



# CHALMERS

---



## Utveckling av spegelfästning

### Development of mirror fastener

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

GUSTAV OLSSON

LUKA PARAVINJA

Institutionen för produkt- och produktionsutveckling  
Examinator: Mats Alemyr  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2016



EXAMENSARBETE 2016

## Utveckling av spegelfästning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Gustav Olsson  
Luka Paravinja



**CHALMERS**  
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling  
*Avdelningen för produktutveckling*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2016

Utveckling av spegelfästning  
Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Gustav Olsson  
Luka Paravinja

© Gustav Olsson och Luka Paravinja, 2016.

Examensarbete 2016  
Institutionen för produkt och produktionsutveckling  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
SE-412 96 Göteborg  
Sverige  
Telephone +46 31 772 1000

Framsida: Två färdigmonterade CSP diskar  
Tryckeri/Institutionen för Produkt och produktionsutveckling  
Göteborg, Sverige 2016

# Förord

Examensarbetet är utfört under hösten och vintern 2015 och omfattar 15 högskolepoäng. Vi som har genomfört arbetet heter Gustav Olsson och Luka Paravinja och studerar båda två högskoleingenjör, en treårig utbildning som innefattar 180 högskolepoäng, på Chalmers tekniska högskola. Vår inriktning är maskinteknik där vi senare valt produktion som en ytterligare specialitet.

Arbetet har utförts åt Ripasso Energy AB som har sitt kontor i Västra Frölunda i Göteborg och CONSAT Engineering AB i Partille har tillhandahållit lokaler under arbetets tidsperiod.

Vi vill tacka Anders Johansson, övergripande projektansvarig på Ripasso, för att vi fick göra detta examensarbete och för den ödmjukhet och förståelse han visat oss under arbetets gång. Våra tack går även till Martin Hogander och Martin Cappelin på Consat Engineering för deras tid och möjlighet att ge feedback på våra tankar och idéer. Tack även till Niklas Kjällström, vår första kontakt på Consat, för att bland annat ha förklarat skillnaden mellan skolbänkskonstruktion och den som ingenjörer arbetar med dagligen.

Tack till vår handledare Mats Alemyr för allt stöd i arbetsprocessen och med rapportskrivandet. Tack till Kjell Melkersson för hjälpen vi fick med konstruktionsberäkningarna. Tack till Rolf på Gotsprings för råd och tips och tack Erik på Lesjöfors.

Gustav Olsson

Luka Paravinja

19 December 2015  
Göteborg

# Sammanfattning

Syftet med arbetet är att utveckla en spegelinfästning som sedan ska installeras i ett system som utvinner solenergi. Problemet som finns idag är den långa och krångliga monterings tiden av speglarna och denna ska kortas ner och förenklas genom att konstruera en annorlunda infästning. Arbetet är utfört på uppdrag av Ripasso Energy som har sin verksamhet i västra Frölunda i Göteborg. Det fysiska arbetet har dock utförts på CONSATs kontor i Partille. CONSAT är inhyrda som konsulter åt Ripasso. Frågeställningarna genom projektet har bland annat handlat om hur infästningen ska se ut för att klara laster från vind och hur den ska göras för att bli så billig som möjligt. Men även hur infästningen ska fungera för att göra spegeln så enkel som möjligt att montera på plats och sedan justera med erforderlig noggrannhet.

Resultatet blev en specialdesignad mutter som kan justeras med en roterande rörelse, maskinellt bakifrån för att ändra spegelns läge. Denna lösning testades och klarar laster från båda hållen men vid 70 kg belastning bakifrån påverkas noggrannheten något. Specialmuttern klarar även noggrannhetstestet och sett ur en ekonomisk synvinkel är den försvarbar. Några viktiga avgränsningar var att tillverkningsprocessen inte skulle beröras. Inte heller spegelns utformning, antal infästningar per spegel eller utformningen på disken. Resultatet, specialmuttern, blev en förhållandevis bra lösning som både kommer att bli enklare och snabbare att montera än den gamla lösningen. En framtida rekommendation är att antingen undersöka en sänkning av drag/tryck kriteriet eller utforma muttern så noggrannheten bibehålls vid över 70 kg tryck bakifrån.

# Summary

The aim is to develop a mirror fastener which then will be installed in a system that extracts solar energy. The problem that exists today is the long and complicated assembly time of the mirrors, and this should be shortened and simplified by constructing a different fastener. The work is performed on behalf of Ripasso Energy, which is based in Västra Frölunda, Gothenburg. The physical work has been conducted at Consat in Partille. Consat are hired as consultants to Ripasso. The questions from the project have been about how the fastener should look to withstand loads from wind and how it should be constructed to be as cheap as possible. But also how the fastener would work to make the mirror as simple as possible to fit into place, and then adjust with the required accuracy.

The result was a specially designed nut which can be adjusted with a rotary motion machine from behind to change the position of the mirror. This solution was tested and can handle loads from both directions. However a 70 kg load from behind influenced the accuracy slightly. The special nut can also withstand the test of accuracy and seen from an economic point of view, it's justifiable. Some of the important limitations was that the production process would not be concerned. Nor mirror design, the number of fasteners per mirror or the design of the disk. The result, the special nut, was a relatively good solution that will be easier and faster to install than the old solution. A future recommendation is to either investigate a reduction in tensile / compression criterion or design the nut so that accuracy is maintained at over 70 kg of pressure from behind.

# Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Syfte .....	1
1.3 Avgränsningar .....	1
1.4 Precisering av frågeställningen.....	1
2. Teoretisk referensram.....	2
2.1 Betydelse av Arbetet .....	2
2.2 Verksamheter inom området .....	3
2.2.1 Solartron Energy.....	3
2.2.2 Infiniacorp .....	4
2.2.3 Solarsystems.....	5
2.2.4 Cleanergy.....	5
2.2.5 Stirling Energy Systems .....	6
2.2.6 United Sun Systems.....	6
2.3 Alternativa områden.....	7
3. METOD.....	8
3.1 Planering och problemidentifiering.....	8
3.2 Kravspecifikation .....	8
3.3 Förstudier och faktainsamling .....	8
3.4 Konceptgenerering .....	9
3.4.1 Brain writing.....	9
3.4.2 Brain storming.....	9
3.4.3 Idéskissning .....	9
3.5 Konceptutvärdering och eliminering med värdeanalys .....	9
3.6 Genomförande .....	10
3.6.1 CAD-modellering.....	10
3.6.2 Materialval.....	10
3.6.3 Tillverkningsmetod.....	10
3.6.4 Verifiering .....	10
3.6.5 Monteringsprocess.....	10
4. KRAVSPECIFIKATION .....	11
4.1 Nulägesanalys.....	11
.....	11



4.2 Kriterier .....	12
5. RESULTAT.....	13
5.1 Konceptgenerering .....	13
5.1.1 Koncept 1 - Friktion .....	13
5.1.2 Koncept 2 - Brickor.....	14
5.1.4 Koncept 4 - Gänga.....	14
5.1.5 Koncept 5 - Gängklämma.....	15
5.2 Konceptutvärdering .....	15
5.2.1 Eliminering av koncept.....	15
5.2.2 Val av koncept.....	18
5.3 Vidareutveckling och verifiering av valt koncept .....	20
5.3.1 Verifiering .....	20
5.3.2 Material och ekonomisk uppskattning.....	24
6. DISKUSSION .....	25
7. SLUTSATS .....	26
7.1 Utvärdering av resultat .....	26
7.2 Framtida rekommendationer .....	26
8. REFERENSER.....	27
BILAGA 1 - Koncept friktion	
BILAGA 2 - Koncept Brickor	
BILAGA 3 - Koncept Fjäder	
BILAGA 4 - Koncept Specialmutter	
BILAGA 6 - Koncept Gängklämma	
BILAGA 7 - Viktning av kriterier	
BILAGA 8 – Viktning av koncept	



# 1. Inledning

Nedan följer bland annat bakgrund och syftet med arbetet.

## 1.1 Bakgrund

Ripasso Energy i Göteborg har utvecklat en metod för att utvinna solenergi med hjälp av speglar, en disk, ett trackersystem och en stirlingmotor. Metoden kallas CSP, en förkortning av Concentrated Solar Power, och går ut på att koncentrera solens strålar mot en punkt där man utvinner värmeenergin. Till hjälp har Ripasso spegelsegment monterade för att bilda en skålformad disk som reflekterar solens strålar. I värmepunkten sitter en stirlingmotor monterad. Värmen som uppkommer driver motorn som i sin tur genererar ström. Det är speglarnas infästning vid disken som är problematisk, idag sitter speglarna fast i tre punkter och vid varje punkt fästs spegeln i disken med hjälp av en gängad stång med en gummiled, två muttrar och där i mellan ett plattjärn som sitter fast i disken.

Dagens lösning är inte så effektiv som Ripasso skulle önska i avseende på främst monterings- och justeringstid. Därför vill företaget utveckla en ny, mer fördelaktig lösning på infästningsproblemet. Man vill dessutom ha ett färdigt tillvägagångssätt för hela spegelmonteringen från att speglarna packas upp till de sitter på plats. Projektet utförs på uppdrag av Ripasso Energy men arbetet sker i CONSAT Engineerings lokaler i Partille. CONSAT är ett konsultföretag som utför uppdrag över hela Sverige och även för Ripasso i västra Frölunda.

## 1.2 Syfte

Syftet är att ta fram en förbättrad lösning för speglarnas infästning och därmed spara tid och minska kostnad, vid montering.

## 1.3 Avgränsningar

Spegeln ska fortfarande sitta fast i 3 punkter, dvs. 3 infästningar per spegel.

Spegelns utformning berörs inte.

Logistiklösningar för förflyttning av speglarna i sina paket ska ej beröras.

Inga förändringar är tillåtna på diskstrukturen.

Tillverkningsprocessen av infästningen kommer inte att beröras.

## 1.4 Precisering av frågeställningen

Hur ska infästningen se ut för att spegeln ska bli så enkel som möjligt att montera på plats och sedan justera med erforderlig noggrannhet?

Hur ska den se ut för att vara ekonomiskt försvarbar?

Hur ska monteringen av speglarna gå till? Steg för steg metod är att föredra.

Hur ska infästningen konstrueras för att klara kraften från vind?

## 2. Teoretisk referensram

Ripasso är inte ensamt med konceptet concentrated solar power (CSP). På marknaden finns fler företag som använder sig av samma princip. På grund av sekretess finns dock lite information om hur anläggningarna fungerar på detaljnivå. Just beskrivning av spegelfästningar är i de flesta fall inte tydligt utformad, utan man får nöja sig med vad man kan se på de publicerade bilderna.

