en nadelen per vorm bekeken worden en kan er een keuze gemaakt worden.

De uitvoeringsvormen zijn ook de deeloplossingen voor de functie bevestiging aan de vaste wereld. Deze keus is wel de meest bepalende doordat hiermee het gebruik van de armsteun gedefinieerd word.

Trolley

De ontwikkelde armsteun is ook op deze wijze uitgevoerd. In deze uitvoering zal de armsteun wel andere functies en afmetingen krijgen.

Voordelen:

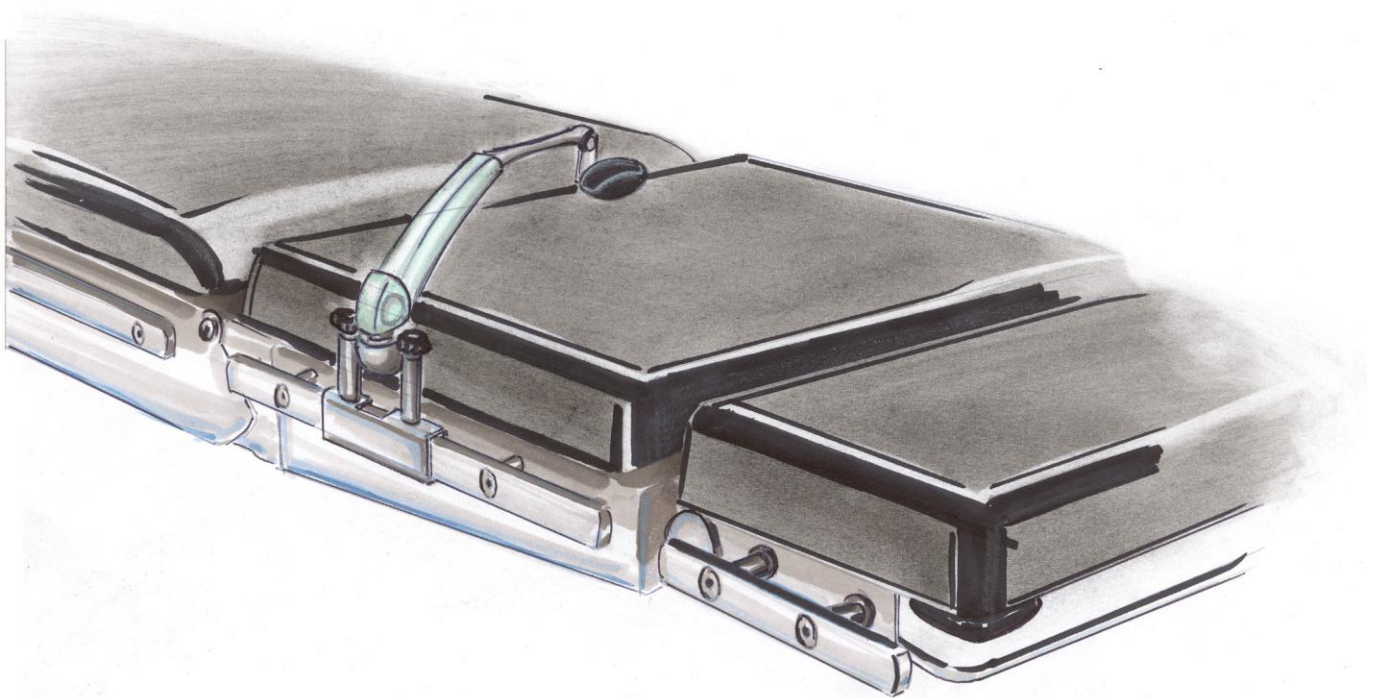
- Stabiliteit, doordat een trolley direct op de grond staat biedt dit veel stabiliteit voor de armsteunen.
- Een trolley kan onsteriel blijven en hoeft dus niet te worden gesteriliseerd.
- Gebruik van steriele hoes, deze hoes wordt na elke operatie weggegooid. Deze kunnen dus na aanschaf van de armsteun verkocht blijven worden.

Nadelen:

- Een trolley neemt veel ruimte in, terwijl het op de OK erg krap is.
- Bij een trolley zijn de armen van de armsteun groot, dit betekent dat de momenten op de constructie ook groot zijn. Ook geeft dit veel speling waardoor de stijfheid van de constructie laag is. Door de grote geeft speling in de constructie veel speling in de gebruikersinterface.
- De trolley moet voor elke operatie eerst aan een stoel bevestigd worden.

Aan operatietafel

Op de zijkant van alle operatietafels zit een rail, hierop kunnen hulpmiddelen worden bevestigd. Zo ook een arondersteuning.



3.2.1 Tekening van de rail met daarop de arondersteuning

Voordelen:

- Een armsteun aan de kruk kan onsteriel blijven en hoeft dus niet te worden gesteriliseerd.
- Gebruik van steriele hoes, deze hoes wordt na elke operatie weggegooid. Deze kunnen dus na aanschaf van de armsteun verkocht blijven worden.

Nadelen:

- Stabiliteit, doordat de armsteun via een bevestigingsdeel op de stoel zit zal de armsteun minder stabiel zijn.
- Doordat er verschillende krukken zijn moeten er ook verschillende bevestigingsdelen ontwikkeld worden.
- De armsteun moet voor elke operatie aan de kruk gemonteerd worden.

Aan kruk

De armsteun kan door middel van een montagedeel aan bestaande krukken worden gemonteerd. De armsteun zal dan uit twee delen bestaan: het montagedeel en de armsteun zelf. Wel worden er verschillende krukken gebruikt.

**Voordelen:**

- Compactheid, doordat het bevestigingspunt van de armsteun zelf bovenaan de kruk zal zitten kan het geheel redelijk compact blijven.
- Het bereik van de armsteun wordt vergroot doordat de kruk zelf mobiel is en zo het bevestigingspunt kan verleggen.
- Een armsteun aan de kruk kan onsteriel blijven en hoeft dus niet te worden gesteriliseerd.
- Gebruik van steriele hoes, deze hoes wordt na elke operatie weggegooid. Deze kunnen dus na aanschaf van de armsteun verkocht blijven worden.

Nadelen:

- Stabiliteit, doordat de armsteun via een bevestigingsdeel op de stoel zit zal de armsteun minder stabiel zijn.
- Doordat er verschillende krukken zijn moeten er ook verschillende bevestigingsdelen ontwikkeld worden.
- De armsteun moet voor elke operatie aan de kruk gemonteerd worden.

Geïntegreerd met kruk

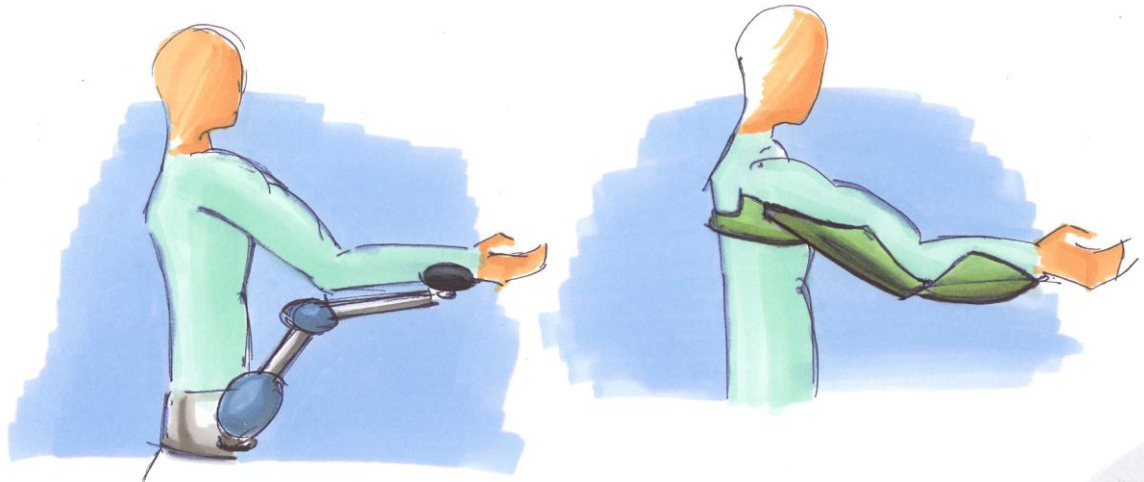
Omdat nieuwe hulpmiddelen vaak duur zijn ten opzichte van bestaande accessoires als een kruk kan de armsteun ook in de kruk geïntegreerd worden en als een verkocht worden. De voordelen ten opzichte van een losse armsteun aan de kruk is dat de armsteun niet meer gemonteerd en gedemonteerd hoeft te worden. Ook kan de armsteun dan stabiel worden uitgevoerd omdat deze direct aan de kruk vastzit. Het nadeel is dat deze kruk de oude kruk van de chirurg moet vervangen, het kan zijn dat chirurgen gehecht aan hun kruk zijn.

De krukken verschillen namelijk veel in de functies die zij hebben. Ook zijn chirurgen vaak erg precies in hun productkeuzes, er moet dan dus een kruk bij de armsteun worden ontworpen die aan alle eisen van chirurgen voldoet. Dit zal waarschijnlijk niet goedkoop worden.

Op het lichaam

De armsteun kan op het lichaam van de chirurg zelf afsteunen. Dit kan als een soort exoskeleton waarbij naast de schouder wordt gesteund of een steun die op de heupen leunt.

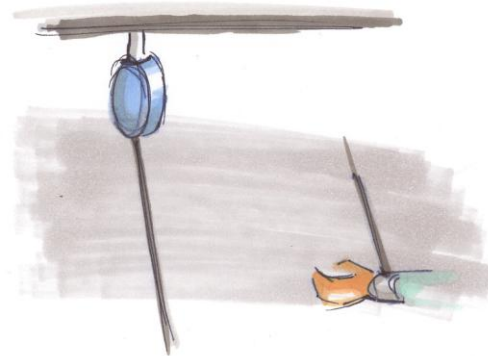
De nadelen hiervan zijn dat de chirurg de armsteun aan moet trekken wat problemen met steriliteit kan geven en onhandig kan zijn. Ook kan deze uitvoering oncomfortabel zijn voor de chirurg omdat deze alle krachten van de armsteun op moet vangen.



3.2.3 De armsteun op het lichaam bevestigd

Aan het plafond

Ook zou er een systeem aan het plafond mogelijk zijn met behulp van draden. Doordat er altijd bewegingsvrijheid blijft is fixatie niet mogelijk. Ook kan dit systeem onhandig zijn in combinatie met andere apparatuur.



3.2.4 De armsteun aan het plafond bevestigd

Keuze

	Ruimte-inname	Functieervulling	Gebruiksgemak	Kostprijs
Trolley	--	+	-	-
Aan tafel	++	+	--	++
Aan kruk	++	+	+/-	++
Geïntegreerd met kruk	++	+	++	--
Op het lichaam	+	-	--	+/-
Aan het plafond	++	--	-	++

In de bovenstaande tabel weg niet alle factoren even zwaar, zo is functieervulling de belangrijkste parameter en het gebruiksgemak is belangrijker dan de kostprijs. Aan de kruk of geïntegreerd met de kruk zijn de beste opties. Het nadelen van een armsteun geïntegreerd met de kruk is dat er een kruk bij de armsteun moet worden ontworpen wat de doelstelling om een goedkoop product te maken ondermijnt. Ook moet de chirurg zijn oude kruk inwisselen, het is echter de vraag of de ontwikkelde kruk dan aansluit bij de wensen van de chirurg. Daar komt nog bij dat chirurgen soms gehecht zijn aan hun kruk. Het nadeel van een armsteun aan de kruk monteren is dat de armsteunen voor elke operatie geïnstalleerd moeten worden. Dit nadeel weegt echter niet op tegen de nadelen van de armsteun geïntegreerd met kruk. Daarom zal met deze uitvoeringsvorm worden verder gegaan.

3.3 Fixatie van de armsteun

Na eerste zelf een aantal concepten te hebben bedacht zijn er ook met tijdens een afdelingsoverleg van Demcon een aantal oplossingen bedacht. De beste resultaten hiervan staan hieronder.

Parallelmechanisme met gesloten hydraulisch circuit



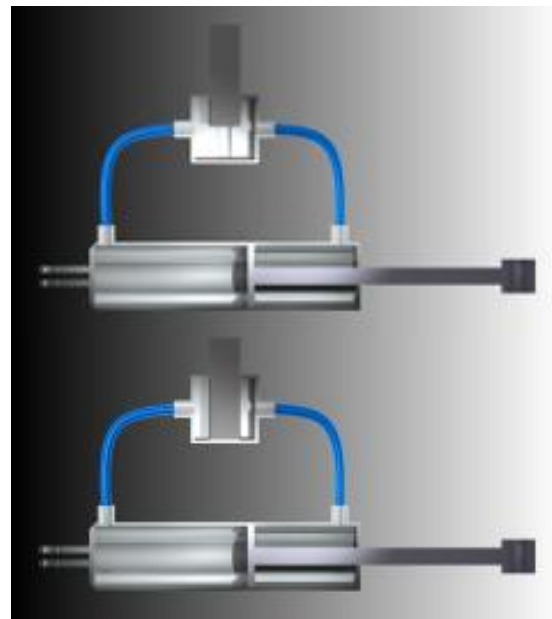
Door de cilinders te blokkeren is de positie van de gebruikersinterface geblokkeerd. Doordat het circuit gesloten wordt kan er geen vloeistof meer

rondlopen. Door de onsamendrukbaarheid van vloeistof is de constructie vervolgens gefixeerd. Het circuit kan doorlopen tot aan de bediening en daar kan het worden geblokkeerd. Een voordeel van deze oplossing is dat het systeem viskeus gedempt is. Daardoor zal de arm in onbelaste situatie niet naar beneden vallen. De slangen in dit hydraulische circuit moeten wel redelijk stijf zijn. Als de slangen te flexibel zijn kunnen ze gaan uitzetten als er druk op de slangen komt te staan. Een gevolg daarvan is dat er speling in de blokkering zal zitten. De draai-as is met deze oplossing nog niet geblokkeerd. Bij deze oplossing is het veermechanisme wat in de bestaande armsteun zit eruit gehaald.

3.3.1 Schematische weergave van het parallelmechanisme

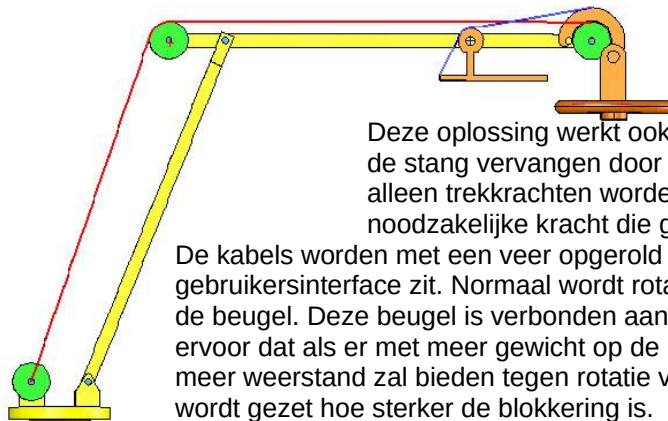
Hiernaast zijn open hydraulische cilinders te zien met een afsluitbaar circuit. In de bovenste afbeelding is het circuit open. De vloeistof kan nu door de slangen van de ene naar de andere helft van de cilinder lopen. De stang kan nu dus vrij bewegen. Daaronder is het circuit afgesloten. Dit betekent dat de vloeistof niet meer door de slangen kan stromen. Hierdoor kan ook de stang niet bewegen en is de lengte van de hydraulische cilinder gefixeerd.

De vloeistofinhoud aan de rechterkant is alleen iets kleiner door de stang. Dit volumeverschil kan worden opgevangen door vering in de kabels of een extra reservoir, dit zal wel enige speling opleveren.



3.3.2 Hydraulische circuits

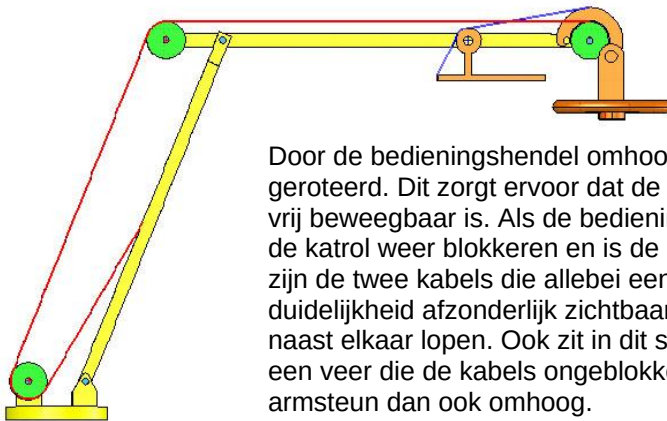
Parallelmechanisme met blokkeerbare kabels



Deze oplossing werkt ook met een parallelmechanisme, alleen is de stang vervangen door twee kabels. Op deze manier kunnen alleen trekkrachten worden opgevangen, maar dit is de enige noodzakelijke kracht die geleverd moet kunnen worden.

De kabels worden met een veer opgerold in een katrol die naast de gebruikersinterface zit. Normaal wordt rotatie van deze katrol geblokkeerd door de beugel. Deze beugel is verbonden aan de gebruikersinterface. Dit zorgt ervoor dat als er met meer gewicht op de interface wordt geleund de beugel meer weerstand zal bieden tegen rotatie van de katrol. Dus hoe meer kracht er wordt gezet hoe sterker de blokkering is.

3.3.3 Parallelmechanisme met kabels

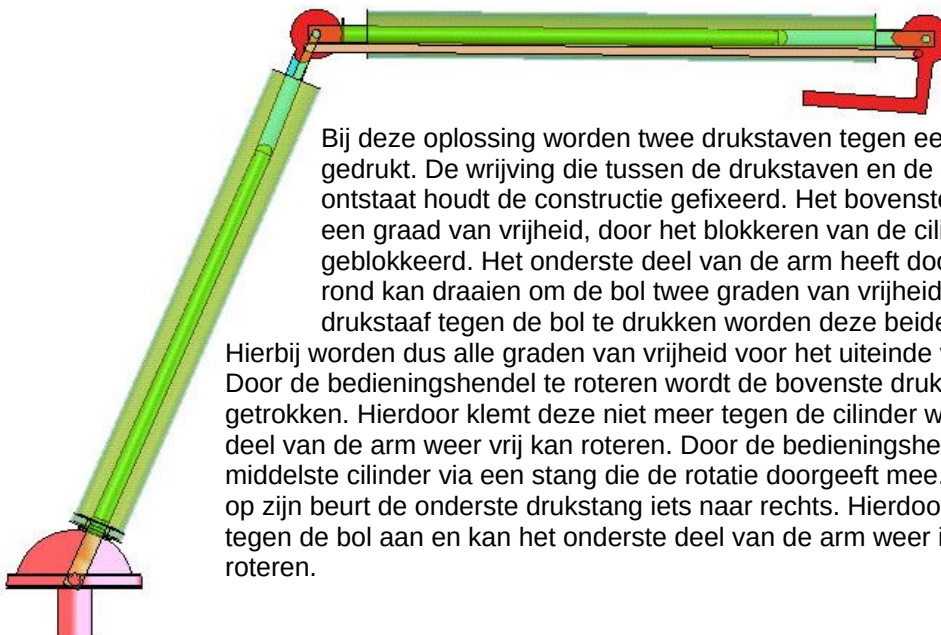


Door de bedieningshendel omhoog te halen wordt de beugel iets naar links geroteerd. Dit zorgt ervoor dat de katrol kan roteren en de constructie dus vrij beweegbaar is. Als de bedieningshendel wordt losgelaten zal de beugel de katrol weer blokkeren en is de constructie gefixeerd. In de afbeeldingen zijn de twee kabels die allebei een graad van vrijheid blokkeren voor de duidelijkheid afzonderlijk zichtbaar, in werkelijkheid zullen deze kabels naast elkaar lopen. Ook zit in dit systeem nog wel vering in de katrol zit een veer die de kabels ongeblokkeerd oprolt. In de neutrale stand staat de armsteun dan ook omhoog.

3.3.4 Parallelmechanisme met kabels

Bij deze oplossingen kunnen alleen trekkrachten worden opgevangen, in geblokkeerde stand kan de armsteun dus nog wel naar de gebruiker toe worden bewogen. De draai-as is met deze oplossing nog niet geblokkeerd.