### 2.1 Betydelse av Arbetet

Desertec är en stiftelse som satsar mycket på förnyelsebar energi. De har som mål att införa CSP-system i Nordafrika, Mellanöstern och vissa sydliga delar av Europa, figur 2.1. De har uppskattat att om det byggs upp ett stort nätverk av CSP-system i världens större öknar, så skulle det ge 160 gånger mer energi än vad som utvinns idag i hela världen. Detta visar vilken potential CSP system har. (Desertec, 2012)

En stor utmaning i branschen är finansieringen, men även monteringen av systemet. Just monteringen och justering av speglar tar väldigt lång tid. En smart lösning för ett fäste kan leda till en smidigare monteringsprocess och en större utbredning av CSP-system i världen, framför allt Ripassos.



Figur 2.1 Desertec karta

## 2.2 Verksamheter inom området

Hemsidor så som csp-world.com och csptoday.com användes för att hitta andra företag som tillämpar CSP-teknik. På bilden från csptodays hemsida kan man se alla projekt som använder sig av Dish Stirling teknologin. Bara två av anläggningarna på kartan (figur 2.2) är idag i drift och de befinner sig i Kina. Resterande företag hittades genom att använda databaser så som webofscience.com, Google Scholar, men även Googles egna sökmotor och bilder.



**Figur 2.2 CSP-teknikens utbredning i världen.**

### 2.2.1 Solartron Energy

Detta företag har en lösning som de kallas SolarBeam 7M (figur 2.3). Disken är ca 7 meter i diameter och har balkar från mitten ut som håller tårtbitsformade speglar i position (solartronenergy, 2015).



**Bild 2.3 Solarbeam av Solartron**

### 2.2.2 Infiniacorp

Infiniacorp gick i konkurs 2013 men har idag bytt namn till Qnergy (csp-world, 2013). Infinia utvecklade en disk som de kallar Powerdish. Som bild 2.4 avslöjar är disken här uppbyggd av sex lika stora segment av speglar. Segmenten hålls på plats på ett liknande sätt som på Solarbeam 7M med balkar som sträcker sig ut från centrum. Diameter på disken är 4,7\* m i diameter (Infiniacorp, 2009).



**Bild 2.4 Powerdish av Infinia.**



**Bild 2.5 En annan variant av Powerdish.**

En annan variant av Powerdish från Infinia. Även den här är en mindre variant. Denna diskens uppbyggnad liknar Ripassos men fästena till speglarna verkar enligt bild 2.5 inte vara justerbara.

### 2.2.3 Solarsystems

Australiensiskt företag, vars verksamhet upphörde juli 2015, som använde sig av Concentrator photovoltaics. Ett system där man har en solcell istället för en stirlingmotor som fångar upp den koncentrerade strålningen. Även om inte Solarsystems använde sig av ett CSP system är spegelfästningen dock fortfarande värd att undersöka. På baksidan sitter speglarna fast på ett ruttmönster till synes utan möjlighet till finjustering (bild 2.6). (Solarsystems, 2015)



**Bild 2.6** Bilden föreställer baksidan av Solarsystems diskar.

### 2.2.4 Cleanergy

Detta är ett svenskt företag som satsar väldigt mycket på förnyelsebar energi. Ett av huvudområdena är CSP. Spegelytan ligger på 55 kvadratmeter, de har en livslängd på 25 år och de ska tåla 44m/s vind. Verkningsgraden ligger på 25-30%. Av bilden kan man konstatera att diskens uppbyggnad och spegelfästningarna är lika Ripassos lösningar. Men eftersom Cleanergys disk ser ut att ha mindre antal speglar och en mindre totalyta (bild 2.7 och 2.8) tar spegelmonteringen sannolikt kortare tid än för Ripasso. (Cleanergy, 2015).



**Bild 2.7** Framsida Cleanergys CSP disk



**Bild 2.8** Baksida

## 2.2.5 Stirling Energy Systems

Stirling Energy Systems gick i konkurs år 2011. Det var ett amerikanskt företag baserat i Arizona. Deras diskar var 11 meter i diameter och systemet hade en verkningsgrad på 31 %. Spegelarna här ser ut att vara direkt monterade på disken utan mellanrum (bild 2.9 och 2.10). De sitter fast i 3 punkter precis som Ripassos och har ett mönster på baksidan där pinnbultarna sitter. (renewableenergyworld, 2011)



**Bild 2.9 Framsida**



**Bild 2.10 Baksida**

## 2.2.6 United Sun Systems

United Sun Systems (bild 2.11) är ett brittiskt/svenskt företag med kontor i London och Stockholm. De köpte upp CSP system av Stirling Energy efter att de gick i konkurs. Diametern på disken är 12 meter vilket ger en spegelyta på 100 kvadratmeter. De har en livslängd på minst 20 år och har en verkningsgrad på 32 % (unitedsunsystems, 2005).



**Bild 2.11 United Sun Systems**



## 2.3 Alternativa områden

Utanför solenergiområdet finns en rad olika intressanta lösningar där man har ett justeringsbehov. Exempelvis höjning och sänkning av bord, det finns metoder där man gör detta med hjälp av el från eluttag eller bara genom att snurra alla fyra benen tillhörande bordet. Vissa skrivbordslampor har en intressant infästning för att sitta fast i skrivbordsskivan. Satelliter använder sig av intressanta fästen för deras solpaneler och andra justerbara paneler. Inom flygindustrin kan man hitta mycket hållbara lösningar för fästen på diverse delar så som roder. Stödben för släp, arkitekturlösningar och vapenindustrin innefattar även de möjliga lösningarna för projektet.