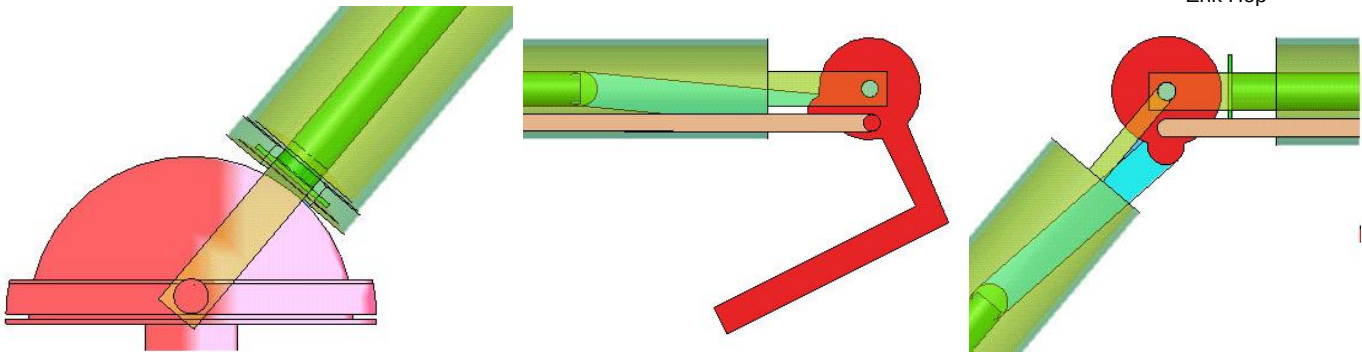
Blokkeerbaar door klemwerking



Bij deze oplossing worden twee drukstaven tegen een cilinder en een bol gedrukt. De wrijving die tussen de drukstaven en de cilinders en de bol ontstaat houdt de constructie gefixeerd. Het bovenste deel van de arm heeft een graad van vrijheid, door het blokkeren van de cilinder wordt deze geblokkeerd. Het onderste deel van de arm heeft door een scharnier wat rond kan draaien om de bol twee graden van vrijheid, door de onderste drukstaaf tegen de bol te drukken worden deze beiden geblokkeerd.

Hierbij worden dus alle graden van vrijheid voor het uiteinde van de arm geblokkeerd. Door de bedieningshendel te roteren wordt de bovenste drukstang naar rechts getrokken. Hierdoor klemt deze niet meer tegen de cilinder waardoor het bovenste deel van de arm weer vrij kan roteren. Door de bedieningshendel te roteren draait de middelste cilinder via een stang die de rotatie doorgeeft mee. De tweede cilinder trekt op zijn beurt de onderste drukstang iets naar rechts. Hierdoor klemt deze niet meer tegen de bol aan en kan het onderste deel van de arm weer in twee richtingen vrij roteren.

3.3.5 Schematische afbeelding van de klemblokkering



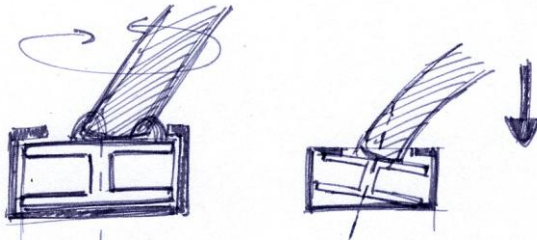
3.3.6 Werking klemblokkering

Als de arm horizontaal staat moet de klemwerking op de bol een koppel van $0.6 \cdot 120 = 72 \text{ Nm}$ op kunnen vangen. Uitgaande van een bol met een straal van 5 cm moet de wrijvingskracht dan $72 / 0.05 = 1440 \text{ N}$ zijn. Als de klemming staal op staal is met een wrijvingcoëfficiënt van 0.2 betekend dit een normaalkracht van 7200N. Deze moet standaard via de hendel worden geleverd met een veer. Het is de vraag of dit haalbaar is aangezien het niet te veel kracht mag kosten de hendel in te drukken om de positie te verstellen. Verder is dit concept redelijk gecompliceerd. Er zullen veel maakdelen nodig zijn wat de kostprijs niet ten goede zal komen. Ook in deze oplossing is het veermechanisme wat in de bestaande armsteun zit eruit gehaald.

Bij een aantal van de beschreven oplossingen is nog geen oplossing voor de blokkering van de draai-as gevonden. Enkele oplossingen hiervoor staan beneden beschreven.

Kantelbare draaischijf

De draaischijf kan in onbelaste staat vrij rond draaien in de houder. Als de armsteun echter belast wordt zal de draaischijf iets kantelen waardoor de draaischijf in de houder klemt. Door de frictie die hierdoor ontstaat zal de draai-as geblokkeerd zijn in belaste stand. Als de armsteun horizontaal staat zal het draaien wel stroef gaan omdat de draaischijf dan ook al iets kantelt.



3.3.7 De blokkering van de draai-as

Rem

Een andere oplossing is door gebruik te maken van een rem. Door de rem door middel van een hefboom op een frictieplaat te drukken (die verbonden is met de vaste wereld) ontstaat er wrijving die de draai-as blokkeert. Op deze manier werkt de bestaande armsteun. De frictieplaat kan ook worden vervangen door een tandwielbaan er minder kracht nodig is om de draaiing te blokkeren.

Hydraulische cilinder

Een hydraulische cilinder met een blokkeerbaar circuit die met een kant aan de vaste wereld zit en met een kant aan de draaiende arm kan als deze wordt geblokkeerd voor een blokkering van de draai-as zorgen. Dit zal alleen wel veel ruimte innemen.

Keuze

Uiteindelijk is er gekozen om het ontwerp te realiseren met hydraulische cilinders voor zowel de fixatie in de lengterichting als om de draai-as. De reden hiervoor is dat deze oplossing de eenvoudigste is en ook de minste maakdelen heeft en daarmee kan het product goedkoop geproduceerd worden.

3.4 Bediening

De bediening bestaat uit een hendel die naast de gebruikersinterface zit die met de tegenovergestelde hand bediend wordt. Op deze manier heeft de bediening een dubbele functie, behalve de hendel in te drukken wordt ook de beweging gestuurd. De hand waarmee de chirurg de bediening indrukt tilt namelijk het gewicht van de armsteun en het gewicht van zijn andere arm tijdens het verstellen van de armsteun.

Afsluiting van de hydraulische circuits

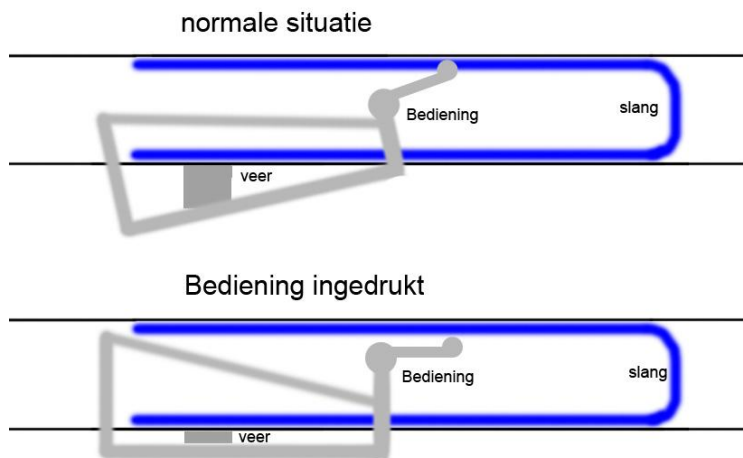
De hydraulische circuits kunnen op twee manieren worden afgesloten. De slangen kunnen worden dichtgeknepen of worden afgesloten. Bij het dichtknijpen is er wel veel kracht nodig omdat de slangen stijf moeten zijn. Door middel van een hefboom kan een dergelijke kracht gerealiseerd worden. Ook moet het materiaal van de slang op dat punt zo taai zijn dat de slang geen scheurvorming gaat vertonen binnen de beoogde levensduur. Eventueel kunnen er bij de bediening van kleine stukjes soepele slang worden gebruikt.

De andere manier is de slangen afdichten met een sluiting. De beste oplossing hiervoor is een kogelkraan sluiting (meer informatie in bijlage H). Nadeel hiervan is dat er drie kogelkraan sluitingen nodig zijn die allemaal met een hendel bediend moeten kunnen worden.

Een andere manier voor de afsluiting die tijdens het maken van een functioneel prototype goed bleek te werken is het dubbelknikken van de slang.

Voorlopig wordt er bij dit ontwerp voor gekozen om de slangen af te dichten door ze dicht te knijpen. Dit is omdat dit de eenvoudigste en daarmee goedkoopste oplossing is. Voor verdere uitwerking van het ontwerp zal moeten worden getest of deze manier goed genoeg werkt. Als dit niet zo is kan worden over gegaan op het kogelkraan principe of het dubbelknikken.

Verder zijn er in bijlage K nog een aantal berekeningen gemaakt ten aanzien van de krachten die de hydraulische cilinders en de assen moeten opvangen.



3.4.1 De bediening

het element dat de slangen dichtdrukt precies een slangdikte zijn, waarschijnlijk zal dit rond 3 mm liggen. Het hoekverschil om deze slag te bereiken zal ongeveer 15 graden zijn.

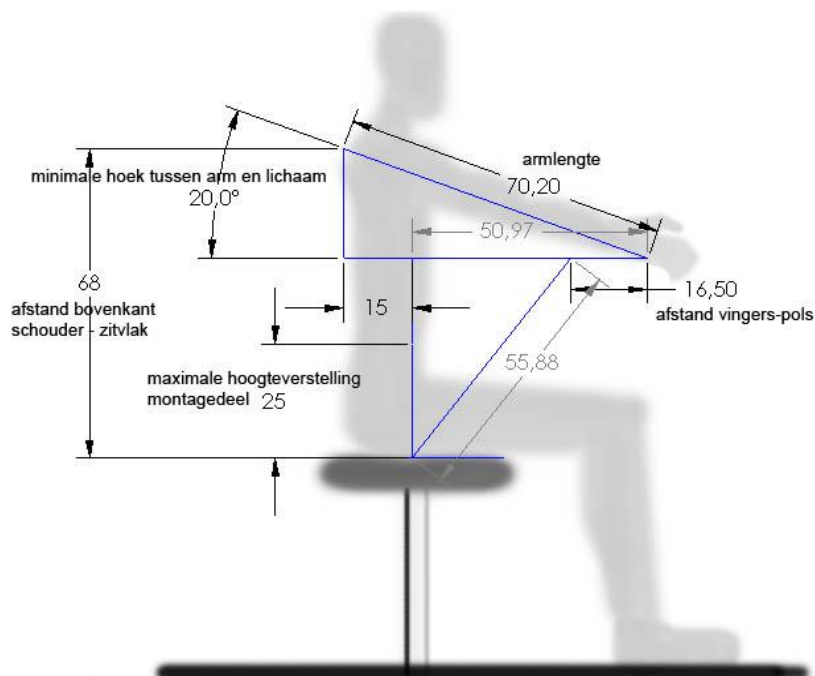
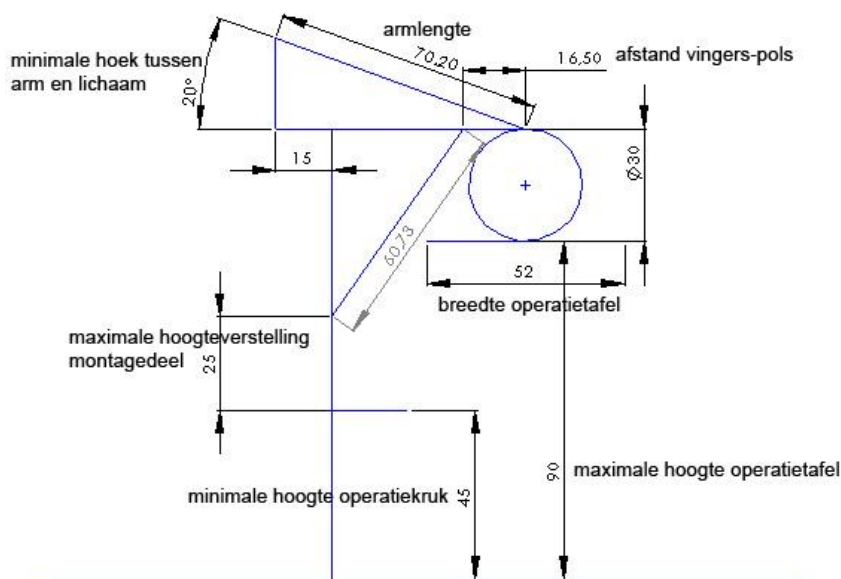
Bedieningshendel

De bedieningshendel zit ongeveer in het midden van de bovenarm. Op deze manier zal het niet voorkomen dat de bediening te dicht bij de patiënt ligt en deze de chirurg in de weg ligt tijdens het bedienen. Deze hendel is in feite een hefboom die in de normale situatie wordt voorgespannen door een kleine stijve veer. Aan de andere kant van de hefboom worden hierdoor drie slangen dichtgeknepen waarmee alle hydraulische circuits geblokkeerd zijn.

In het ontwerp zal de slag van het element dat de slangen dichtdrukt precies een slangdikte zijn, waarschijnlijk zal dit rond 3 mm liggen. Het hoekverschil om deze slag te bereiken zal ongeveer 15 graden zijn.

3.5 Bereik

Het bereik kan door de verstelbare bevestiging aanzienlijk vergroot worden. Het draaipunt van de arm wordt hiermee namelijk naar omhoog verlegd bij langere mensen, de armen van de armsteun hoeven op deze manier dus niet verlengd te worden. Doordat de armsteun aan de kruk is gemonteerd hoeven de armen ook minder lang te zijn. Een kruk is mobiel dus zal de kruk worden verreden als de chirurg ver over de tafel moet werken. Het draaipunt van de armsteun zal hiermee ook verplaatst worden. Ook kan de gebruikersinterface over de pols heen schuiven richting elleboog. De hand komt dan ook verder wat het bereik vergroot, dit moet echter niet noodzakelijk zijn om het beoogde bereik te realiseren. Het bereik is door al deze factoren moeilijk precies vast te stellen. Het in onderstaand beschreven bereik is dan ook een schatting voor benodigde lengtes en hoeken.



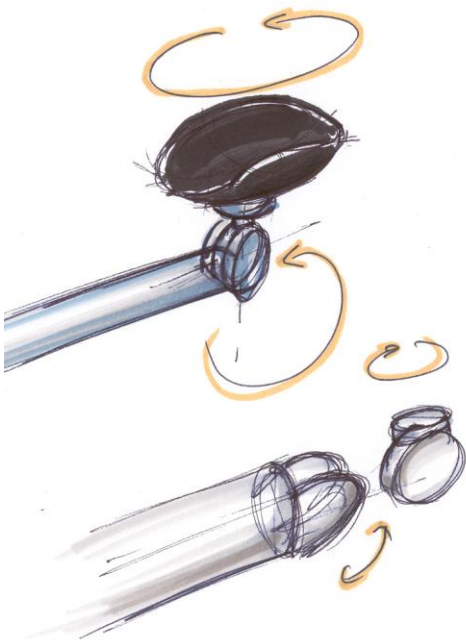
Om te bekijken hoe lang de armen van de armsteun zijn moet er worden bekeken welke afstanden tussen chirurg en patiënt bestaan tijdens het opereren. Eerst wordt er bekeken welke plaatsen het ondersteuningspunt allemaal moet kunnen bereiken. De gekozen doelgroep opereert alleen in de hoofdzone, hier wordt bij het bereik vanuit gegaan. Het ondersteuningspunt zal een bepaalde afstand van het hoofd afluigen. Het ondersteuningspunt zal ongeveer een handlengte van het hoofd afluigen omdat deze aangrijpt op de pols (het gaat hier om een ruwe schatting). De minimale handlengte is 165 mm (P5 mannen+vrouwen). Voor het hoofd wordt uitgegaan van een bol met een diameter van 30 cm, omdat de hand een bepaalde afstand van het hoofd af ligt. Dit is dus de uiterste punt van de hand. Krukken hebben een instelbereik van ongeveer 45 tot 70 cm van de grond, de hoogtevariatie is dus 25 cm. Het montagedeel kan door middel van de hoogte verstelling ook 25 cm versteld worden. Uitgaande van de laagste stand van de kruk kan het draaipunt van de armsteun dus op 70 cm hoogte komen (de hoogte van het draaipunt van de armsteun kan dus door de hoogteverstelling van de kruk en van het montagedeel variëren tussen de 45 en 95 cm). De operatietafel wordt tussen van 70 en 90 cm ingesteld bleek uit gebruiksonderzoek. Voor de maximaal benodigde lengte wordt

3.5.1 Benodigde antropometrische maten

er uitgegaan van de hoogste stand.

De maximale horizontale afstand van het draaipunt van de arm tot het uiterste punt van de hand is als volgt geschat. De lengte van schouder tot hand is maximaal 80.2 (p95 mannen+vrouwen). Er wordt niet met volledig gestrekte armen gewerkt, de ellebogen maken altijd een lichte hoek wat de armlengte verkort. Bij deze schatting wordt hiervoor 10 cm gecorrigeerd. Het draaipunt van de armsteun zit horizontaal gezien op dezelfde positie als de stoelkolom, het achterste punt van het lichaam zal ongeveer 15 cm achter het middelpunt van de stoelkolom liggen. Ook maken de armen een hoek met het lichaam, er wordt dus niet met de armen horizontaal gewerkt. Deze hoek zal minimaal rond de twintig graden liggen. Dit verkort de horizontale afstand tussen stoelkolom en ondersteuningspunt. De maximale horizontale afstand tussen het draaipunt van de armsteun en het uiterste punt van de hand wordt zo $(80.2-10.0)\cos 20-15.0 = 51.8$ cm. Een schatting van de afstand tussen het ondersteuningspunt (de pols) en de vingers is 16.5 cm. Als er nu een rechte lijn wordt getrokken tussen het draaipunt en het ondersteuningspunt van de armsteun is de 60.7cm. Dit is dus de minimale lengte om het noodzakelijke bereik te dekken (in de uiterste stand). De lengte van de armsteun zal 60 cm worden. In afbeelding 3.3 is alleen naar de maten van de persoon zelf gekeken de totaal maximaal benodigde lengte is dan slechts 56 cm.

3.6 Gebruikersinterface

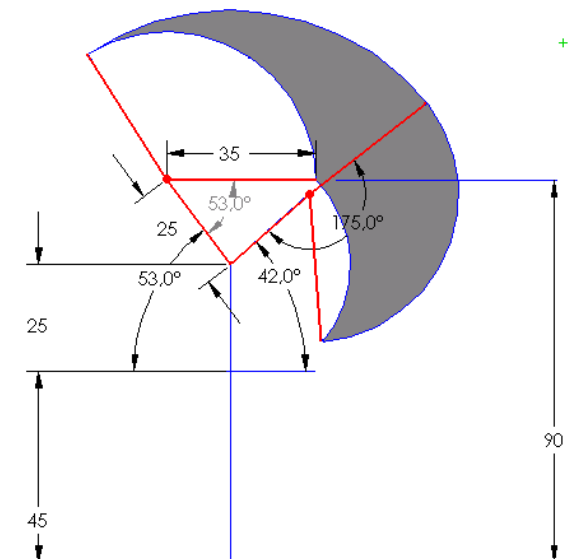


3.6.1 Vrijheidsgraden van de gebruikersinterface

gedefinieerd, hierbij is gekeken bij welke hoeken van de armsteun de gebruikersinterface zich op een nuttige plek bevindt. In de uiterste stand naar linksonder is de bovenarm horizontaal en maakt de onderarm een hoek van 53 graden met de grond. In de uiterste stand naar rechtsboven maakt de onderarm een hoek van 42 graden en loopt de bovenarm bijna parallel met de onderarm. Met deze uiterste standen is het

Als de 600 mm lengte die nodig is wordt verdeeld over twee gelijke armen van 300 mm zal de hoek tussen de onder en bovenarm bij normaal soms kleiner zijn dan 90 graden. Als er een andere verdeling wordt gebruikt, namelijk 250 mm en 350 mm betekent dit dat de gebruikersinterface altijd hoger ligt dan het scharnierpunt van de arm. Deze verdeling heeft als voordeel dat de gebruikersinterface op deze manier bovenop de arm geplaatst kan worden in plaats van onder de arm zoals bij de bestaande armsteun. Het voordeel hiervan is dat er geen bereik ingeleverd hoeft te worden, het ondersteuningspunt ligt zelfs iets hoger. Wel moet er zoveel wrijving in het scharnier van de gebruikersinterface zitten dat deze uit zichzelf in een bepaalde stand blijft staan. Op deze manier wordt voorkomen dat de interface onderste boven zal hangen. Het gaat namelijk hier om een instabiel evenwicht.

Ook moeten de uiterste standen van de armsteun worden

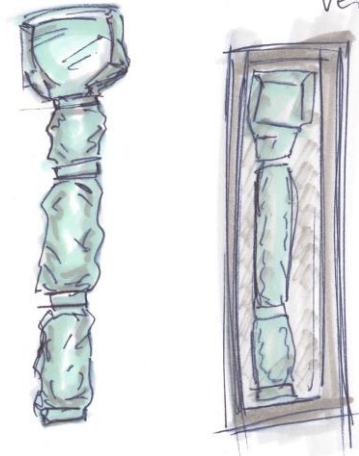


3.6.2 Bereik van de gebruikersinterface

bereik gedefinieerd zoals in de afbeelding. Met de bevestiging kan dit bereik ook nog in hoogte worden versteld.