## 3. METOD

Examensarbetet bestod av olika delmoment som även redovisades efterhand på möten med handledare från skolan och företaget.

### 3.1 Planering och probleminentifiering

Planering och probleminentifiering var första steget, där lades arbetet upp på ett effektivt sätt med hjälp av ett gantschema.

Möte 1: Planeringsrapport analyserades och godkändes av alla parter

Möte 2: Relevant kravspecifikation och faktainsamling visades.

Möte 3,4: Möte 3 visades alla olika koncept. Möte 4 visades valt koncept.

Möte 5,6: Möte 5 visades en preliminär prototyp. Möte 6 visades det färdiga arbetet.

Slutrapport och Redovisning skedde på slutet. Redovisningen gjordes i februari och Slutrapporten skrevs under arbetets gång men mest fokus på rapporten låg i slutet av året.

### 3.2 Kravspecifikation

För att kunna ta fram en infästning som motsvarar förväntningarna från Ripassos sida gjordes en kravspecifikation där alla kriterier på den nya infästningen listades.

Användandet av ordet kriterium användes istället för begreppen krav och önskemål på grund av att många egenskaper låg i gråzonen mellan de två.

Kriterierna vägdes gentemot varandra i en värdeanalys för att hitta de viktigaste och de mindre viktiga, där jämfördes också infästningarna med varandra. De infästningar som inte uppfyllde de viktigaste kriterierna sollades bort.

### 3.3 Förstudier och faktainsamling

Förstudier och insamling av fakta om vad som finns på marknaden idag var nödvändigt för att kunna skapa en konkurrenskraftig lösning samt för att få inspiration till den kommande konceptgenereringen. Med kravspecifikationen som underlag användes sökmotorer och diverse databaser på internet för att se om det redan fanns någon liknande lösning som eventuellt kunde uppfylla en del av kriterierna, med eller utan lite omdimensionering. Under rubriken Teoretisk referensram lades resultatet av förstudierna och faktainsamlingen in.

## 3.4 Konceptgenerering

I det här steget genererades de koncepten som senare skulle jämföras mot varandra. Hur dessa koncept genererades framgår i rubrikerna under.

### 3.4.1 Brain writing

En konceptgenereringsmetod som liknar brainstorming där man istället sätter sig i tystnad och skriv ner sina tankar på ett papper utan att avbryta varandra i tankeprocessen. Vi som arbetade med projektet upplevde brainwriting som den mest effektiva metoden för att generera nya idéer just eftersom man fick tänka utan att bli avbruten.

### 3.4.2 Brain storming

Något av en klassisk och välkänd metod för att generera idéer. Bygger på konversation där man uttryckte sina tankar till någon eller några andra. Kritik var förbjudet och ju fler idéer desto bättre. Kvantitet var viktigare än kvalitet.

### 3.4.3 Idéskissning

Här finns inslag av både brain storming och brain writing. Först gjorde man en grovskiss och därefter en noggrannare skiss och visar den andra personen. Den andra personen kom sen med synpunkter och för och nackdelar diskuterades.

## 3.5 Konceptutvärdering och eliminering med värdeanalys

Utvalda koncept, inklusive den nuvarande lösningen, sammanställdes och jämfördes med varandra. Detta gjordes i en Phug-liknande värdeanalys, där även kriterierna viktades mot varandra i en så kallad parvis jämförelse (Johannesson H. 2013). De som inte uppfyllde några av de viktigare kriterierna föll igenom och förkastades. Den vinnande lösningen i värdeanalysen valdes ut till genomförandet.

## 3.6 Genomförande

Genomförandet var den största delen av arbetet och tog därför längst tid. Under den här fasen började slutprodukten realiseras och ta form. Även en steg-för-steg metod togs fram här såväl som en ekonomisk uppskattning på den färdiga produkten.

### 3.6.1 CAD-modellering

Första steget i genomförandet var CAD-modellering. En detaljerad CAD modell togs fram i ProEngineer för att få en exakt bild av hur detaljen skulle se ut och fungera.

### 3.6.2 Materialval

Utifrån hållfasthetsberäkningar, korrosionsbeständighet och pris bestämdes det mest lämpliga materialet för infästningen.

### 3.6.3 Tillverkningsmetod

CAD-modellen skickades iväg till en verkstad och handledarna på CONSAT tog fram tillverkningsunderlag och tillverkningsmetod.

### 3.6.4 Verifiering

Efter detaljen tillverkats testades den i en verkstad för att se hur den i praktiken uppfyllde kriterierna som var ställda i kravspecifikationen. De kriterier som testades var drag/tryck, noggrannhet, monteringsprocess, möjlighet till spegelbyte, Justering maskinellt bakifrån och säker låsning.

### 3.6.5 Monteringsprocess

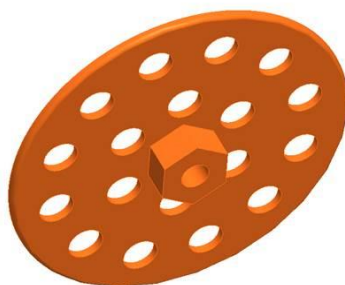
En steg-för-stegprocess för montering av spegeln togs fram som ett sista moment efter färdigställd produkt.