3.7 Steriele hoes

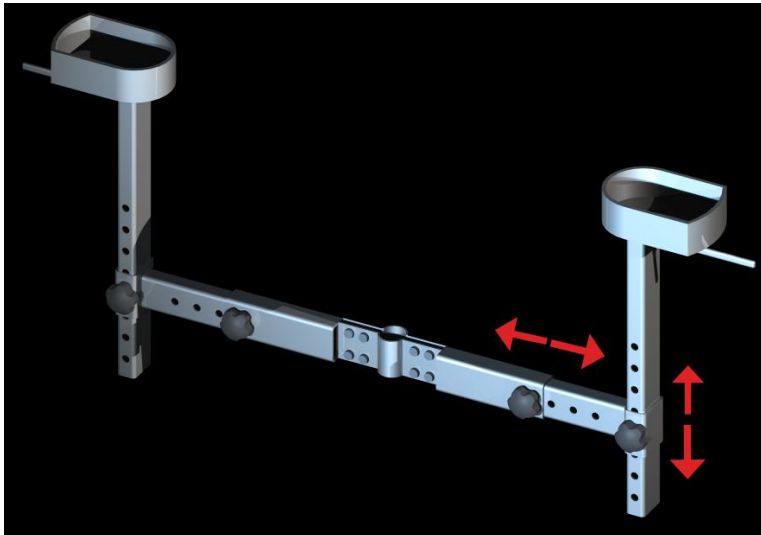
Om de armsteun steriel te maken komt er een steriele hoes omheen. Belangrijk is dat deze steriele hoes gemakkelijk om de armsteun bevestigd kan worden. Er is daarom gekozen voor een steriele hoes die met elastieken om de armsteun is bevestigd. Op deze manier kan de hoes over de armsteun worden getrokken en zorgen de elastieken ervoor dat de hoes in de juiste vorm zit. Ook is de bediening zo duidelijk zichtbaar en goed te bedienen door de hoes heen. De steriele hoes zal verpakt zijn zodat deze onsteriel opgeslagen kan worden.



3.7.1 De steriele hoes

3.8 bevestiging

Omdat de armsteun makkelijk gemonteerd moet kunnen leveren het veel tijdswinst op als er met een semi-permanent montagedeel wordt gewerkt. Dit montagedeel wordt eenmalig op de kruk gemonteerd waarna het niet meer losgehaald hoeft te worden. Dit montagedeel mag geen hinder geven bij normaal gebruik van de kruk zonder de armsteun. De armsteun kan vervolgens snel en gemakkelijk op het montagedeel gemonteerd en gedemonteerd worden.

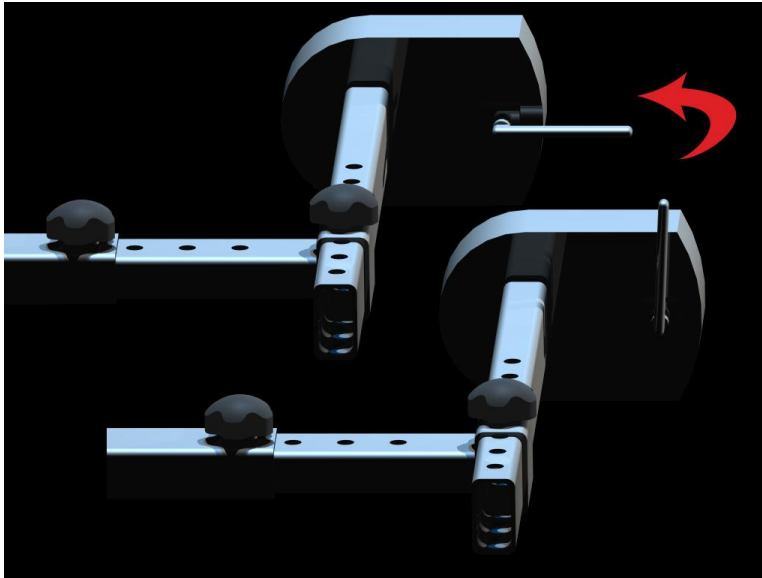


3.8.1 Verstellmogelijkheden van het montagedeel

zijn, niet alle krukken zijn even breed en de armsteun moet op verschillende hoogtes gemonteerd kunnen worden. Ook is het minder van belang hoe het montagedeel is vorm gegeven, het zit namelijk onder de kruk en zal daardoor weinig opvallen.

Het montagedeel moet stevig op de kruk zitten en moet aan variabele diameters van stoelkolommen kunnen worden gemonteerd. De diameters hiervan liggen bij operatiekrukken niet ver uit elkaar. Ook komen er veel krachten op dit montagedeel te staan. De omklemming om de stoelkolom moet dus krachtig zijn. Ook moet het montagedeel zelf zo stijf mogelijk zijn, het moet tegen de torsie en doorbuiging kunnen die de armsteun op het montagedeel uitoefent. Daarnaast moet het montagedeel ook verstelbaar

Deze bevestiging heeft naast de kolom rechthoekig profiel. Dit omdat de buizen niet ten opzichte van elkaar mogen gaan draaien waarbij het profiel als vormslot fungeert. Dit deel moet wel veel torsie op kunnen vangen maar er is niet voor een cirkelvormig profiel gekozen omdat dit moeilijker te produceren zal zijn en het profiel zelf draaiing ten opzichte van de armsteun toestaat waardoor alle krachten op de bout komen te staan. Bovendien kan een rechthoekig profiel voor dit geval torsiestijf genoeg zijn. Om het draaipunt van de armsteun op dezelfde hoogte als de zitting van de kruk te krijgen zal ongeveer 15 cm nodig zijn. Daarnaast is er nog een hoogteverstelling van 25 cm nodig wat de totale lengte van de hoogte verstelling op 40 cm brengt.



Voor de installatie geldt dat de knoppen waarmee de armsteun gemonteerd en gedemonteerd wordt makkelijk bedienbaar moeten zijn. In de OK wordt vaak gewerkt met latex handschoenen met weinig grip waardoor er weinig kracht kan worden gezet. De montage moet dus zeer gebruiksvriendelijk zijn.

De armsteun kan daarom aan het montagedeel worden gemonteerd door de hendel een kwartslag te draaien. De hendel draait dan een schroef vast in de armsteun. Dit zorgt

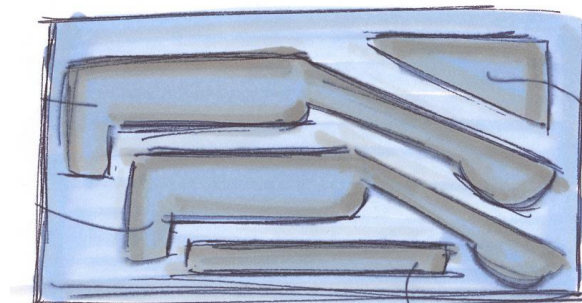
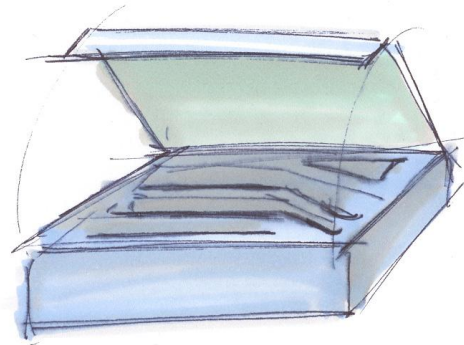
3.8.2 Het vastzetten van de armsteun aan het montagedeel

ervoor dat de armsteun niet meer in hoogte-richting kan variëren. Het bovenste deel van het montagedeel fungeert als vormslot voor de voet van de armsteun, op deze manier is de bevestiging na montage volledig gefixeerd.

3.9 Opslag

De armsteun moet binnen een minuut op het montagedeel te monteren zijn. Het is daarbij belangrijk dat de armen na installatie op het montagedeel zo staan dat de steriele hoes er makkelijk overheen kan worden getrokken en de armen moeten zo staan dat de chirurg zonder obstakels kan gaan zitten zonder de armen met onsteriele delen aan te raken. Als dit wel gebeurt kan de steriele doek namelijk niet meer als steriel worden beschouwd.

Een goede manier om de volgende doelen te bereiken is door de armen verticaal omhoog te monteren. De hoes kan er dan makkelijk van boven naar beneden overheen worden getrokken en de armen vormen zo geen obstakel tijdens het gaan zitten van de chirurg. Om ervoor te zorgen



3.9.1 Verpakking van de armsteun

dat de armsteunen ook daadwerkelijk verticaal gemonteerd wordt kan er in het montagedeel een fysiek systeem worden aangebracht wat er voor zorgt dat de armsteun alleen op die manier gemonteerd kan worden. Een andere manier is om een verpakking voor de armsteunen te maken waar de armsteunen in worden opgeslagen waarbij de armsteunen alleen in de verticale stand kunnen worden opgeslagen en zo op de juiste manier gemonteerd zullen worden. Een bijkomend voordeel van een verpakking is dat de steriele hoezen hierin ook kunnen worden opgeslagen en hier geen aparte plek voor is en er dus nooit naar hoeft te worden gezocht.

3.10 Vormgeving

Om te bepalen hoe de armsteun eruit komt te zien zijn er twee collages gemaakt. De eerste is een doelgroepcollage waarin de algemene sfeer tijdens operaties duidelijk gemaakt wordt. De tweede is een sfeercollage voor de beoogde uitstraling van de armsteun.



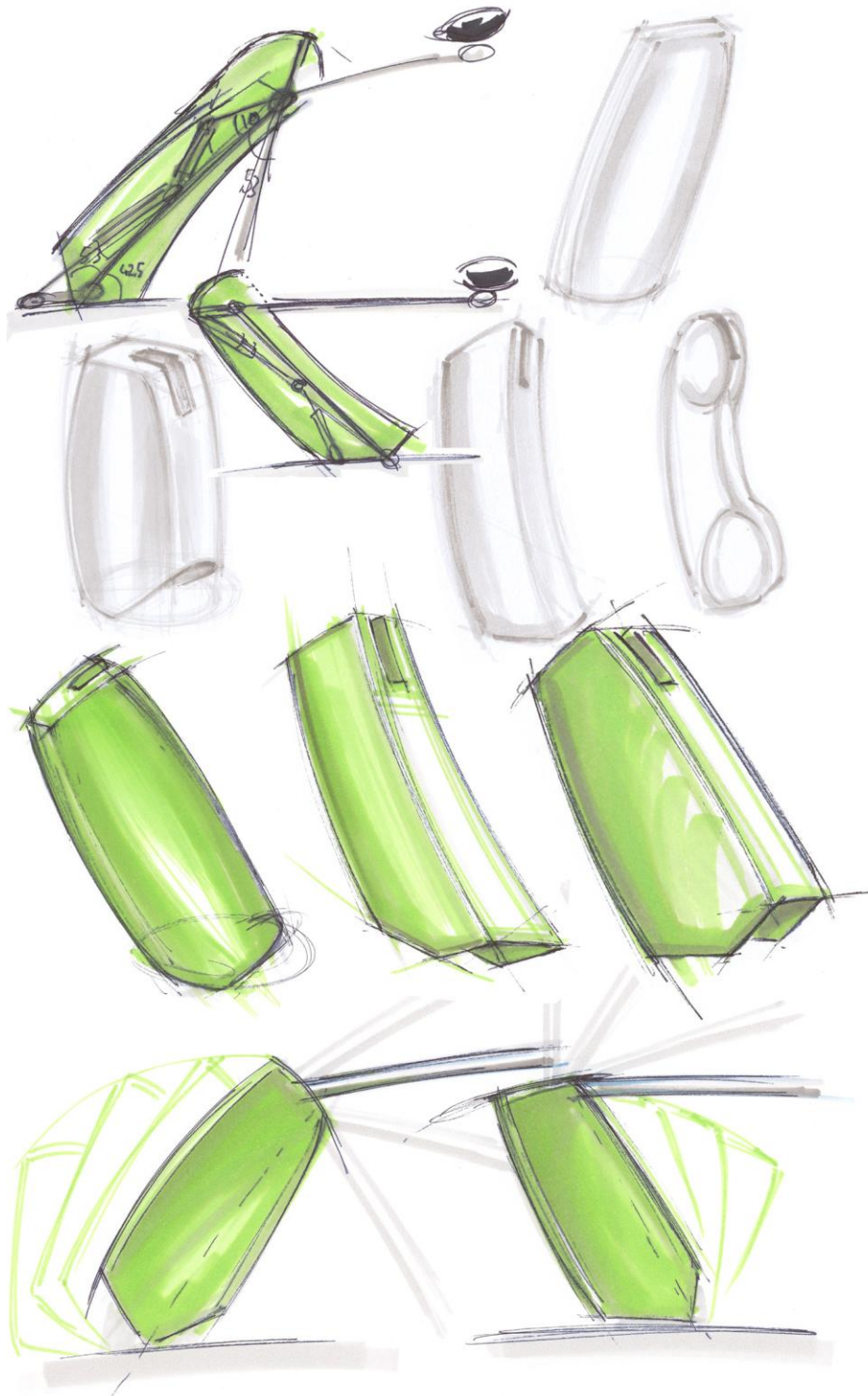
3.10.1 Doelgroepcollage

In deze collage staat de sfeer tijdens operaties centraal. Voor de operatiegereedschappen wordt er veel chroom en staal gebruikt en de vormgeving is erg functioneel.



3.10.2 Productsfeercollage

In deze collage wordt de randapparatuur voor een operatiekamer getoond. Het gaat hierbij om innovatieve producten, deze productcategorie is dezelfde als waar de armsteun onder zal vallen. Bij deze producten is er meer aandacht aan de vormgeving gegeven. De vormgeving is minder functioneel en de producten zien er minder technisch uit. Een gebruiksvriendelijke uitstraling is ook belangrijk voor de armsteun.



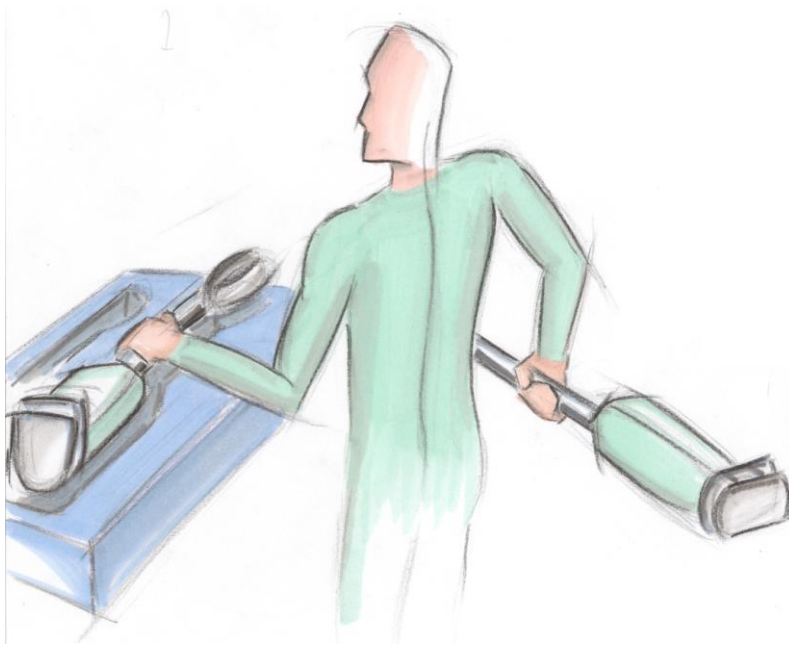
Een grootste deel van de vormgeving wordt bepaald door de kap die om het frame heen komt. Bij de kap moet ook rekening worden gehouden dat deze het frame niet blokkeert in de uiterste standen. Hiernaast is de ontwikkeling van de vorm van de kap te zien. Bij de vormgeving is geprobeerd de kap zo vorm te geven dat de armsteun een gebruiksvriendelijke uitstraling krijgt en er niet zo technisch uit ziet als conventionele ziekenhuis apparatuur. Onderaan is te zien welke vorm er gekozen is. Deze vorm is verder uitgewerkt in de vorm van een cad-model die is opgenomen in het totale cad-model van de armsteun.

3.10.3 Vormgevingsproces van de kap

3.11 Storyboard

Om duidelijk te maken hoe stappen van het gebruik van de armsteun doorlopen worden is er een storyboard uitgewerkt.

Installatie

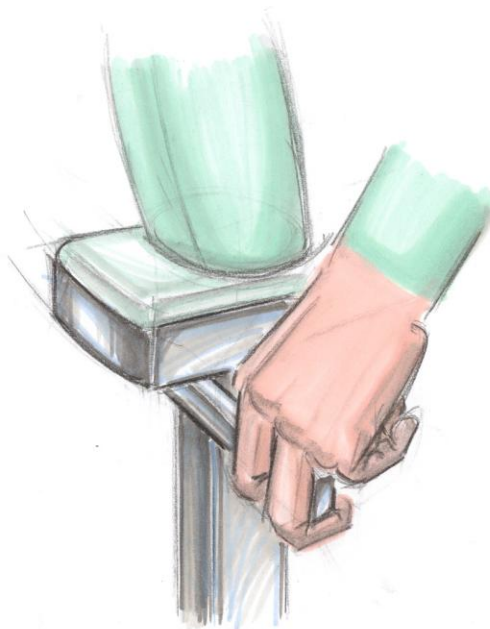
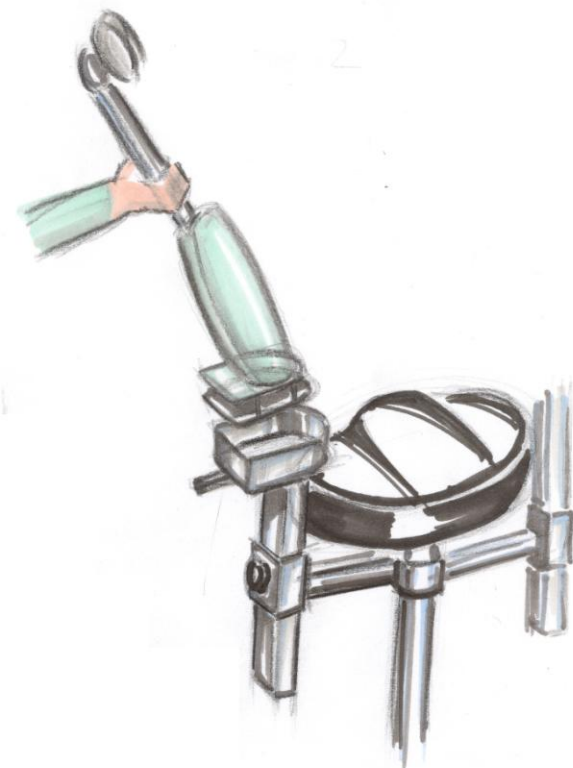


Voordat de operatie begint zet de operatieassistent de spullen in de OK klaar. Om de armsteun te installeren loopt de operatieassistent eerst naar de opslagplaats. Dit is waarschijnlijk een plankenkast in de OK, in andere gevallen kan dit een berging bij de OK zijn.

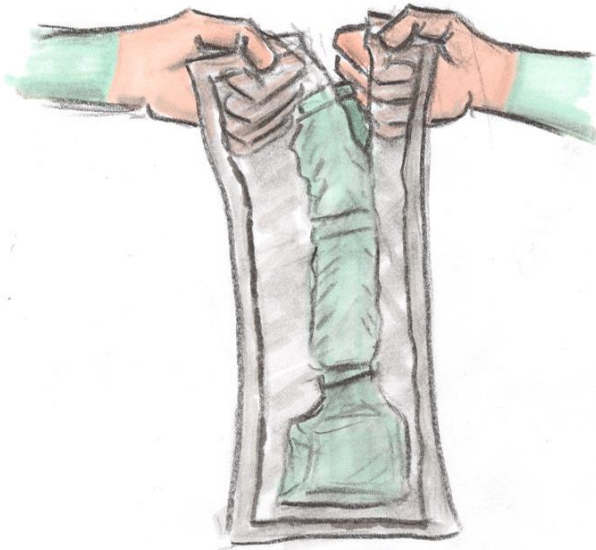
De operatieassistent pakt dan de armsteunen uit de verpakking en neemt een steriel hoes mee die ook in verpakking zit. Vervolgens zet de operatieassistent de armsteunen een voor een in het montagedeel (wat aan de kruk vast zit).

3.11.1 De armsteun uit de verpakking halen

Om de steun vast te zetten draait de operatie assistent de hendel van het montagedeel een kwartslag (de operatieassistent hoeft hier niet voor te bukken). Vervolgens kan de operatie assistent het bevestigingspunt van de armsteun nog verplaatsen de buizen van het montagedeel in en uit elkaar te schuiven.



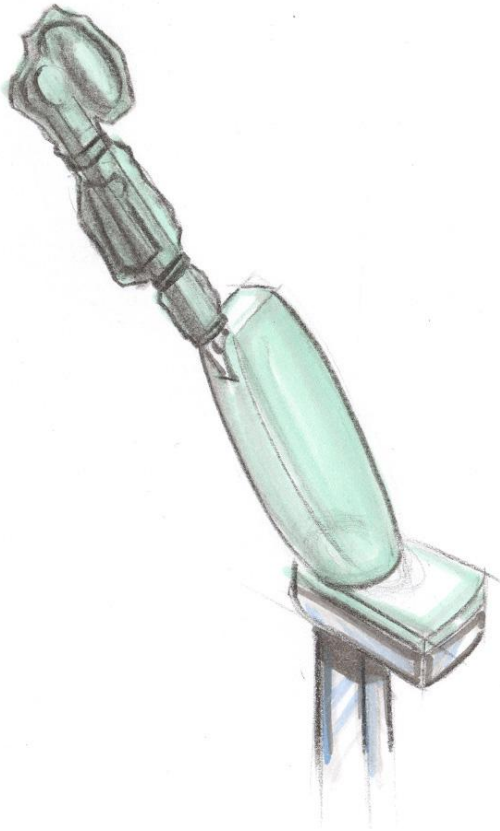
3.11.2 Het vastzetten van de steun



Daarna pakt de operatieassistent de steriele hoezen en scheurt hij de verpakking open. De operatieassistent pakt dan met een steriele handschoen de steriele hoes uit de verpakking.

Vervolgens pakt de operatieassistent de hoes bij de open kant vast en trekt hij de opening verder open (de elastieken rekken dan uit). De operatieassistent trekt de hoes dan rustig over de armsteun heen.

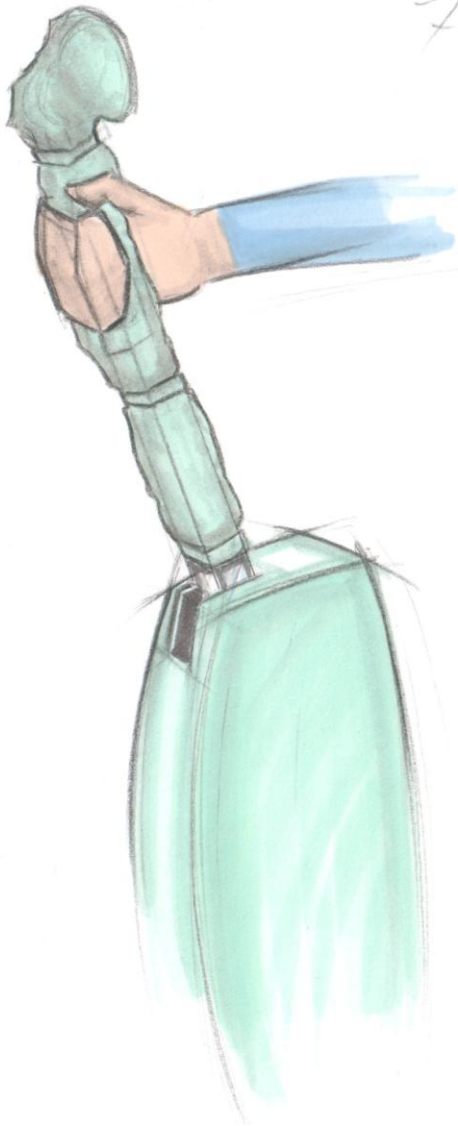
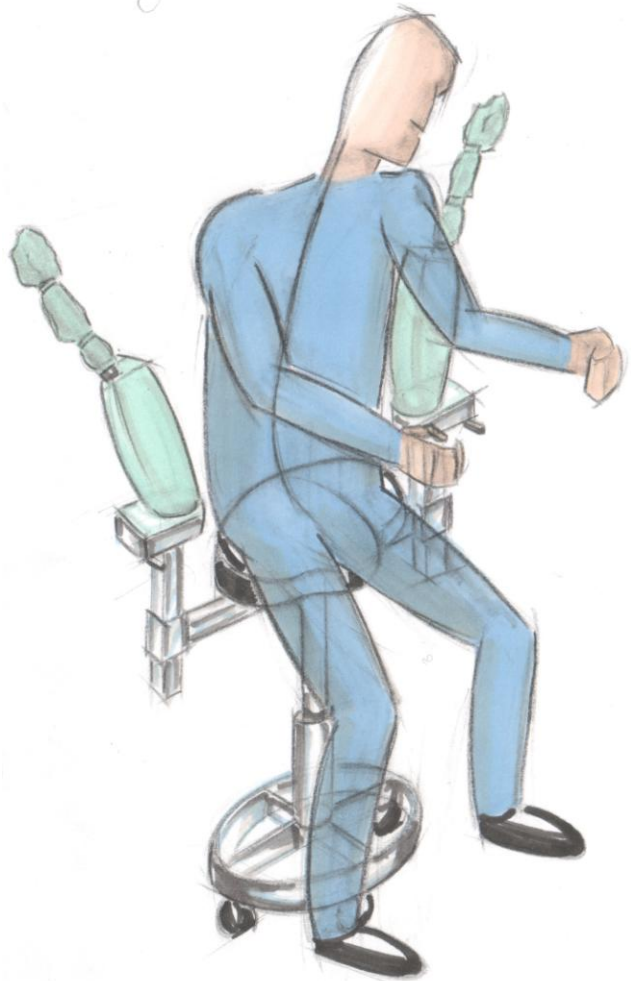
Dit proces kan dan herhaald worden voor de andere armsteun. De installatie is dan voltooid en de armsteun staat nu klaar voor gebruik.



3.11.3 Het uitpakken en plaatsen van de steriele hoezen

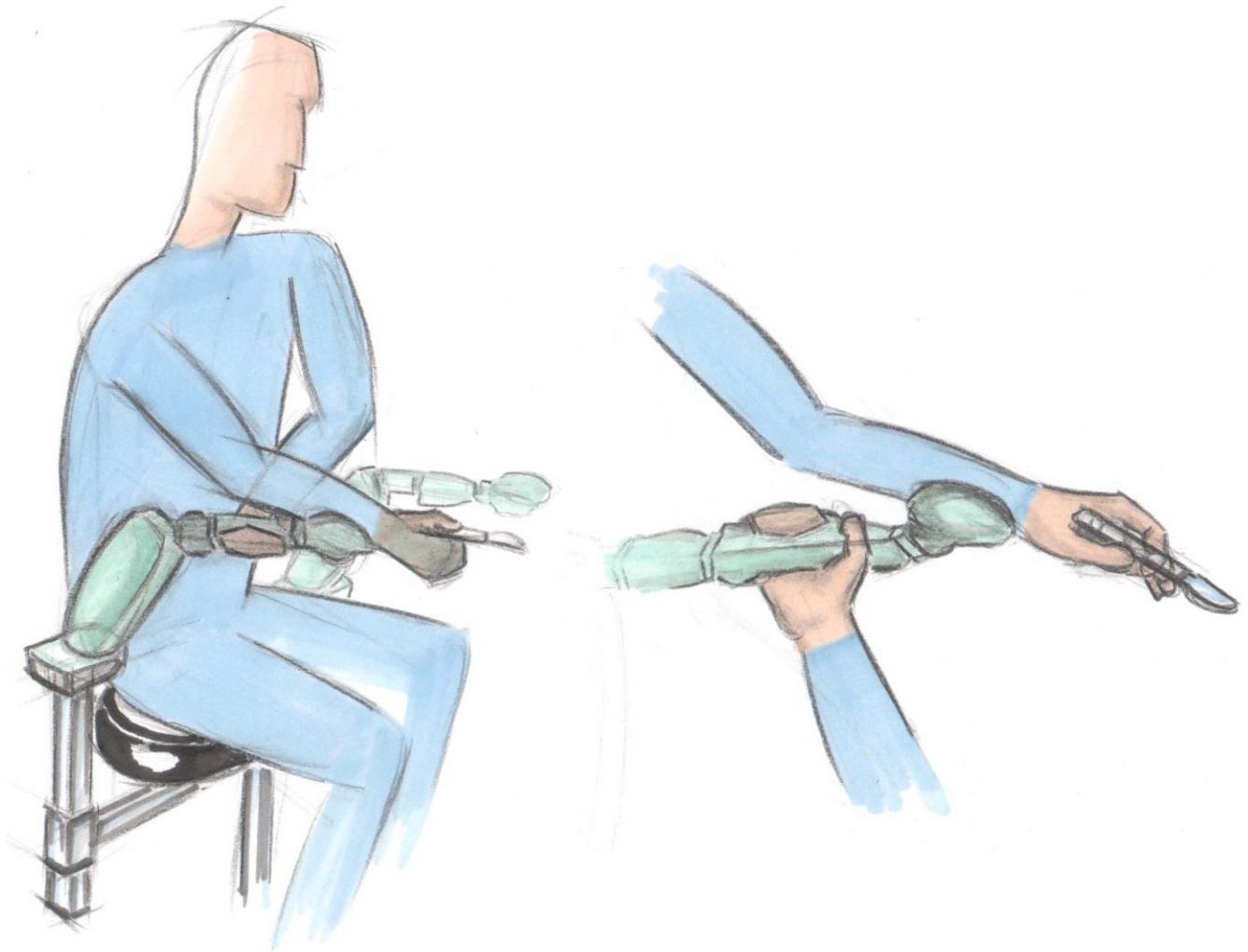
Gebruik

Als alles in de OK geïnstalleerd is kan de operatie beginnen. Voor het begin van de operatie gaat de chirurg op de kruk zitten. Hij mag tijdens het gaan zitten niet met zijn rug (of andere onsteriele delen) tegen de steriele hoezen op de armsteun aan komen. De armsteunen staan na installatie dan ook weggedraaid zodat dit niet zal gebeuren. Als de chirurg zit pakt hij de armsteunen vast bij de bediening en zet deze in de juiste stand alvorens hij begint met opereren.



Als de chirurg op een andere plek wil opereren moet hij de armsteun verstellen. Hij doet dit door de bediening in te drukken. Hiervoor gebruikt de chirurg de andere hand zodat hij de hand waarmee hij aan het opereren is in dezelfde stand kan houden. Als hij de bediening vervolgens weer loslaat is de armsteun weer gefixeerd zodat de chirurg erop kan leunen.

Ook kan de chirurg de armsteun tijdelijk wegzetten als hij met andere operatiehandelingen bezig gaat. Dit gaat op dezelfde wijze als de armsteunen in de beginstand staan (na de installatie).



3.11.5 Het verstellen van de armsteun

Deïnstallatie

Als de chirurg klaar is met de operatie en is opgestaan van zijn kruk kan de armsteun worden opgeborgen. De operatieassistent zet de armsteunen eerst in de beginstand. Vervolgens kan hij de hoezen van de armsteunen aftrekken en weggooiden. Daarna maakt hij de armsteun los de hendel van het montagedeel los te draaien. Eventueel kan de het montagedeel nog ingeschoven worden zodat men daar geen last meer van heeft. Dan tilt de operatieassistent de armsteunen uit het montagedeel en neemt ze mee naar de verpakking. De armsteunen staan nu al in de juiste stand zodat deze in de verpakking passen. Nu kunnen de armsteunen in de verpakking en liggen ze klaar voor de volgende operatie.

4 Detaillering

In de afbeelding hiernaast is te zien hoe de armsteun eruit komt te zien als deze op de kruik gemonteerd is. In dit hoofdstuk zal uitgelegd worden hoe de armsteun er precies uit zal komen te zien en hoe de constructie in elkaar zit. En zal er wat worden verteld over hoe de armsteun geproduceerd zal gaan worden.

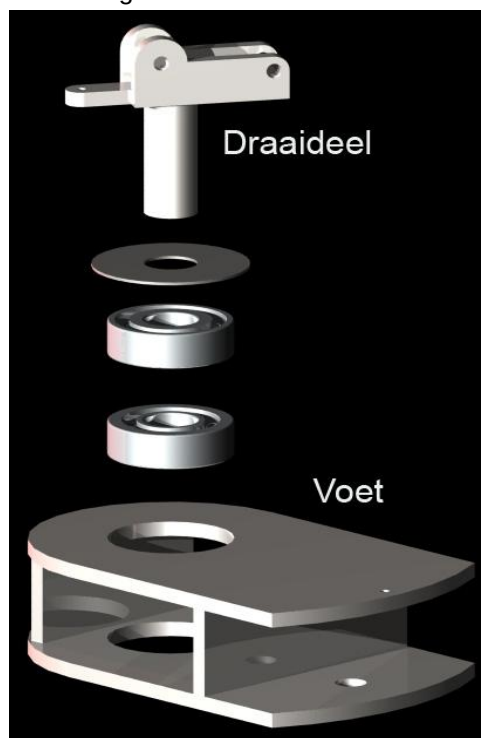
4.1 Constructie

In de afbeelding hiernaast is het frame van de armsteun te zien. De configuratie van de cilinders is veranderd ten opzichte van de conceptoplossing. Dit is gedaan omwille van de compactheid van het frame. Bij de constructie van het frame is er geprobeerd zo weinig mogelijk onderdelen te gebruiken en zoveel mogelijk standaardonderdelen. Het doel was namelijk dat de armsteun goedkoop te produceren moest zijn. Met veel maakdelen zal dat niet lukken. Er is ook op gelet dat de maakdelen goedkoop te produceren zijn, er zitten dan ook geen gietdelen in het frame.

Het frame rust op een voet die in het montagegedeelte wordt vastgezet. Via de bedieningshendel kan de armsteun vervolgens in alle willekeurige standen worden



4.1.1 Het frame van de armsteun

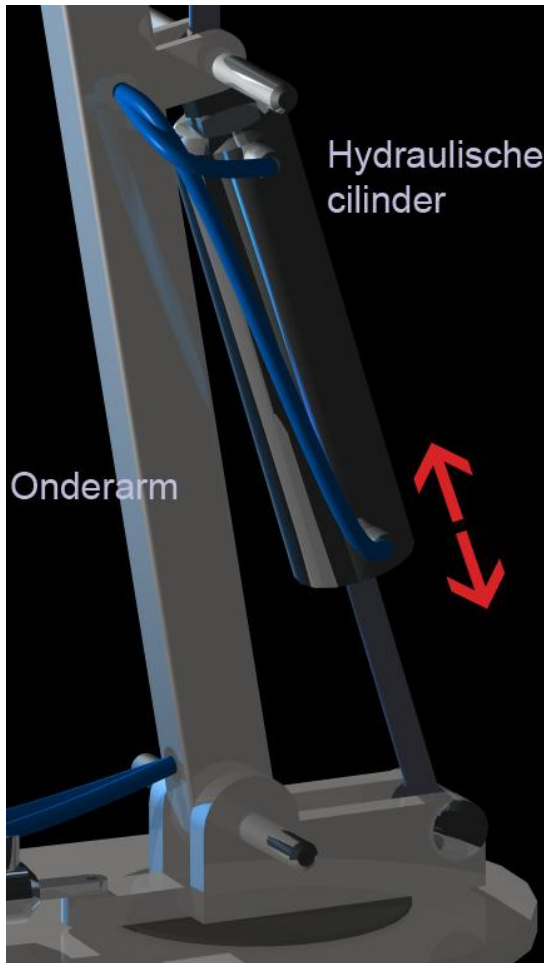


4.1.2 De voet van de armsteun

gefixeerd. Om dit frame komen nog kunststof kappen zodat de armsteun er gebruiksvriendelijk uitziet.

De voet van de armsteun zit na bevestiging vast aan het montagegedeelte. De hele armsteun moet in de voet van de armsteun kunnen draaien. Aan het draaideel zitten het frame en de hydraulische cilinders vast. Onderaan het draaideel zit een as, hier kan de armsteun in zijn geheel omheen draaien. Op de as komt behoorlijk wat kracht te staan, deze is dan ook aan de voet bevestigd doormiddel van twee lagers die zowel radiale als axiale krachten op kunnen vangen (dit zijn standaard lagers waarvan de specificaties in bijlage I staan). Ook kunnen de twee lagers samen grote momenten opvangen, die worden veroorzaakt als er met veel kracht op de ondersteuning wordt geleund. Om ervoor te zorgen dat het draaideel soepel kan draaien is er een ring toegevoegd, dit voorkomt dat het draaideel door buiging tegen de voet aankomt.

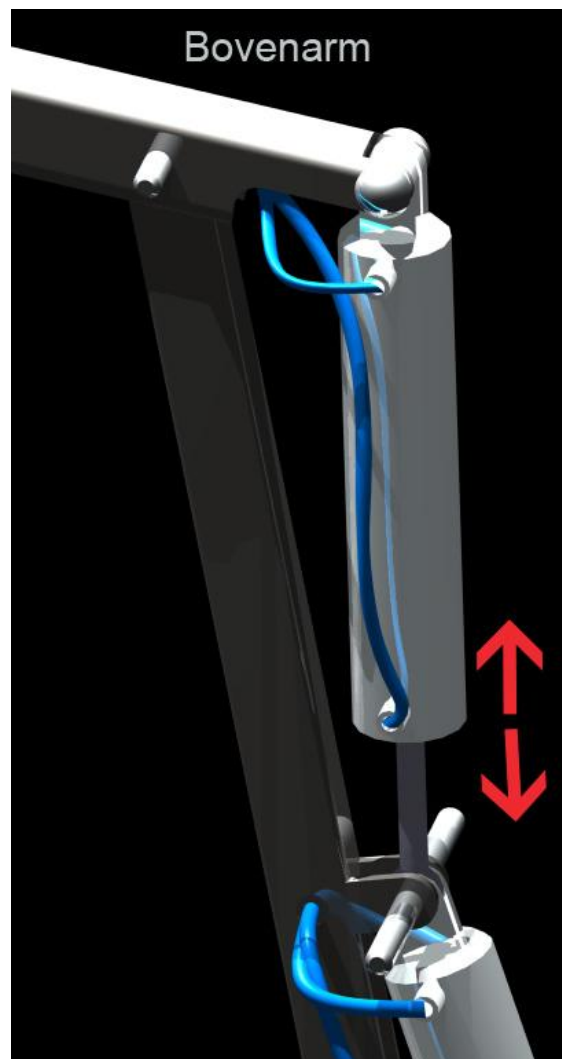
Op deze manier zijn er slechts twee maakdelen nodig om het frame stabiel in het montagegedeelte te bevestigen.



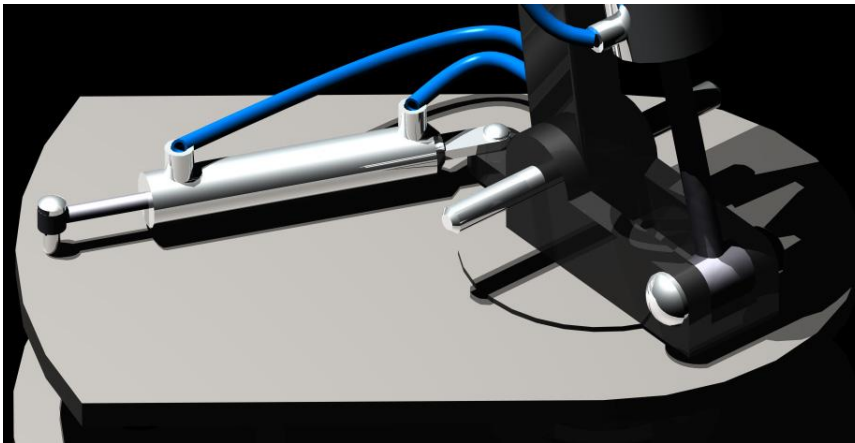
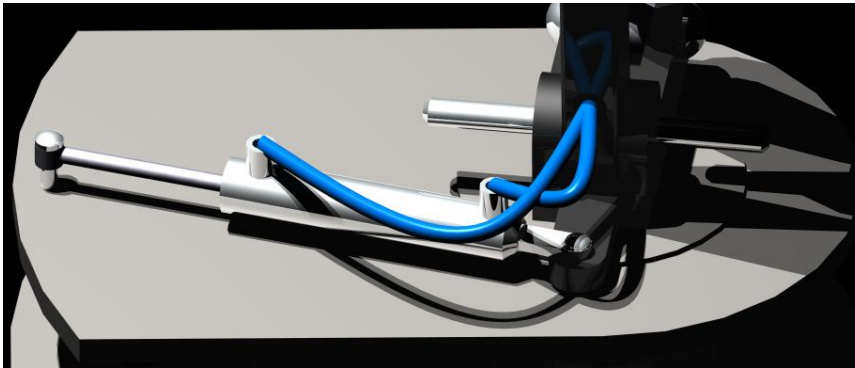
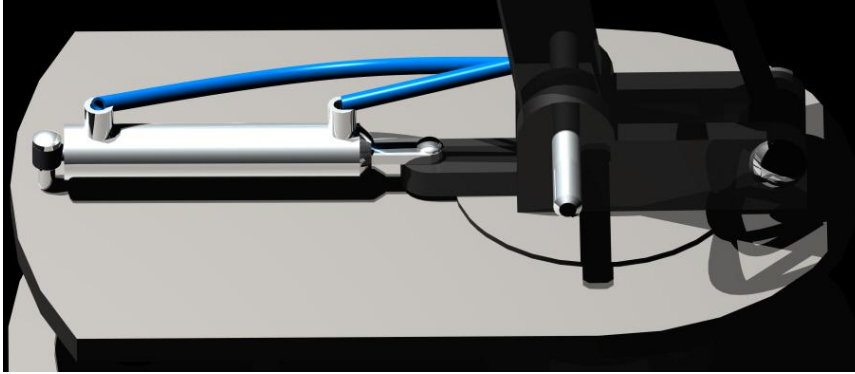
4.1.3 De onderarm van de armsteun

De bovenste hydraulische cilinder die zorgt voor de fixatie van de bovenarm werkt op dezelfde manier. Het cilinderdeel is ook hier aan het draaiende deel (in dit geval de bovenarm) bevestigd zodat de afstand van de slangen tot de bediening in elke stand gelijk blijft. De slanguiteinden van deze cilinder gaan direct de bovenarm binnen via de open onderkant hiervan. De stang van de bovenste hydraulische cilinder is rond dezelfde as gemonteerd als het cilinderdeel van de onderste hydraulische cilinder. Deze configuratie is gekozen omdat de armsteun op deze manier zeer compact blijft. Een ander voordeel is dat cilinders ook een torsiemoment kunnen opvangen wat de speling van het frame in de draairichting vermindert.