## 4. KRAVSPECIFIKATION

Här ges en nulägesanalys och en bild av vilka kriterier som var aktuella under projektets gång.

### 4.1 Nulägesanalys

Ripassos nuvarande lösning uppfyller alla kriterier som ställts, förutom monterings- och justeringstiden som idag är för lång. De lösningar som skall tas fram måste därför självfallet också uppfylla alla kriterier och utöver det vara snabbare att montera och justera. Bild 4.3 längst ner till vänster på sidan visar Ripassos nuvarande infästning. Bygeln på bilden spänns fast runt disken i rätt läge innan monteringen på plats sker.



**Figur 4.1 Bighead som sitter fast på spegelns baksida**



**Figur 4.2 Pinnbult med gummiled**

Den steg-för-steg metod vid montering man använder sig av idag ser ut enligt följande:

1. Förarbete: Pinnbultarna med gummiled (Figur 4.2) skruvas fast i de tre bigheaden (Figur 4.1) på spegeln.
2. Montering och grovjustering: En mutter skruvas på till nominellt läge på pinnbulten. Spegeln lyfts på plats i disken, som är positionerad på marken, och den andra muttern skruvas på och spänner åt vid plattjärnet.
3. Disken lyfts på plats med hjälp av en lyftkran. Med hjälp av en mätning som görs med hjälp av ett så kallat Tritopsystem fås speglarnas exakta position samt information om hur mycket varje infästning ska finjusteras.
4. Finjustering: Sker med hjälp av två fasta nycklar uppe i strukturen (Bild 4.4). Som fallskydd används säkerhetssele vid vistelse på den höjden.



**Bild 4.3 Den nuvarande infästningen**



**Bild 4.4 Baksidan på Ripassos disk.**

## 4.2 Kriterier

Nedan följer kriterier för den färdiga infästningen som gjorts på Ripassos begäran. Dessa kriterier avser den färdiga produkten och är av olika vikt, vilket senare kommer att visas i en värdeanalys.

Kriterier:

- Spegelfästningen ska klara av 1000N i drag och tryck i spegelns normalriktning.
- Infästningen ska kunna justeras med 0,1 mm positionsnoggrannhet.
- Infästningen ska vara momentfri närmast spegeln så inga spänningar i ytan uppkommer.
- Utgångsmåttet mellan spegel och struktur ska vara 77mm
- Infästningens justeringsområde skall vara +/- 30mm
- Monteringstiden är uppdaterad i 3 delar och får inte överskrida totalt 70 mansekunder (sekunder för en person):

1. Förarbete	30 s/spegel
2. Placering	20 s/spegel
3. Slutlig justering	20 s/spegel
  
- Ska finnas möjlighet att byta ut spegeln
- Infästningen ska vara kostnadseffektiv
- Justeringen ska kunna göras maskinellt bakifrån
- Efter justering ska spegeln kunna låsas säkert i sitt läge
- 25 års livslängd på infästningen
  - Infästningen skall vara UV-tålig
  - Korrosionsbeständig
- Bibehålla den justerade inställningen vid spegelbyte

# 5. RESULTAT

Här följer ett resultat av konceptgenereringsprocessen samt verifiering av valt koncept.

## 5.1 Konceptgenerering

Många olika koncept togs fram och det var svårt att sluta komma på nya. Konceptgenereringen var riktigt intressant och lärorik där stor kreativitet och fantasi tillämpades. Många gånger nekades idéer på grund av de tekniska kriterier som sattes i början av projektet. Trots att vissa kriterier var hårda fanns det möjlighet till att skapa en rad olika lösningar inom flera grupper. Nedan följer en beskrivning på de olika koncepten.

### 5.1.1 Koncept 1 - Friktion

Detta koncept bygger på att friktion håller fast spegeln i sitt läge genom att trycka mot en slät pinnbult som går genom ett hål i plattjärnet. Olika sätt att anbringa friktion på diskuterades. Ett alternativ var att använda sig av en quick-release klämma, antingen direkt på pinnbulten eller på ett rör som i sin tur klämmer fast den. Dessa klämmor är tyvärr dyra och det var osäkert om de kunde klämma med tillräcklig kraft. Därför valdes en annan variant att gå vidare med från friktionsområdet.

Konceptet som valts att skissas upp finns med som bilaga 1. Som bilden visar skruvas en skruv in i ett gängat hål, horisontellt mot en slät pinnbult. På så sätt bildas ett tryck och friktion mellan skruven och pinnbulten som förhindrar att den rör på sig. För justering måste skruven skruvas ut något. Montering sker genom att först skruva in pinnbulten, som är gängad i ena änden, i gummileden som i sin tur skruvas in i bigheaden, limmad på spegeln. Sen lyfts spegeln i plattjärnen där redan den tryckande skruven sitter förmonterad.

Därefter används ett specialverktyg med inbyggt mätinstrument för att positionera pinnbulten i rätt läge genom att antingen dra ned den eller trycka upp den. Specialverktyget är föremål för framtida utveckling. Till sist spänns den tryckande skruven åt och låser pinnbulten i sitt läge.

### 5.1.2 Koncept 2 - Brickor

Detta är en enkel lösning där öppna brickor och shims träs på en gängad pinnbult från sidan för att kunna justera in den i rätt läge. Ju fler brickor som används desto större blir avståndet mellan plattjärn och spegel. Brickorna har olika tjocklek för att nå upp till önskad justering. När rätt antal brickor med rätt storlek satts på plats spänns en mutter åt med ett elektriskt verktyg på undersidan av plattjärnet för att låsa infästningen i sitt läge.