Aan het draaideel zijn het frame en twee hydraulische cilinders bevestigd. De hydraulische cilinder die tussen het draaideel en het frame is bevestigd zorgt voor de fixatie van de onderarm. De slanguiteinden aan deze cilinder die het hydraulisch circuit vormen gaan via een gat de onderarm binnen. De onder en bovenarm zijn hol. Ook de bovenkant van de onderarm is hol zodat de slanguiteinden hier langs het scharnierpunt door kunnen lopen in de onderarm. De twee slanguiteinden lopen door tot in de bovenarm bij de bediening waar de slanguiteinden bij elkaar komen. Omdat het cilinderdeel vast zit aan de bovenarm en niet aan het draaideel varieert de afstand tussen de slangen en het gat niet.



4.1.4 De bovenarm van de armsteun



Hiernaast is de hydraulische cilinder die zorgt voor de blokkering om de draai-as te zien. Ook deze zit met het cilinderdeel vast aan de armsteun zodat de slanguiteinden een vaste afstand tot de bediening hebben. De slanguiteinden gaan via een gaat onderaan de onderarm het frame binnen. In de bovenste afbeelding is de hydraulische cilinder volledig ingeklapt. In deze stand gaat de richting van de kracht ook door het middelpunt van de draai-as heen. Dit betekent dat de cilinder geen moment kan leveren en dus ook geen draaiing van de armsteun kan blokkeren. In deze positie staat de armsteun dan ook 90 graden weggedraaid van de chirurg, de ondersteuning bevindt zicht dan nooit in het operatiegebied. Het is dan dus geen bezwaar dat er in deze positie geen blokkering is. Het voordeel van deze configuratie is dat de armsteun zowel naar voren als naar achteren kan worden gedraaid en geblokkeerd zoals in de

4.1.5 De hydraulische cilinder van de draai-as

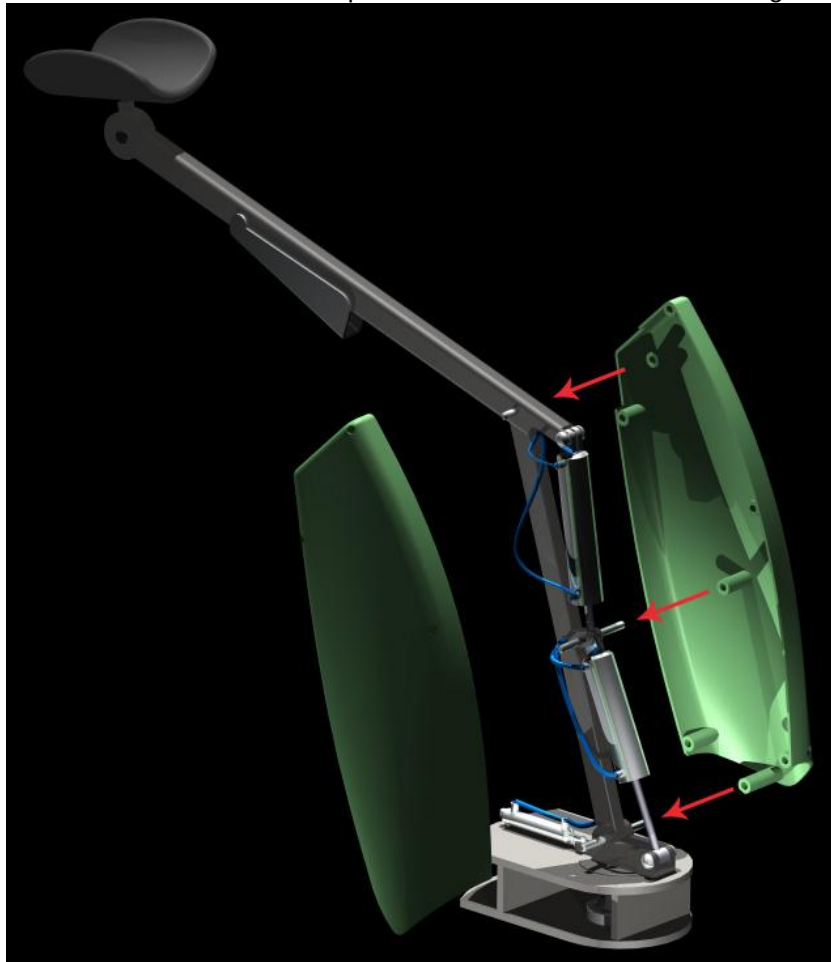
afbeeldingen hierboven te zien is. In de praktijk betekent dit dat de linker en rechterarmsteun identiek zijn en alleen in de tegengestelde richting om de draai-as gedraaid zijn. Er hoeft zo dus maar één soort armsteun geproduceerd te worden wat de kostprijs omlaag zal halen. De cilinder heeft zowel naar voren als naar achter een slag van 120 graden. Hiermee wordt het gehele noodzakelijke bereik gedekt. De armsteun kan tijdelijk opzij worden gezet als de chirurg andere taken wil verrichten en met de twee armsteunen samen is ook het gehele operatiegebied bereikbaar.

4.2 Kunststof kappen

In de afbeelding 4.2.1 zijn de kunststof kappen te zien die om het frame heen komen. De kappen zijn op de onderarm gemonteerd en vormen door drie opstaande randen tevens de afsluiting voor de assen van drie draaipunten zoals op de afbeelding te zien is. De kappen worden tegen elkaar gehouden door schroeven en bouten die door de gaten in de opstaande randen aan de zijkanten langs de kappen zitten. Dit zijn kleine openingen waardoor de schroeven niet in het zicht komen. De vorm van de kap is zo dat deze in de uiterste standen geen belemmeringen in de beweging van de armsteun oplevert.

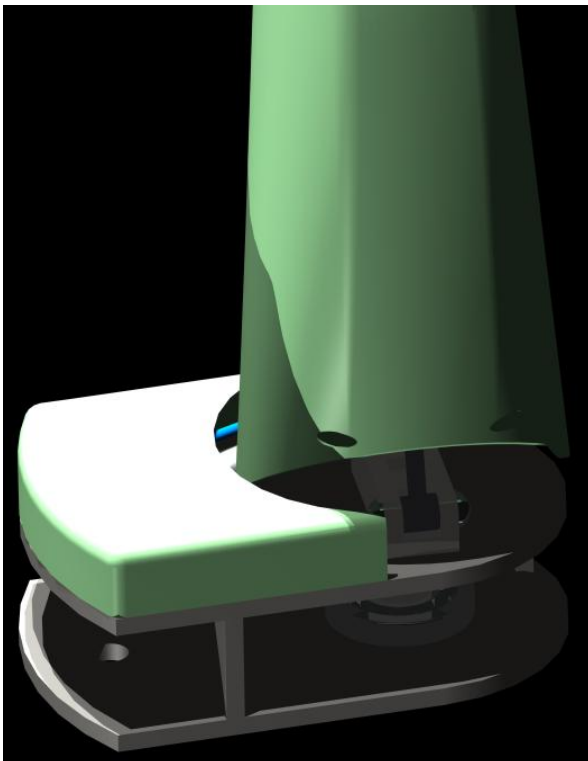
De twee kappen vormen aan de onderkant een cirkel met een diameter van 9 cm.

De onderste kap heeft een uitsnede die net iets groter is zodat de kappen om het frame niet geblokkeerd worden. De onderste

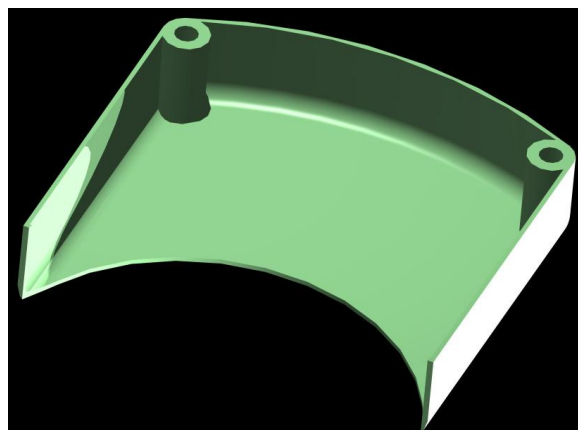


4.2.1 Kunststof kappen om het frame

kap kan met twee schroeven aan de voet van de armsteun worden vast gezet in de twee opstaande randen die in afbeelding 4.2.3 te zien zijn. De schroeven komen op deze manier niet in het zicht.



4.2.2 Punt waar kappen bij elkaar komen



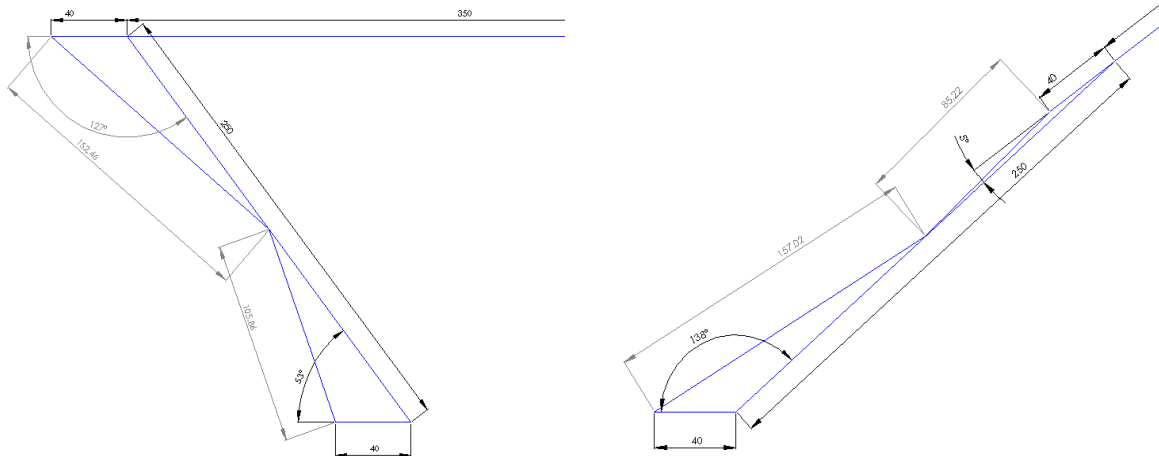
4.2.3 Binnenkant van de kap

De overige openingen die nu nog in de scharnierpunten zitten kunnen met een bol en een cilinderdeel worden weggewerkt of met een kap aan de buitenkant. Dit is alleen nog niet in het cad-model verwerkt.

4.3 Slag van de hydraulische cilinders

In het bereik zijn de uiterste standen van de arm al vast gelegd. De hoeken in de uiterste standen in combinatie met de montagepunten van de cilinders bepalen de slag die de cilinder moet kunnen maken. Om de armsteun zo compact mogelijk te houden is er gekozen voor een configuratie waar de twee cilinders langs de onderarm heen lopen en op het middelpunt van de onderarm zijn gemonteerd. Verder ligt het montagepunt van de cilinders 4 cm van de draaipunten van de armsteun. Deze afstand is een afweging tussen compactheid van de armsteun, krachten die op de cilinder staan en de slag die de cilinder uiteindelijk gaat maken.

De hoeken die de onderarm maakt met de bevestiging zijn 42 en 127 graden, deze kan dus 85 graden draaien. De uiterste hoeken tussen de onder en de bovenarm zijn 5 en 127 graden waardoor de bovenarm 122 graden moet kunnen draaien.



4.3.1 De uiterste standen van de armen

In de afbeelding hierboven zijn de genoemde uiterste standen te zien. De minimale lengte voor onderste cilinder is 105,84 mm en de maximale lengte is 157,02 mm de slag is dus 51,18 mm. De minimale lengte voor onderste cilinder is 85,22 mm en de maximale lengte is 152,66 mm de slag is dus 67,44 mm.

4.4 Productie

Hoewel het ontwerp voor de armsteun nog niet productieklaar is, is er al wel over nagedacht hoe enkele maakdelen het best geproduceerd kunnen worden. De armsteun zal in Nederland in geringe oplage worden geproduceerd. Daarom moet bij de productie zoveel mogelijk moeten worden voorkomen dat er delen gegoten moeten worden. Hier is namelijk een dure mal voor nodig. Onderdelen van het frame zijn dan ook zoveel mogelijk uit plaatstaal en standaard buizen gemaakt. Voor de kunststoffen kappen bestaat er echter geen andere mogelijkheid dan gieten. De goedkoopste productiemethode voor de kappen is waarschijnlijk rotatie gieten of vacuümvormen.

De voet van de armsteun en het draaideel kunnen worden vervaardigd uit 5mm plaatstaal. Doormiddel van twee standaardlagers kunnen deze aan elkaar worden bevestigd. De werktekeningen en verdere beschrijving hiervan zijn te vinden in bijlage L.

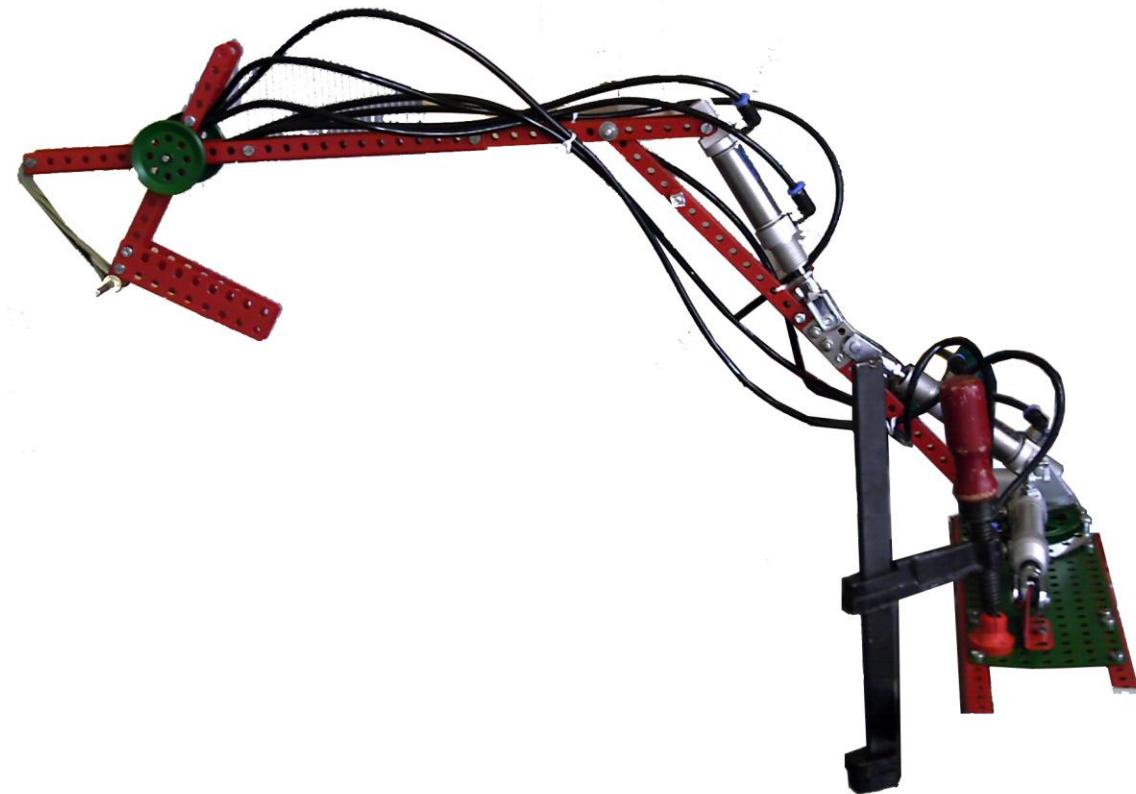
De onderarm van het frame zal een standaard buis zijn die nog wel bewerkt moeten worden. De bovenarm heeft meer bewerkingen nodig en moet er gebruiksvriendelijk uit zien. Deze zal dan ook als een gezette gelazerde plaat geproduceerd worden. De lagering hiervan is nog niet uitgewerkt. Dit komt doordat het frame nog niet is uitgewerkt met standaard hydraulische cilinders. Er zijn al wel bedrijven gevonden die hydraulische cilinders op maat kunnen maken waarbij de slag zelf bepaald kan worden. De bevestiging van standaardcilinders zal ervoor zorgen dat de buizen van het frame hierop moeten worden aangepast. De voet en het draaideel zullen hier niet op aangepast te hoeven worden.

Het montagedeel bestaat voor het grootste deel uit standaard buizen. Hierin moeten nog wel gaten worden geboord voor de verstelling. Het deel wat om de kolom van de kruk klemt en de delen waar de voeten van de armsteunen in komen zijn wel maakdelen, deze kunnen daarna aan de buizen worden vast gelast.

4.5 Eindresultaat

In deze paragraaf wordt het eindresultaat van deze bacheloropdracht in beeld gebracht. Het eindresultaat bestaat uit een 3d-model in Solid Works waarvan een aantal renders zijn gemaakt en een functioneel prototype.

Afbeelding 4.5.1 laat het functionele prototype zien. Deze is gemaakt van Mecano en had als doel om de werking van het principe te illustreren.



4.5.2 Functioneel prototype

Afbeelding 4.5.2 is een rendering van het 3d-model. Zo zal de armsteun er uiteindelijk uit komen te zien.



4.5.2 Rendering van het 3d-model

5 Conclusies & aanbevelingen

De opdracht was oorspronkelijk anders dan is uitgevoerd. De beslissing om een nieuw ontwerp voor chirurgen te ontwikkelen is bepalend geweest voor het resultaat van deze opdracht. Er was hierdoor wel drie weken minder tijd om het ontwerp uit te werken waardoor er aan de detaillering van de constructie niet toe is gekomen. Van te voren was het ook al vastgesteld dat het niet realistisch zou zijn om binnen drie maanden een ontwerp uit te werken tot een eerste product.

Om dit ontwerp verder uit te werken tot een product is de volgende stap het kiezen van hydraulische cilinders. Vervolgens kan het frame en mogelijk de kappen hierop worden aangepast. Ook moet de lagering van het frame worden uitgewerkt. Daarnaast moet ook worden getest of de beoogde afsluiting van de circuits voldoet aan de eisen of dat er een andere manieren van afsluiten moet worden gekozen.

Tijdens deze opdracht zou ook nog een evaluatie van het concept plaatsvinden met een chirurg uit Twenteborg. Dit kon helaas niet doorgaan door tijdgebrek van de chirurg. Voordat het ontwerp verder uit wordt gewerkt zal deze evaluatie eerst nog moeten plaatsvinden.

Om de werking van de armsteun te demonstreren is er ook een functioneel prototype gebouwd, meer informatie hierover is te vinden in bijlage M.

Verder is het goed gelukt om volgens de planning te werken die in de derde week tijdens de opdracht is gemaakt. Alle geplande onderdelen zijn dan ook uitgewerkt en daarmee is aan de vooraf gestelde doelen voldaan.

Referenties

Rsi-vereniging, rsi bij kappers en tandartsen

<http://www.rsi-vereniging.nl/archief/knippen.html>, mei 2006

Aantal ziekenhuizen in Nederland

http://www.rivm.nl/vtv/object_map/o562n21157.html, mei 2006

Microgravity products

<http://www.mginside.info/>, mei 2006

J. Heinrich, B.M. Blatter, RSI-klachten in de Nederlandse beroepsbevolking
RSI-Nederl.%202005.pdf, mei 2006

Chirurgie, J.T.E. de Jong, Bohn van Stafleu Van Loghum, 2002

Productergonomie, Hans Dirken, 3^e druk 2001

Bijlage A: Uitleg principe

De armsteun werkt volgens het principe van veren met ontspannen lengte nul. Normaal is de kracht die geleverd wordt bij een veer: $F_{\text{veer}} = c(x + l_0)$ omdat de veer een bepaalde beginlengte heeft. Voor veren met ontspannen lengte nul geldt: $F_{\text{veer}} = c \cdot x$. Deze nullengte wordt bereikt door de veer een voorspanning $F_0 = c \cdot l_0$ te geven. Dit principe werkt zo dat de afname van de potentiële energie van (een deel van) de massa gelijk is aan de toename van de veerenergie en andersom. De veer is hierbij wel op een voorgedefinieerde positie geplaatst. De potentiële energie van de massa is:

$$P_{\text{massa}} = mgR \cos \varphi \quad \text{en van de veer:}$$

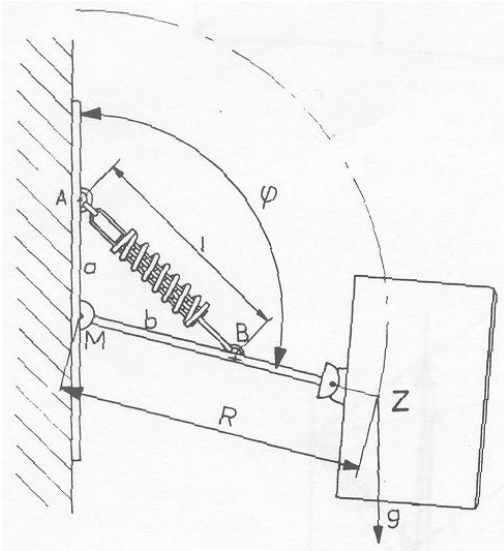
$$P_{\text{veer}} = 0.5c(a^2 + b^2 - 2ab \cos \varphi) \quad \text{met}$$

veerconstante c . De constante energieinhoudt

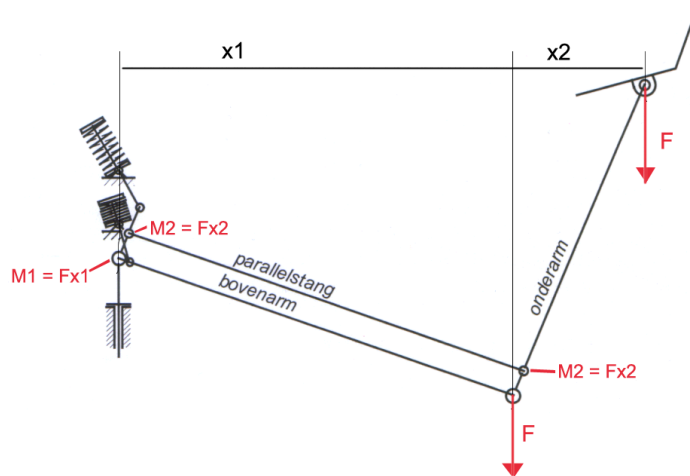
$$\text{geeft: } \frac{dP_{\text{massa}}}{d\varphi} + \frac{dP_{\text{veer}}}{d\varphi} = 0.$$

Hieruit volgt:

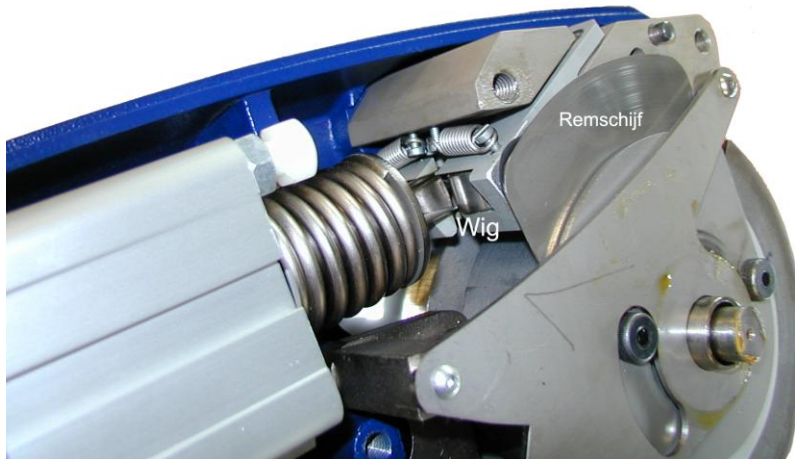
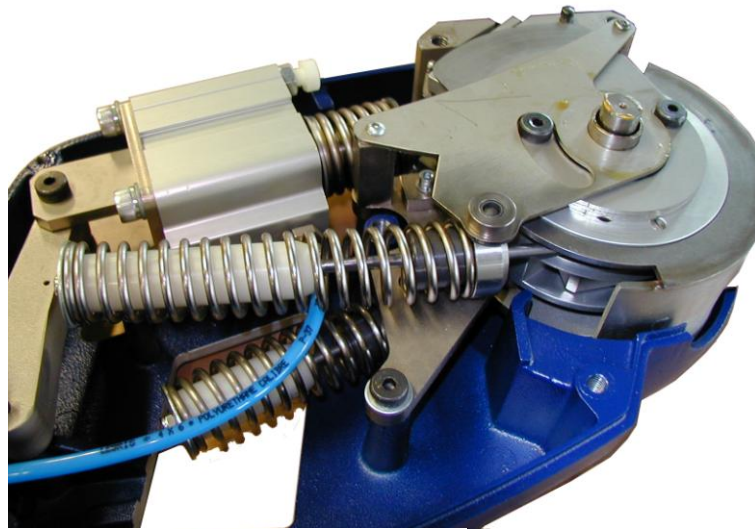
$$cab \sin \varphi - mgR \sin \varphi = 0 \Rightarrow cab = mgR.$$



In de armsteun is dit principe toegepast. Via een parallelstang wordt het moment M_2 doorgeleid. Het moment M_2 moet worden genereerd door de bovenste veer. De onderste veer moet een moment M_1 genereren. Ook hier geldt dat een toename in de veerenergie zorgt voor een afname van de potentiële energie van de arm. In de onderstaande afbeelding stelt F de kracht voor die de arm uitoefend.



De twee veren die in deze afbeelding te zien zijn, zorgen voor de constante compensatiekracht wat in de pagina hierboven is beschreven.



Het remsysteem werkt met perslucht. In de normale situatie zal er geen druk op de compressor staan. De wig wordt dan door de veer naar boven gedrukt. Hierdoor worden de remschijven tegen het remblokje op de omkasting aangedrukt en is de arm gefixeerd.

ok drukt de veer dan de hefboom die rechts te zien is in. Hierdoor zal de onderste remschijf (rechts van opzij gezien) ook tegen een remblokje op de omkasting gedrukt. Zonder perslucht zijn dan alle vrijheidsgraden geblokkeerd. Als er wel druk op de compressor staat wordt de veer ingedrukt. Hierdoor komt de wig naar beneden en wordt er geen druk op de hefboom gezet. Dit heeft tot gevolg dat de remschijven niet tegen de remblokjes aan worden gedrukt en de armen vrij kunnen bewegen.



Bijlage B: Soortgelijke producten

Hieronder staan enkele producten die volgens hetzelfde zwaartekrachtcompensatie mechanisme werken of andere arondersteuning of producten die ook ondersteuning bieden.



URI Operating chair is designed for working positions, where stability and precision are essential. It has been developed in cooperation with surgeons in the field of urology and micro-surgery, i.e. eye-surgery.

The chair is equipped with foot regulated height adjustment and patented adjustable armrests to relieve strain on neck and shoulders.



De arondersteuning met gewichtcompensatie.

De Armon is een mechanisme, dat het gewicht van de arm compenseert. Omdat (een deel van) het gewicht van de arm wordt overgenomen kost het nauwelijks kracht om die arm te bewegen. Met weinig spierkracht zijn nu weer allerlei activiteiten mogelijk. Met minder energie kan iemand nu meer handelingen langer verrichten. Met de Armon bepaal je zelf hoeveel ondersteuning je wilt. De compensatie is naar behoefte traploos in te stellen. Compenseren kan zelfs tot 120 procent, waardoor de arm vanzelf omhoog gaat. Dit kan zelfs met het extra gewicht van een glas of boek. Door vervolgens de compensatie te verminderen, zakt de arm weer naar beneden. Deze mogelijkheid kan de ergotherapeut gebruiken

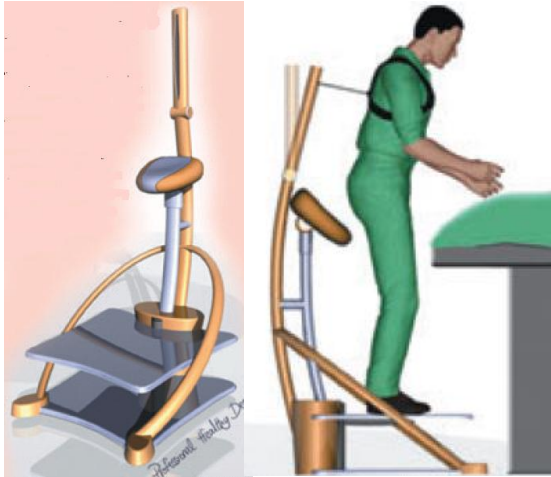
voor een revalidatie/ herstelprogramma.



Het gepatenteerde mechanisme Mginside bevindt zich in het voet van de stoel. Het mechanisme zorgt ervoor dat de gebruiker "zweeft".

De stoel is een individuele stoel. Het gewicht van de gebruiker wordt op eenvoudige manier ingesteld.

Het gewicht van de gebruiker kan ingesteld worden van 40 tot 140 kg.

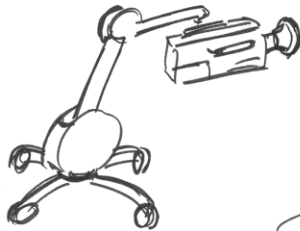


Het onorthodoxe systeem dat PhD nu ontwikkelt, is een soort rompondersteuning, waarin de chirurg tijdens het opereren met het volle gewicht kan 'hangen'. Van Veelen: 'De opstelling bestaat uit een voetplateau en een stasteun, beide in hoogte verstelbaar, en uit een hesje met hangmechanisme dat onder de steriele kleding wordt gedragen. Het jasje is van achter met een staaldraad aan het hangmechaniek verbonden. Doordat de chirurg voorover leunt, wordt de draad geblokkeerd en hangt hij als het ware in het systeem. Zo worden zowel de beenspieren als de spierspanning in nek en rug ontlast. En hij houdt optimale bewegingsvrijheid.

Bijlage C: Eerste ideeën

Het positioneren van producten in een 3d-ruim Als hulp voor het verplaatsen van objecten

Camera

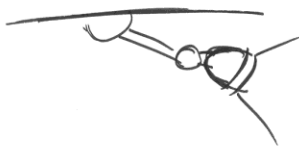


bagage

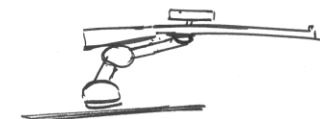


bijvoorbeeld in het vliegtuig

Lamp

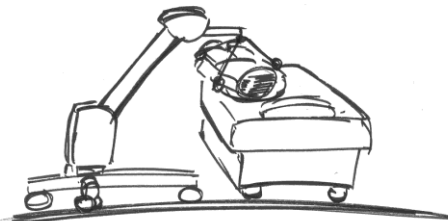


geweer



patiënten

voor het overplaatsen van bed naar bed of brancard



Ondersteuning bij het werken met gereedschappen

lassers

Ondersteuning
vast aan de
laskar



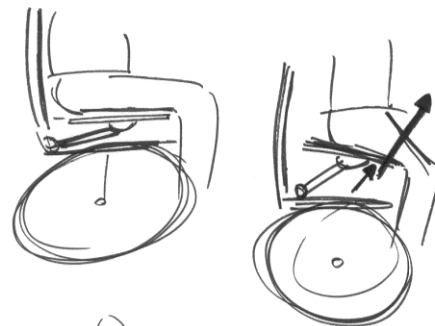
Zware gereedschappen

vb nietpistool

op een vaste
werk plek



kan gebruikt worden
voor meerdere
gereedschappen



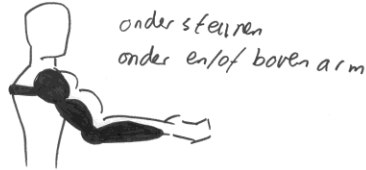
Ondersteuning van
armen in de rolstoel



Bij revalidatie het ondersteunen van spieren

of ondersteunen van mensen met een verminderde spierfunctie

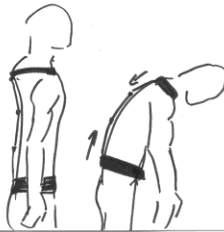
Armen



benen

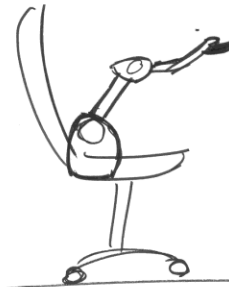


Rug

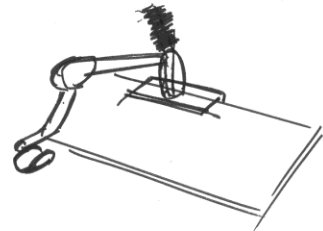


Andere mogelijk heden uitgaande van het huidige product

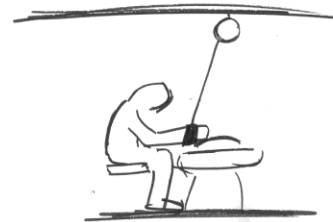
ondersteuning geïntegreerd met rugleuning



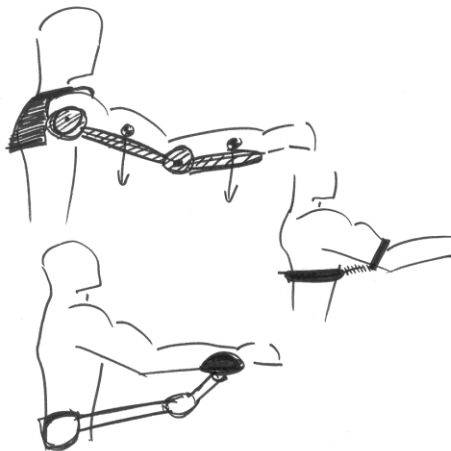
bevestigd aan operatie tafel



bevestigd aan het plafond



mobiel systeem die de chirurg zelf om kan doen

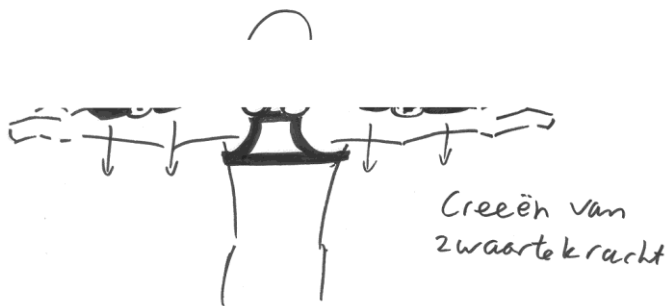


mogelijke rugondersteuning:



Ruimte vaart

- Bij gebrek aan zwaarte kracht.
Daardoor krijgen astronauten last van
bot ontkalking.



Bijlage D: Interviews doelgroepanalyse

Interview met kapper 1

Kappers doen hun werk vaak zittend de kruk die hier werd gebruikt was een zadelkruk, deze dwingt de gebruiker met een rechte rug te zitten en kan in hoogte versteld worden. Zo kunnen de armen altijd op hoofdhoogte van de klant worden geplaatst. Klachten in rug en nek komen vaak doordat de kruk niet wordt versteld en men krom zit.

Er zijn wel schouderproblemen maar er wordt nooit met geheel gestrekte armen gewerkt. Er mogen bij een ondersteuning niet gewerkt worden met stangen want de klant zit dan in de weg. Kappers bewegen namelijk erg vaak en werken in veel verschillende standen en hebben hun hand bij het hoofd van de klant. Het product moet dus continu ondersteuning bieden en zou daarom iets om de kapper zelf moeten worden en compact zijn, een soort exoskeleton dus. Ook moet de onderarm wel altijd om zijn lengteas kunnen draaien. Wel moet deze er goed uit zien omdat het in kapperszaken veel om uiterlijk draait. Als aan deze voorwaarde wordt voldaan is er volgens de kapper wel een markt voor.

Wel werd gezegd dat een dergelijk product waarschijnlijk niet preventief gebruikt zal worden maar alleen als er klachten waren.

Interview met kapper 2

Het verschil met kapper 1 is dat deze kappers bijna altijd staand knippen, ook deze bevestigt dat er veel rsi klachten in rug, nek en schouders zijn. Wel wordt er veel met de armen omhoog gewekt al dit niet ver van het lichaam. Ook wordt er tijdens het knippen af en toe op het hoofd van de klant zelf gesteund. Het wassen geeft wel veel problemen, er wordt dan namelijk met gestrekte armen gewerkt. Volgens deze kapper zou de armsteun van een zacht materiaal moeten zijn en een neutrale kleur hebben.

Interview met tandartsassistente 1

Volgens deze tandartsassistente werkt de tandarts altijd met zijn armen dichtbij het lichaam. Er zijn dan ook geen of weinig klachten aan schouders en armen. Wel wordt er erg veel gedraaid en daarom zijn er veel rug en neklachten. Alleen in bepaalde gedraaide situaties is de arm gedeeltelijk gestrekt. Deze tandartsassistente ziet dan ook geen nut in een armondersteuning.

Interview met tandartsassistente 2

Ook deze assistente bevestigt dat er geen schouderklachten zijn. Ze vermeldt wel dat de tandarts af en toe op de rand van een verrijdbaar karretje steunt. In deze praktijk helpt de tandartsassistente continu bij de behandeling. Ook zijn de houdingen erg variabel en niet langdurig en deze tandartsassistente ziet ook geen nut in een armsteun. De werksituaties in tandartspraktijken is erg verschillend.

Bijlage E: Clinical trials

Inleiding clinical trials

In week 4 en 5 zijn in een strak schema clinical trials uitgevoerd met het proefmodel van de armsteun. Doelstelling was:

1. Vaststellen in hoeverre de armsteun door chirurgen als nuttig wordt ervaren. Dit als onderbouwing van de investering in de ontwikkeling en als argumenten in de discussies met MAQUET.
2. In kaart brengen van praktische knelpunten bij inzet van de armsteun tijdens operaties. Op basis hiervan wordt de dimensionering van de armsteun aangepast.
3. Vergroten van het draagvlak voor en bekendheid van de armsteun.

In diverse ziekenhuizen zijn chirurgen bezocht en is de armsteun tijdens operaties ingezet. Daar waar dat niet mogelijk was (doordat geen geschikte operatie voorhanden was of door praktische problemen), is de armsteun buiten de operaties om geëvalueerd.

De aanpak was als volgt:

1. Installatie van armsteun in de OK
2. Uitleg aan chirurg:
 - a. Doel van het onderzoek en status van de ontwikkeling: proefmodel.
 - b. Proefsessie voor uitleg bediening en oefening.
 - c. Wijzen op aansprakelijkheidskwestie: chirurg ondertekent een formulier waarmee de ontwikkelaars zich indekken tegen mogelijk aansprakelijkheid.
 - d. Uitleg aanpak tijdens onderzoek.
3. Operatie, tijdens operatie observatie door Copharm/Ergo-Design
4. Evaluatie met chirurg aan de hand van evaluatieformulier.

De volgende chirurgen zijn bezocht:

ziekenhuis	chirurg	discipline	Operatie/evaluatie
Eemland Amersfoort	Dr. Pluimers	KNO	tympano-plastiek
MST-Oldenzaal	Dr. Steinmetz	oogheelkunde	Geen operatie, korte evaluatie
Radbout Nijmegen	Dr. Mulder	KNO	Uitgebreide evaluatie
Radbout Nijmegen	Dr. Hartman	Plastische chirurgie	Collumella verlenging
Reinier de Graaf gasthuis Delft	Dr. MacLaren	oogheelkunde	Geen operatie, evaluatie

Conclusies

1. De armsteun wordt unaniem als zeer nuttig ervaren. Als belangrijkste voordelen worden genoemd:
 - a. goede ondersteuning van de armen
 - b. de mogelijkheid om dicht bij de patient de armen te ondersteunen
 - c. eenvoudige verstelbaarheid tijdens operaties
2. Men verwacht dat de armsteun vooral zijn nut zal bewijzen tijdens langdurige operaties of operaties waarbij men ver van het lichaam moet werken (bijv. microlaryngoscopie of operaties aan de stembanden). Voor kortdurende, eenvoudige, operaties verwacht men de armsteun niet in te zetten.
3. Tijdens de operaties wordt de armsteun gebruikt ter ondersteuning van nauwkeurige handelingen. Gemiddeld wordt de stand van de steunen elke 5 minuten gewijzigd. In de begin- en eindfase van de operatie worden de armen niet in de steun gelegd.
4. De compensatie-units worden goed bevonden qua hoogte van de compensatiekracht (ca. 30 N), volgedrag, bereik omhoog en naar voren.
5. Het bereik naar voren wordt niet volledig gebruikt. Het bereik naar achteren daarentegen soms te beperkt (men kwam tijdens een operatie vaak tegen de aanslag).