Montering sker genom att först skruva den gängade pinnbulten i gummileden som i sin tur skruvas in i bigheaden, limmad på spegeln. sen lyfts spegeln i plattjärnen, rätt brickor träs på och infästningen låses fast. Justering gör sedan genom att lossa på muttern och ändra antalet eller tjockleken på brickorna. Se bilaga 2.

### 5.1.3 Koncept 3 – Fjäder

Lösning 3 bygger på en fjäder inuti en cylinder som håller systemet och spegeln i spänn. Montering sker genom att först skruva den gängade pinnbulten i gummileden som i sin tur skruvas in i bigheaden, limmad på spegeln. Sedan träs fjädern på pinnbulten, efter det cylindern och till sist skruvas en mutter på pinnbulten. I nästa steg lyfts spegeln i plattjärnen som har en diameter motsvarande cylinderns. För att inte falla rakt igenom har cylindern en fläns, större än hålets diameter, i ovankant. När spegeln ligger i sitt nominella läge skruvas en mutter på cylindern, upp mot plattjärnet för att låsa infästningen i sitt läge. Justering görs sedan enkelt bakifrån med en skruvdragare som roterar muttern och ger pinnbulten en lateral rörelse upp eller ned. Ett alternativ till verktygsfjädern är att använda sig av en gasfjäder som kräver samma kraft i alla lägen för att komprimeras. Se bilaga 3.

### 5.1.4 Koncept 4 - Gänga

Att använda sig av en gänga är kanske det säkraste sättet att garantera noggrannhet och att infästningen håller för det satta drag- och tryckkriteriet.

Den här varianten har en förmonterad, specialtillverkad mutter på en gängad pinnbult. Vid montering går muttern i ett hål i plattjärnet. Med hjälp av en fläns på muttern med en större diameter förhindrar man att muttern åker rakt igenom hålet och låser således den ena riktningen. När muttern placerats i hålet låses den fast med hjälp av en eller två fjäderbrickor och någon form av låsningsbricka som träs på underifrån.

Med ett verktyg i form av en slags polygrip trycker man upp låsningsbrickan så att den spänner fjäderbrickan och till att låsningsbrickan går i ett spår i muttern. Spegeln är nu låst i alla riktningar och justeras genom att rotera muttern vilket ger axeln en lateral rörelse upp eller ner beroende på höger eller vänstervarv. Friktionen som blir mellan flänsen, plattjärnet och fjäderbrickan antas vara en tillräcklig, om än kraftbetingad låsning. Lösningen liknar till viss del fjäderkonceptet. Se bilaga 4.



### 5.1.5 Koncept 5 - Gängklämma

För snabb montering och säker justering togs gängklämman fram. Detta är en kombination av två lösningar bestående två klämytor utformade som gänghalvor av en mutter. Dessa två delar kläms ihop med ett skruvförband och klämmer på så sätt fast pinnbulten. Då sitter pinnbulten så hårt fast att den har en kraftbetingad friktionslåsnings som förhindrar rotation.

Montering sker genom att först skruva den gängade pinnbulten i en axiallänk, även kallad kulled, som i sin tur skruvas in i bigheaden, limmad på spegeln. Spegeln lyfts sedan i infästningarna och pinnbulten går igenom klämman som är tillräckligt öppen. När det nominella läget är satt dras klämman åt och pinnbulten sitter fast. Därefter justeras spegeln genom rotation av pinnbulten bakifrån med hjälp av ett invändigt sexkantshål. Momentet som uppkommer i pinnbulten tas upp av axiallänken. Se bilaga 5.

## 5.2 Konceptutvärdering

### 5.2.1 Eliminering av koncept

I samarbete med Ripasso, tillverkare och lärare var det möjligt att utesluta många lösningar av diverse anledningar, såsom kostnad och komplexitet. Martin Cappelin och Martin Hoganders goda erfarenheter inom produktutveckling gav en insikt i just komplexiteten och orimligheten gällande vissa av lösningarna. Tillverkare såsom Gotsprings och Lesjöfors, specialiserade på sin industri, bidrog med information om tillverkningskostnader och urval på detaljer. Konstruktionslärare på Chalmers, Kjell Melkersson, understödde framtagna lösningar med synpunkter gällande krafter och beräkningar.

- Friktion: En stor del av tiden lades ner för att hitta en bra lösning som tillämpar friktion. Flera olika koncept lades fram, vilka i teorin klarar av de viktigaste kriterierna. Med hjälp av den maximala kraften på 1000 N som infästningen ska klara av och en uppskattning av friktionskoefficienten kunde den erforderliga klämkraften för att hålla pinnbulten fast i sitt läge beräknas. Erforderlig klämkraft uppgick till 5556 N (Bild 5.1) vilket är rimligt att åstadkomma med en tryckande skruv i rätt storlek.