6. Het bereik omhoog is zeer ruim. Het bereik naar onderen daarentegen soms te beperkt. Als de compensatie-units lager op de trolley worden bevestigd, is hoogteverstelling van de compensatieunits als geheel niet nodig.
7. De slag om de verticale is te beperkt. Men wil soms de steun even naar opzij wegdraaien om meer armslag te hebben zonder gebruik van de armsteunen.
8. Men heeft moeite met het wegschieten van de armen in onbelaste toestand bij ontgrendelen. Dit geeft schrikfeet. Het treedt ook op als 1 armsteun wordt gebruikt en de andere niet.
9. De dimensies van de trolley geven problemen. Dit wordt mede veroorzaakt doordat men de operatietafel relatief laag instelt (tussen 700 en 900 mm). Men heeft duidelijk meer ruimte vóór de stoel nodig voor:
 - a. de voeten
 - b. pedalen (die met name bij oogoperaties veel ruimte in beslag nemen)
 - c. het kunnen bedienen van de hoogteverstelling van de stoel
 - d. makkelijk op de stoel klimmen en ervanaf stappen
 - e. de stoel naar achteren en voren kunnen rijden door afzetten met de voeten.
 Bovendien kan men soms moeilijk bij de bediening van de armsteun.
10. De fit op de aanwezige stoelen op de OK's is in het algemeen goed. De breedte is in alle gevallen toereikend. In sommige gevallen is de beschikbare hoogte net te krap. Rekening moet gehouden worden met een onderstelhoogte van 230 mm bij een diameter van 450 mm.
11. Het geheel wordt als kolosaal ervaren, maar de compensatie-units kunnen dichter bij elkaar (35 mm) geplaatst worden om meer compactheid te bereiken. Bovendien zal een andere trolley en het omlaag en naar achteren verplaatsen van de compensatieunits (zie pt. 5 en 6) tezamen met de nieuwe vormgeving sterk bijdragen aan een compactere uitstraling.
12. De huidige stoelbevestiging beperkt soms de hoogteverstelling van de stoel. Het bevestigingspunt zou vrij in hoogte gekozen moeten kunnen worden.
13. De geluidsproductie van de armsteun wordt door sommigen als onacceptabel ervaren zeker bij operaties onder gedeeltelijke narcose.
14. De wielen zouden lichter moeten lopen om snel verplaatsen op de OK of tussen OK's mogelijk te maken.

Aanvullende opmerkingen dr. Pluimers (Amersfoort):

1. Ziet armsteun ook als zeer bruikbaar hulpmiddel bij microlaryngoscopie, waar men ver van het werkgebied af moet zitten.
2. Als de chirurg een instrument wil aanpakken stoot hij soms tegen het omhoogstaande uitsteeksel van de (gebogen) onderarm.
3. Chirurg geeft aanvankelijk aan maar 1 armsteun nodig te hebben, omdat hij met de linker arm op de patient afsteunt. Tijdens de operatie blijkt de linker steun toch handig en wordt volledig gebruikt.

Wat verder opviel tijdens de operatie:

4. Hoogtebediening van de stoel is door de vorm van de trolley onbereikbaar.
5. Armsteunen worden niet gedurende de gehele operatie gebruikt. Bij 'voor-' en 'na-bewerkingen' werkt men niet ondersteund.
6. Ruimte voor de voeten is beperkt. Chirurg moet voor de voeten een plaats zoeken.
7. Hoogte operatietafel = 900 mm, hoogte zitting stoel=620 mm.
8. Chirurg verstelt de armsteun ca. 6 keer in operatie van ca. 60 min.
9. Pneumatiekslang ligt niet in de weg tijdens de operatie.
10. Het plaatsnemen op stoel+armsteun is enigszins moeilijk vanwege de vormgeving van de trolley. Deze staat niet toe de voeten vlak voor de stoel te plaatsen, zodat veilig gaan zitten gewaarborgd is.

Test bij Medisch Spectrum Twente te Oldenzaal

De armsteun is niet beproefd tijdens een operatie door dokter mw. Steinmetz (oogarts), omdat de zitpositie niet acceptabel werd geacht. Belangrijkste probleem was de ruimte voor de benen in verticale richting. Deze ruimte wordt beperkt door de horizontale balk waaraan het rempedaal is bevestigd en de onderkant van de operatietafel. De operatietafel kon niet hoger worden ingesteld in verband met de microscoop.

De dokter gaf aan dat een stabiele stand van de voeten zeer belangrijk is. Over het compensatiemechanisme en de fixatiemogelijkheid was zij zeer te spreken. Overigens experimenteert deze arts met vaste armsteunen aan een stoel.

Test bij Reinier de Graaf gasthuis, dokter Maclaren

Omdat dokter Maclaren gehecht is aan haar eigen stoel en deze niet aan de armsteun gekoppeld kon worden (te hoog), is geen operatie uitgevoerd. Hoewel Maclaren daartoe wel bereid was. Belangrijk input:

1. stoelafmetingen (stoel van Medical workshop)
2. positie en afmetingen van pedalen voor (Leica) microscoop en Phaco.

Evaluatieresultaten**Ophanging/ montage**

- *Een dubbele uitvoering is noodzakelijk*
Het toepassen van het apparaat in dubbele uitvoering was altijd al het plan. Het ontwerp van de interface met de stoel zou nu zo kunnen worden dat hij altijd voorziet in twee armsteunen zonder optie voor maar 1 armsteun.
- *Het apparaat moet vlot van de stoel kunnen worden genomen*
- *Het apparaat moet op vele stoelen passen*
- *de breedteverstelling van de ophanging is niet noodzakelijk*
- *De stabiliteit bij de gebruikte stoel is onvoldoende (e.v. extra steunwielen gebruiken)*
De gebruikte stoel is gekozen omdat hij erg zwaar is en zo een voldoende stabiel platform kan vormen voor de armsteun. De basis is echter tamelijk klein (Ø 420 mm t.o.v. 620 mm voor een bureaustoel) waardoor de stoel toch gemakkelijk naar achteren kan omvallen. Om de stabiliteit te garanderen zou het noodzakelijk kunnen zijn om b.v. twee of vier extra steunwielen te gebruiken. De koppeling met de stoel zou dan kunnen met een V-blok en een klem. Het apparaat past dan op vrijwel iedere stoel met een centrale buis van voldoende stevigheid. De klem moet wel op het lage deel van de buis komen dat niet op- en neer gaat bij het verstellen van de stoel. Mogelijk probleem van deze wijze van bevestigen is de geringe mogelijkheid om een koppel door de verbinding te leiden. Als één van de steunwielletjes gehinderd wordt dan zal het apparaat al snel scheef staan. Dit is op te lossen door de armsteun behalve met de centrale buis om met één van de poten van het onderstel van de stoel te verbinden.
- *Het apparaat moet steriel gemaakt kunnen worden d.m.v. doeken*
Dit is altijd al het plan geweest. Hiervoor is het nodig dat een aantal op maat geknipte doeken met clips om het apparaat worden gemonteerd. Het vergt nog wel enig testwerk om de juiste vorm te vinden. Het zou kunnen dat een speciale plastic hoes moet worden ontwikkeld. Eén en ander zou door een in deze zaken ervaren mensen van Copharm bekenen moeten worden.

Techniek

- *Is exacte compensatie noodzakelijk of kan volstaan worden met 'gewone' veren*
Het apparaat zou technisch iets eenvoudiger en qua buitenafmetingen waarschijnlijk wat compacter kunnen worden als gebruik wordt gemaakt van gewone trekveren i.p.v. 'getunde

zwaai-veren'. De consequentie is dat de kracht op de armschaal in horizontale richting niet meer constant is. Naar mate dat de armsteun lager komt wordt de kracht groter en in het hoogste bereik zal de kracht onvoldoende zijn. Het is denkbaar dat dit nog acceptabel is. Echter de kracht in het verticale vlak zal niet meer nul blijven. Naar mate er verder gereikt wordt neemt de kracht waarmee de armschaal terug getrokken wordt naar de 'nul' stand toe. Dit zou het werken met de armsteun ongemakkelijker en eventueel onmogelijk kunnen maken. De mate waarin genoemde effecten optreden zouden nader onderzocht kunnen worden maar de winst in kostprijs zal uiteindelijk beperkt zijn zodat dit geen prioriteit hoeft te hebben.

- *De remwerking qua kracht is goed*
De armsteun heeft twee type remmen. De rotaties in het verticale vlak worden geremd d.m.v. twee fiets trommelremmen. De remkracht is voldoende, en door de aard van werken zullen deze remmen een levenslange levensduur hebben. De remwerking om de verticale as gebeurt door een stalen klem om een stalen as te spannen. De remwerking hiervan is (net) voldoende. Als het regelmatig voorkomt dat deze rem 'erdoor' gedrukt wordt dan is er kans dat door slijtage de remwerking verminderd. Dit zou nog getest moeten worden.
- *De stijfheid van de armsteun in gefixeerde positie zou hoger mogen zijn*
De slapte die gevoeld wordt in de armschaal wordt veroorzaakt door een aantal onderdelen: De ophanging naar de stoel. Dit is al uitgevoerd met zeer solide stalen profielen, de enige manier waarop hier nog wat te verbeteren is, is door het toepassen van steunwielen. De stijfheid van de onderdelen, en de ophanging van de remmen. De ophanging is al redelijk optimaal uitgevoerd en de remmen zijn koepdelen waar op dit vlak niets aan te verbeteren valt.
De stijfheid van de armen. Waarschijnlijk is onderarm de slapste component in de keten. Deze arm kan stijver worden als de diameter van de buis groter wordt. Dit is optisch echter onaantrekkelijk. Beter is het aluminium te vervangen door koolstofvezel. Voorwaarde is echter dan wel dat de onderarm recht blijft omdat alleen rechte koolstofbuis een nog betaalbare optie is.
- *De persluchtslang wordt als onhandig ervaren*
Bij het testen is gebruik gemaakt van een industriële gekrulde persluchtslang. Deze slang is behoorlijk stug en de gekrulde vorm neemt veel ruimte in en zorgt ervoor dat er steeds een trekkracht op de stoel staat. Als de slang vervangen worden door een dunnere en soepelere rechte slang zal de hinder aanmerkelijk af nemen.
- *Een enkele gebruiker wil geen slangen of kabels naar de stoel hebben*
De armsteunen uitvoeren met volledige mechanische voetremmen is ondoenlijk. Het gebruik van bowdenkabels is problematische omdat de kracht over drie remmen verdeeld moet worden en omdat een en ander ten opzichte van elkaar beweegt. Als een persluchtleiding voor een toepassing echt onwerkbaar is, is het misschien een optie een perslucht- of CO₂ reservoir te gebruiken.

Omgevingsfactoren

- *Het apparaat moet zo compact mogelijk zijn*
Het proefmodel heeft een in lengte verstelbare verbinding met de stoel. Uit de test blijkt dat hij steeds gebruikt wordt in de kortste stand (h.h. 350 mm). Geprobeerd moet worden of het apparaat nog dichterbij de stoel kan komen. De buitenafmetingen van het apparaat zouden met een aantal optimalisaties wat kleiner kunnen. Echter een vermindering van meer dan 25 à 30% is bij toepassing van de huidige remmen en veren niet mogelijk. De belangrijkste winst moet hierbij gehaald worden door een herlocatie van de Z-as.

Ergonomie

- *Het kunnen fixeren van de armsteun m.b.v. de remmen is noodzakelijk*

Tijdens de ontwikkeling stond de vraag open of de armsteun gebruikt zal worden zonder dat de remmen gebruikt worden. In dit geval kan de gebruiker voortdurend zijn armen bewegen zonder dat hij het gewicht van zijn armen omhoog hoeft te houden. Uit de test blijkt dat zo niet gewerkt kan worden. Remmen zijn dus noodzakelijk.

- *De linker en rechter armsteun mag met één pedaal bediend worden*
- *Plaatsing van het rempedaal is acceptabel*
- *De positie (hoogte) van het rempedaal zou verstelbaar mogen zijn*
Het uitvoeren van de armsteun met twee pedalen is op zich geen probleem maar dit is niet nodig. In het vervolgon ontwerp moet één pedaal komen dat in hoogte verstelbaar is en gemonteerd is aan de interface van de armsteun met de stoel.
- *Enkele mensen willen liever het apparaat gebruiken als een polsondersteuning*
- *Als het apparaat als polssteun wordt gebruikt kan de arm niet naar binnen gedraaid worden*
De armsteun is ontworpen als ondersteuning van de onderarm dichtbij de elleboog. Het staat de gebruiker vrij om ook zijn pols in de armschaal te leggen. Hierdoor ontstaan twee problemen. Het bereik zou in een aantal gevallen te klein kunnen zijn. Dit is voor een deel op te lossen als de armsteun unit hoger geplaatst kan worden. Als dit nog onvoldoende is dat zouden stanglengtes verlengd moeten worden en zal een groot deel van het reeds gedane ontwikkelingswerk opnieuw moeten gebeuren omdat dit grote consequenties heeft voor de remmen, de veren en de gehele geometrie van het apparaat. Één denkbare optie is het verlengen van de armschaal tot de pols. Als het ophangpunt dan ook wat naar voren geschoven wordt zou een pols ondersteuning gerealiseerd kunnen worden zonder al te veel gevolgen voor de rest van het apparaat. Het zou dan nog beter zijn als de scharnieren van de armschaal ook gefixeerd kunnen worden. Dit is technisch niet eenvoudig en zal de kostprijs verhogen en het uiterlijk verslechteren.
Het tweede probleem met het gebruik als polssteun is, dat met men de onderarm niet meer kan draaien in de armschaal omdat dan de elleboog tegen de onderarm loopt. Dit is waarschijnlijk op te lossen door de onderarm en extra bocht omhoog te geven aan het uiteinde zodat de elleboog over de onderarm kan draaien.
- *Een deel van de mensen wil een groter bereik met name in de hoogte*
- *Een deel van de mensen wil een compacter apparaat met een kleiner bereik*
- *Het apparaat moet hoger aan de stoel gemonteerd worden*
- *De hoogte waarop het apparaat aan de stoel gemonteerd zit zou verstelbaar moeten zijn*
Dat het bereik door sommige als onvoldoende wordt ervaren komt waarschijnlijk doordat de onderarm tegen de rand van de tafel botst en er niet ver en laag genoeg over de tafel bereikt kan worden. Dit probleem is waarschijnlijk opgelost als de armsteun b.v. 100 mm hoger aan de stoel bevestigd wordt. In de interface tussen stoel en armsteun moet een voorziening komen waardoor de hoogte verstelbaar is. Voor de compactheid heeft het niet veel zin voor een kleiner bereik te kiezen omdat het volume van de compensatie-unit met name bepaald wordt door de remmen en de veren, en deze zouden gelijk blijven.
- *Het armschaaltje moet in zijn stand blijven staan als de arm wordt afgenomen*
In het ontwerp is deze optie al meegenomen. Hiervoor is een extra kunststof ring nodig die contact maakt en een golfveerring om de horizontale as van het armschaaltje.
- *Over een veiligheidsschakelaar in de armschaal is geen opmerking gemaakt, wel schrikt men als de armsteun bij wijze van demonstratie onbelast van de rem wordt gezet*
Tijdens de ontwikkeling is al gebleken dat zich een gevaarlijke situatie kan voordoen als de rem gelost wordt als de armsteun onbelast is. Dit is op te lossen door een veiligheidsschakelaar in het armschaaltje op te nemen zodat de rem niet gelost kan worden als er geen arm in ligt. Omdat een elektrische systeem ongewenst is moet dit een perslucht

schakelaar worden. Dit is wel mogelijk maar dit vergt een aanzienlijke aanpassing van de kop van de onderarm en het voeren van een slang door twee scharnieren.

- *Een enkele gebruiker wil de rem met de hand kunnen bedienen*
Het bedienen van de rem met de hand is niet mogelijk. Het bedieningsorgaan zou dan te allen tijden in de buurt van de hand zitten waardoor het hinderlijk tijdens het werken zal zijn.

Bijlage F: Tabel rsi-klachten

Tabel rsi-klachten (TNO) in Nederland bij verschillende beroepsgroepen

Tabel 2 Aantal respondenten (N) en prevalentie van werkgerelateerde RSI-klachten (%) per beroepscategorie in 2000 en 2002. De p-waarde geeft aan of er een statistisch significant verschil ($p \leq 0,05$) in RSI prevalentie is tussen 2000 en 2002.

	2000 N	Prevalentie RSI-klachten[a] (%)	2002 N	Prevalentie RSI-klachten[a] (%)	p-waarde
<i>Ambachtelijke / industrieel</i>					
Schilders	23	35	37	24	0,38
Loodgieters, fitters, lassers	61	48	68	31	0,05
Metselaars en andere bouwvakkers	163	24	141	36	0,02
Drukkers en verwante functies	39	31	45	27	0,68
Voedingsmiddelen- en drankenbereiders	128	19	84	32	0,03
Kleermakers, stoffeers, confectiemedewerkers	23	13	18	44	0,02
Elektromonteurs, reparateurs	102	12	54	26	0,02
Machine-bankwerker-monteurs, reparateurs	85	18	74	18	0,99
Overige ambachtelijke en industriële beroepen	244	32	164	34	0,68
<i>Transport</i>					
Buschauffeurs, treinbestuurders, zeelieden	23	30	30	30	0,97
Vrachtwagenchauffeurs	87	23	71	38	0,04
Laders, lossers, grondwerk- en kraanmachinisten	46	30	45	40	0,34
Overige transportberoepen	51	28	50	34	0,48
<i>Administratief</i>					
Secretaresses, typisten, posttypisten	100	29	142	39	0,09
Boekhouders, kassiers	116	22	99	32	0,08
Postdistributie personeel	34	21	28	29	0,47
Overige administratieve beroepen	282	31	229	29	0,56
<i>Commercieel</i>					
Vertegenwoordigers, handelsagenten	79	16	59	12	0,45
Winkeliers, winkelbedienden	220	18	327	26	0,04
Verzekeringsagenten, makelaars	40	17	56	30	0,15
Zelfstandige groot- of detailhandelaar	36	19	39	13	0,43
Overige commerciële beroepen	142	37	110	27	0,12
<i>Dienstverlening</i>					
Koks, kelners, buffetbedienden	105	26	135	30	0,43
Huisbewaarders, schoonmaakpersoneel	57	33	57	28	0,54
Politiepersoneel, brandweer, bewakers	101	11	63	11	0,97
Kappers, schoonheidsspecialisten	35	29	15	33	0,74
Overige functies in dienstverlening	210	21	211	29	0,08
<i>Gezondheidszorg en hulpverlening</i>					
Geneeskundigen, tandartsen, dierenartsen	45	38	43	23	0,14
Verpleegkundigen, ziekenverzoekers	255	36	172	23	0,01
Bejaardenverzorger, kinderverzorger, gezinshulp, alpha hulp	133	23	166	26	0,61
<i>Onderwijs</i>					
Docenten basisonderwijs	79	21	63	14	0,27
Docenten voortgezet onderwijs	58	16	45	16	1,00
Docenten hoger onderwijs	31	26	28	32	0,59
<i>(Vak)specialisten</i>					
Architecten, ingenieurs en verwante technici	90	22	75	20	0,73
Statistici, wiskundigen, systeem-analysten	130	36	120	32	0,45
Kunstenaars	14	21	12	25	0,83
Overige vakspecialisten	155	30	113	32	0,79
<i>Overige categorieën</i>					
Agrarische beroepen (land- en tuinbouw)	100	21	109	32	0,07
Leidinggevende functies	210	16	167	23	0,06
Overige beroepen	227	33	339	27	0,08
Totaal	4291	26	3996	28	0,02

[a] Gedefinieerd als regelmatig of langdurig 1 of meer werkgerelateerde klachten aan nek, schouder, arm/elleboog en/of pols/hand in de afgelopen 12 maanden.

Deze tabel is als bijlage in het verslag gevoegd, omdat deze tabel o.a. is gebruikt bij de brainstorm en als uitgangspunt heeft gediend voor het bedenken van de eerste ideeën.

Bijlage G: Correspondentie met operatieassistent

Telefoongesprek met operatieassistent

De hulpmiddelen worden steriel verpakt. Dit kan in doek of papier of in een container (in twenteborg). Het is belangrijk dat het hulpmiddel makkelijk gesteriliseerd kan worden. De hulpmiddelen liggen opgeslagen in een steriele berging vlak bij de OK. Het hulpmiddel kan zitten in een raster mandje of in een container deze kunnen ook makkelijk gestapeld worden. Ook kunnen hulpmiddelen die in een hoes of papier zitten in een ladenkast in de OK liggen.

De operatieassistent installeert het hulpmiddel, deze wordt vervolgens afgedekt met steriele doeken.

Als het hulpmiddel op een stoel gemonteerd wordt hoeft hij mogelijk niet steriel te zijn. Hij kan dan worden afgedekt met een hoes.

Een trolleysysteem is in alle gevallen erg onhandig. Er is namelijk al erg veel apparatuur in de OK en een trolley staat dus snel in de weg.

KNO, oogheelkunde en plastische chirurgie zijn chirurgie gebieden waar de chirurg altijd op een stoel zit.

Alle operatietafels zijn uitgerust met een rail en deze rail zit laag op de tafel. De manier waarop veel hulpmiddelen op deze rail gemonteerd worden is doordat een stang verticaal op de rail staat met bovenop een draaiknop. Deze draaiknop zet de staaf vast in de rail. Op deze manier hoeft men met de hand niet in steriel gebied te komen om een hulpmiddel te monteren.

Verder was het belangrijk om de armsteun licht uit te voeren. Carbon werd genoemd dit is sterk, licht en heeft als extra voordeel dat het rontgendoorlatend is.