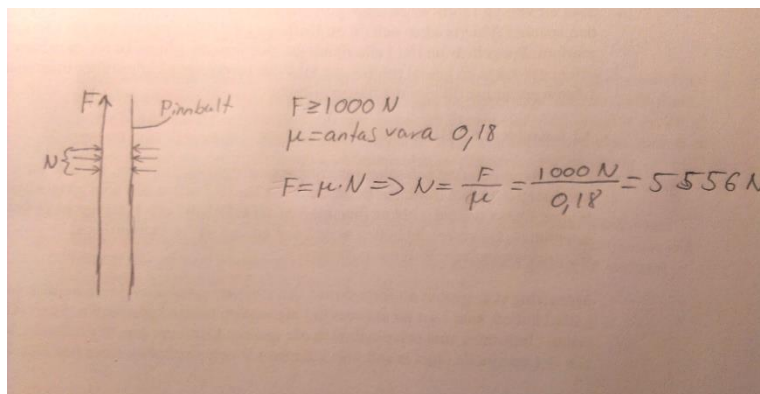
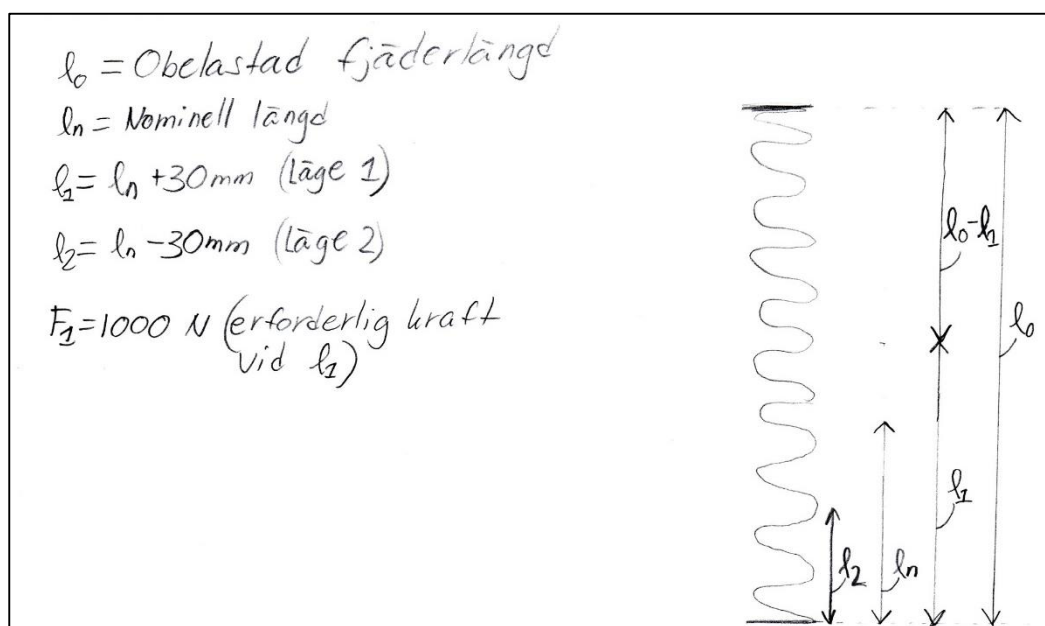


Bild 5.1 Beräkning av erforderlig klämkraft.

Det friktionen faller på är justeringen, vilken hade behövt ske via tillämpningen av ett specialverktyg. Detta verktyg skulle bli för komplext och många moment hade behövt tillämpas vid justering av spegeln. Dessutom hade utveckling av ett fungerande verktyg krävt mer tid än vad som fanns tillgängligt. Friktionskonceptet valdes därför inte att gå vidare med.

- Brickor: Lösningen med brickor kanske är ett av de mer innovativa men ändå enkla koncepten som tagits fram. Även om ett viktigt kriterium är att det ska gå att justera maskinellt bakifrån, så uppfyller den alla andra kriterier och är väldigt robust. Ripasso har dock ett tydligt mål att införa en maskinell justering i framtiden vilket får Brickkonceptet att falla bort.
- Fjäder: Detta var en idé som uppkom i ett väldigt tidigt skede av arbetet men som lades åt sidan snabbt i hopp om att finna en bättre fungerande lösning. Efter senare analys av området så blev dock konceptet aktuellt igen och en tabell gjordes i Excel för att hitta en lämplig fjäder att applicera (Figur 5.3). Men efter grundligare forskning av området så uppkom dock flera hinder i möjligheterna av att i praktiken konstruera en sådan fjäder (Figur 5.2). För att säkerställa datan och få mer insikt i hur fjädrar fungerar så besöktes Gotsprings i Göteborg. Där gavs en del information som sedan tillämpades i arbetet. Excel-tabellen med förklaring av längdvariablerna finns nedan.



Figur 5.2 Fjäders längd vid olika belastningar. Vid L1 ska fjädern belastas med 1000 N

Verktygsfjäder ISO 10243	Art.nr: 5163				
Fjäderkonstant c (N/mm)	10.3	L0 (mm)	305		
F1 (N)	1000				
L0 - L1 (mm)	97.08737864				
L1 (mm)	207.9126214				
Ln (mm)	187.9126214				
L2 (mm)	167.9126214				
				procentuell maxkompression	45%
F2 (N)	1412				

**Figur 5.3 Verktögsfjäder från Lesjöfors blev den mest lämpliga.**

Den mest lämpade fjädern blev en verktygsfjäder från Lesjöfors med en obelastad längd på 305 mm. Efter kontakt med Lesjöfors gavs en offert på 193 kr/st per fjäder vid beställning av minst 200 stycken. Trots priset på fjäderkonceptet valdes den att gå vidare med eftersom priset ansågs som den enda svagheten och kunde pressas vid beställning av en större kvantitet. En offert på en lämplig gasfjäder med fjäderkraft 1000 N och slaglängden 85 mm gavs också. Vid beställning av minst 3000 stycken låg priset mellan 40 och 60 kr/st.