Ook moet het product zo eenvoudig mogelijk, zodat het niet te duur wordt. Want er is erg weinig geld beschikbaar voor dergelijke hulpmiddelen.

Gesprek en rondleiding in de OK

Steriliteit

Er zijn twee methodes voor het steriel verpakken. De ene is per container, in de container zitten filters zodat de container in de autoclaaf kan worden gezet en het product in de container zo makkelijk gesteriliseerd kan worden. De containers zijn ook stapelbaar wat handig is voor de opslag.

De andere methode is inpakken, dit gebeurt in doeken en twee lagen papier of in laminaat en twee lagen papier. De meerdere lagen zijn noodzakelijk omdat er tijdens het uitpakken verschillende niveau's van steriliteit zijn, van volledig onsteriel naar volledig steriel.

De wijze waarop de producten verpakt worden scheelt per ziekenhuis.

De steriele producten in de OK worden alleen na de operatie steriel gemaakt en steriel verpakt, na het uitpakken wordt er dus vanuit gegaan dat de producten nog steriel zijn.

Het steriel maken gaat als volgt: de te steriliseren producten gaan na de operatie naar de wasstraat. Hier worden ze met stoom gesteriliseerd. Daarna worden de producten verzameld en opgeslagen volgens een van de bovenbeschreven methodes. Er zijn ook producten die niet met stoom gesteriliseerd kunnen worden. Deze worden met een soort gif gesteriliseerd, dit is wel erg duur.

Bij het klaarzetten van producten in de OK maakt iemand de buitenste verpakking open en reikt de binnenste verpakking aan iemand uit de OK aan. Deze wordt dan steriel uitgepakt zodat het product zelf steriel blijft. De producten kunnen dan steriel geïnstalleerd of klaargelegd worden.

Hulpmiddelen moeten als het mogelijk is niet steriel kunnen zijn. Dit kan als het hulpmiddel niet in aanraking komt (direct of indirect) met steriele gebieden. Hulpmiddelen kunnen worden afgedekt met een steriele hoes waarbij de hoes wel in aanraking met steriele gebieden kan komen.

Uitvoeringsvormen

Een armsteun die aan een stoel bevestigd kan het beste onsteriel zijn en afgedekt worden met een hoes. Een armsteun die aan de operatietafel moet worden bevestigd moet echter wel steriel worden gemaakt.

Bij een armsteun aan de kruk is belangrijk dat deze makkelijk is te installeren en demonteren, niet elke chirurg wil het product gebruiken. Vaak is het zo dat een nieuw hulpmiddel duur is tov bestaande producten. Als dit het geval is zou het handig zijn om een nieuwe kruk te maken met geïntegreerd op een kruk. Dit zou voor de constructie van de armsteun gunstig zijn. Er moet ook rekening mee gehouden worden dat de chirurg als hij op de kruk gaat zitten niet met zijn rug tegen de armsteun aankomt, de armsteun is dan namelijk niet meer steriel.

Ook moet er een hoes bij worden gemaakt die om de armsteun past. Er moet rekening mee worden gehouden dat deze hoes makkelijk om de armsteun heen geschoven kan worden.

Hulpmiddelen op de operatietafel moeten bevestigd worden aan de rail die langs de tafel loopt. De operatietafel is wel samen met de patient met doeken afgedekt. Daarom moet de armsteun van afstand van de rail worden bevestigd. Er moet door de doeken heen worden gevoeld of de armsteun op de rail zit. Het is belangrijk dat de bevestiging op de rail met grootte knoppen of een hefboom makkelijk vastgezet kunnen worden. Men heeft namelijk gladde rubberen handschoenen aan waarmee men weinig grip heeft.

Verder is de operatietafel erg smal, de patient komt soms zelfs over de rand van de operatietafel heen. Ook kan de patient redelijk hoog op de tafel liggen doordat deze is afgedekt met en doeken en soms met warmhouddekens. Hiermee moet dus rekening worden gehouden zodat het laagste draaipunt van de armsteun hoog op de tafel zit en dat de onderarm van de armsteun soms schuin naar achteren moet staan omdat deze anders tegen de patient aankomt. Bij chirurgie in de hoofdzone zal hier minder rekening mee gehouden hoeven worden. Er zullen ook meerdere steunen aangeschaft moeten worden als er veel operaties per dag zijn omdat deze eenmaal per dag worden gesteriliseerd.

Een trolleysysteem is erg onhandig, het is groot en lomp en zal ook zo door de chirurgen ervaren worden. Ook is er erg weinig ruimte in de OK zodat er ook geen plek is voor een dergelijk systeem.

Bediening

Bediening in de vorm van een pedaal is onhandig omdat chirurgen al met meerdere pedalen werken. Het is makkelijk als de bediening dichtbij de gebruikersinterface zit. Wat de operatieassistent handig leek was om het verstellen van de linkerarmsteun met de rechterarm te doen en andersom. Op deze manier kan men de hand waarmee men bezig is in dezelfde stand houden en relatief eenvoudig verplaatsen. Een mogelijkheid hiervoor is bijvoorbeeld een beugel aan de onderkant van de stang. In sommige uitvoeringen moet de bediening duidelijk zijn omdat er een steriele hoes omheen zit. De bediening moet dus door de steriele hoes heen te vinden zijn.

Verder is het bezwaarlijk als de gebruikersinterface aan de arm van de chirurg vast zou zitten met een beugel, omdat de chirurg ook andere handelingen moet kunnen verrichten.

Bijlage H: kogelkraan

Kogelkranen

Draad, 2 en 3-weg
Messing

Econ® figuur 1610 messing vernikkelde mini kogelkraan met gereduceerde doorlaat, zwevende kogel, drukklasse PN 10. Figuur 1610 is leverbaar in uitvoeringen met BSP binnendraad of BSP binnen-/buitendraad. Bediening door middel van kunststof knevelhandgreep. Dit type kogelkraan is zeer compact en algemeen toepasbaar in o.a. perslucht, cv en watersystemen tot maximaal 10 bar.

Uitvoeringen

2 x binnendraad BSP ISO 228/1 Fig. 1610 ER
1 x binnen- en 1 x buitendraad Fig. 1610 FR

Druk- en temperatuurbereik

Maat	Drukklasse	Temperatuurbereik	-10 °C	+90 °C	
1/4" - 3/4"	PN 10	-10°/+90 °C	10	10	[bar]

Materiaalspecificatie

Component	Materiaal	EN en/of (DIN)	W.nr.
Huis (vernikkeld)	Messing	CuZn40Pb2	2.0402
Kogel (verchroomd)	Messing	CuZn40Pb2	2.0402
Spindel	Messing	CuZn40Pb2	2.0402
Kogelafdichting	PTFE		
Spindelafdichting	NBR		
Handgreep (zwart)	PA (Nylon)		

Opties

- Met slangnippel

Bestelinformatie

Bestelcode	Druk klasse	Aansluiting inlaat	Aansluiting uitlaat	Maat [inch]
1610ER	PN 10	BSP binnendraad	BSP binnendraad	1/4 - 3/4
1610FR	PN 10	BSP binnendraad	BSP buitendraad	1/4 - 3/4



Fig. 1610ER



Fig. 1610FR

Afmetingen

Figuur	DN ["]	d	B	C	L	H	M	Kv	Cv	Gewicht [kg]
					[mm]					
1610ER	1/4	8	10		41	26	30	3,3	3,8	0,09
1610ER	3/8	8	10		42	26	30	4,3	5,0	0,08
1610ER	1/2	10	11		47	28	30	7,0	8,1	0,12
1610ER	3/4	12	13		54	30	30	11,0	12,7	0,17
1610FR	1/4	8	10	9	40	26	30	3,3	3,8	0,07
1610FR	3/8	8	10	9	40	26	30	4,3	5,0	0,06
1610FR	1/2	10	11	11	45	28	30	7,0	8,1	0,10
1610FR	3/4	12	13	15	45	30	30	11,0	12,7	0,16

20050421

econosto®



Mini kogelkranen

- fig. 1610ER
- fig. 1610FR
- PN 10
- Temperatuurbereik -10°/+90 °C
- Gereduceerde doorlaat
- 1/4" - 3/4"
- Binnendraad
- Binnen-/buitendraad

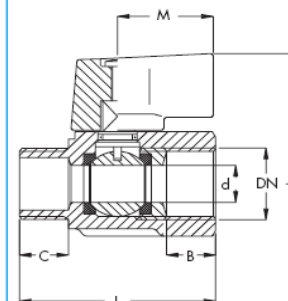


Fig. 1610FR

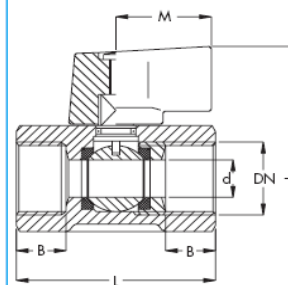


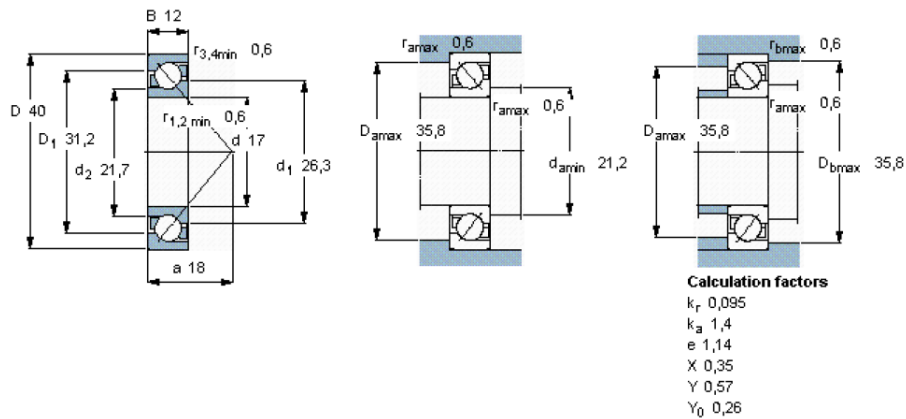
Fig. 1610ER

Bijlage I: Specificaties lager



Angular contact ball bearings, single row

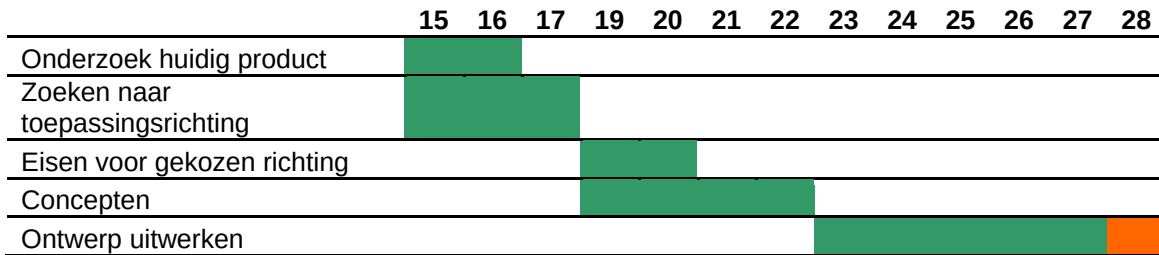
Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	C0	Pu	Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min		kg	
17	40	12	11	5,85	0,25	22000	22000	0,07	7203 BECBM *



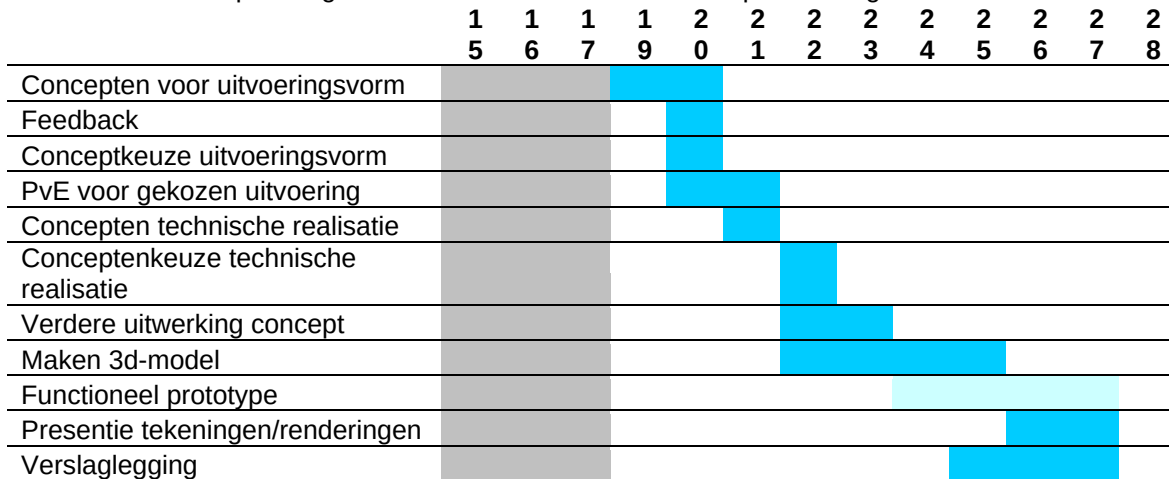
Dit zijn de specificaties van het lager wat tweemaal gebruikt wordt in de constructie van de armsteun. Dit is een standaardlager wat via internet te bestellen is.

Bijlage J: Planning

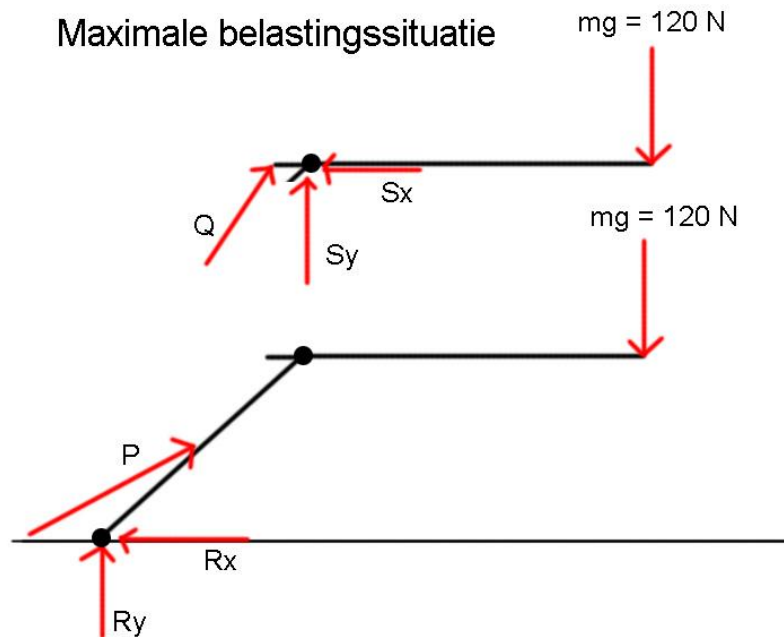
Hieronder is de globale versie van de planning zoals die voor het vak ITO is gemaakt.



Hieronder staat de planning die na drie weken in de bacheloropdracht is gemaakt.



Bijlage K: Berekeningen



Hiernaast staan twee vls die de belangrijkste krachten in de constructie berekenen. Namelijk de krachten die op de twee hydraulische cilinders komen te staan en op de scharnierpunten.

Door afstanden en dikte van de hydraulische cilinders aan te passen kan de druk van de vloeistof nog worden verminderd.

$$\Sigma F_y = 0 = S_y + \sin 57.7 \cdot Q - mg$$

$$\Sigma F_x = 0 = \cos 57.7 \cdot Q - S_x$$

$$\Sigma M = 0 = -40 \cdot \sin 57.7 \cdot Q - 350mg$$

$$Q = -1333.7N$$

$$S_y = 1170.0N$$

$$S_x = 822.4N$$

$$\Sigma F_y = 0 = R_y + \sin 32.2 \cdot P - mg$$

$$\Sigma F_x = 0 = \cos 32.2 \cdot P - R_x$$

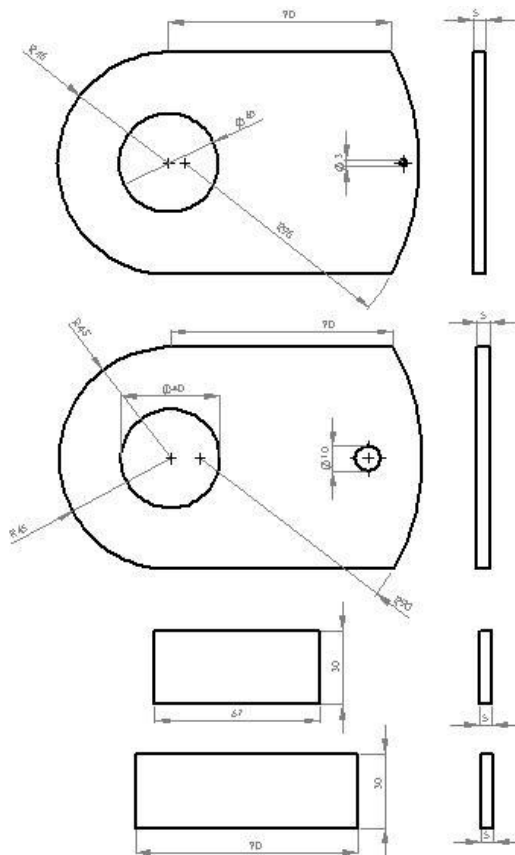
$$\Sigma M = 0 = -40 \cdot \sin 32.2 \cdot P - (350 + \cos 32.2 \cdot 250)mg$$

$$P = -3521.3N$$

$$R_y = 1826.1N$$

$$R_x = 3080.4N$$

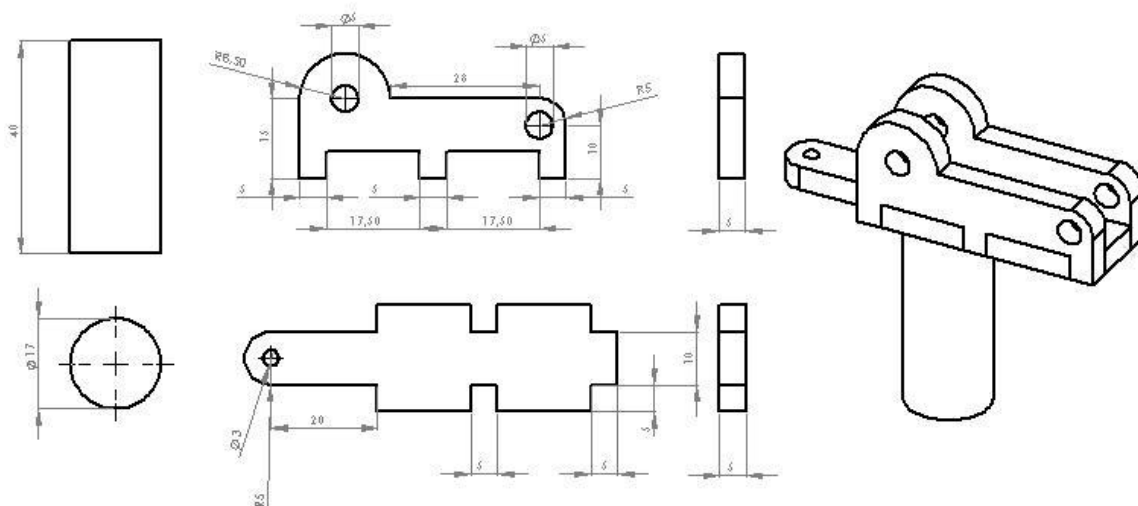
Bijlage L: Werktekeningen



De voet van de armsteun bestaat uit vier delen plaatstaal zoals links te zien is. De twee tussenschotten kunnen vervolgens haaks op de onderste en bovenplaat worden gelast zoals boven te zien is. De ondertrek van de platen worden eerst op maat geknipt en daarna kan de ronde omtrek worden gefreesd. De gaten worden erin geboord.

Het draaideel bestaat uit drie delen plaatstaal en een as. De plaatstaal delen kunnen haaks op elkaar worden gelast en de as kan hieronder worden gelast. De plaatstaal delen kunnen het best worden gelazersneden of mogelijk gefreesd.

Gebruik de volgende afmetingen:	100%
Gebruik de volgende afmetingen:	100%
Gebruik de volgende afmetingen:	100%
Gebruik de volgende afmetingen:	100%
Gebruik de volgende afmetingen:	100%



Bijlage M: Functioneel prototype

Om te kijken of het concept in de praktijk ook werkt is er een functioneel prototype gemaakt. Deze is gemaakt van mecano en pneumatische cilinders die met water gevuld zijn. Bij het maken van dit prototype bleek dat bij het dubbelknikken van de slang de stijfheid van de cilinder hoog was, hoewel de cilinders met slang niet volledig met water gevuld waren. In de constructie zorgt de mecano dan ook voor de speling en verplaatsen de cilinders nauwelijks. Een hefboom zorgt er in de normale situatie voor dat de slangen dubbel geknikt worden de constructie niet kan bewegen. Deze hefboom wordt met een elastiek aangetrokken. Door de hendel in te drukken rekt het elastiek uit en worden de slangen niet langer dubbel geknikt. De constructie is nu vrij beweegbaar.