- Specialmutter: Att använda gängor har sina fördelar, det ger en större garanti om noggrannhet än friktion och även en större garanti att sitta på plats efter justering. Specialmuttern uppfyller teoretiskt nästan alla kriterier och valdes därför att tas vidare och jämföras i värdeanalysen.
- Gängklämma: Att göra ett gängat hål i plattjärnet hade varit en genomförbar lösning. Problemet är att man då måste skruva i pinnbulten först, klicka i spegeln och använda sig av en axiallänk för att kunna rotera pinnbulten för justering. För att komma förbi iskrivningen och iklickningen så togs gängklämman fram som koncept. Problemet med gängklämman är att axiallänken som måste användas i kombination med den är väldigt dyr, 197,50kr/st med 20% rabatt om man köper 100st (Wiberger, 2015). Ett till område som den faller på är precisionen. Kontakt togs med Wiberger vilka gav information om att det kan förekomma en visst glapp i axiallänken, vilket inte är acceptabelt eftersom noggrannheten måste kunna garanteras. Även noggrannheten i gängklämman var diskutabel eftersom den består av två gänghalvor vilka kommer vara svåra att få ihop så att de omsluter pinnbulten exakt.

## 5.2.2 Val av koncept

Analysen är uppdelad i två delar. Först vägs de uppsatta kriterierna mot varandra (Figur 5.4). Om kriteriet i raden är mer viktigt än det i kolumnen får jämförelsen en tvåa. Om däremot kriteriet i raden är mindre viktigt än det i kolumnen sätts en nolla. Om båda kriterierna är av samma vikt sätts en etta. Under kolumnen ”Sum points” adderas sedan viktningarna i hela raden inklusive kolumnen ”Correction factor”. Kriteriet får sedan sin viktning genom att dividera poängen tillhörande varje kriterium med summan, ”Sum”, av alla kriteriers vikningar. Resultatet ser man i kolumnen ”Weight factor”. Längst ner till höger står summan av alla vikt faktorer vilken ska bli ett.

Exempel: I rad A bedöms kriterium A, det vill säga ”Drag/Tryck 1000 N”. Eftersom detta kriterium är väldigt viktigt får det en hög poängsumma (20 poäng) och en hög viktning på 0,15 vilket motsvarar 15% av 100%. Det minst betydelsefulla kriteriet är det på rad D, ”Nominellt läge 77 mm”, som får betydelsen 1% av 100%.

Weighting of affected areas																
Affected areas	Drag/ tryck 1000 N	Noggrannhet 0,1 mm	Monterfri i spegellyta	Nominellt läge 77 mm	Justeringsområde +/- 30 mm	Montering 70 mansekunder	Möjlighet till spegelbyte	Kostnadseffektiv	Justering maskineffektiv	25 års livslängd	Säker låsning	Behålla inställning vid spegelbyte	Correction factor	Sum points	Weight factor	
A	0	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	20	0,15	
B	-1	2	2	2	2	2	2	2	2	0	1	2	2	18	0,14	
C	-4	2	2	2	1	0	1	2	0	0	1	2	4	11	0,08	
D	-6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0,01	
E	-7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8	3	0,02	
F	-5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	10	10	8	0,06	
G	-4	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	12	12	17	0,13	
H	-8	0	0	0	0	0	0	0	2	14	8	14	14	8	0,06	
I	-8	0	1	2	16	11	16	11	0,08							
J	-2	2	2	18	20	15	18	20	0,15							
K	-9	2	20	13	20	10	20	13	0,10							
L	-20	22	2	0,02												
Sum													132	1,00		

Figur 5.4 Viktningen av kriterierna. Ju större värde under ”Weight factor” desto viktigare kriterium. Finns även som bilaga 6.

När viktningsarna för alla kriterier är satta används nästa tabell (Figur 5.5). Här matas viktfaktorerna in under tillhörande kriterium och de olika koncepten läggs in till vänster. Graderingen görs av varje lösning efter hur väl den uppfyller de olika kriterierna.

Koncepten får ett värde mellan 0 och 5 där en femma betyder att den garanterat uppfyller kriteriet helt och hållet och en nolla betyder att ingenting i området uppfylls. Detta framgår även längst ner i bilden. Värdet på graderingen multipliceras med viktfaktorn och ger ett värde i de grå raderna. Dessa värde summeras sen i den gula kolumnen "Sum". Det koncept som har störst värde i den gula kolumnen är det vinnande.

Exempel: Det bristande i den nuvarande lösningen var tidsåtgången vid montering. Som kan utläsas av bilden fick den därför en nolla under kolumnen "Montering 70 mansekunder" eftersom monterings tiden inte ens låg i närheten av ett så kort tidsintervall. Inom detta område fick specialmutterkonceptet en fyra eftersom den nästan anses tillräckligt snabb att montera.

Grading														
Design strategies	Affected areas	Drag / tryck 1000 N	Noggrannhet 0,1 mm	Momentfri i spegelyta	Nominellt läge 77 mm	Justeringsområde +/-30 mm	Montering 70 mansekunder	Möjlighet till spegelbyte	Kostnadsfaktör	Justering maskinellt bakifrån	25 års livslängd	Säker lösning	Behålla inställning vid spegelbyte	Sum
Weight factor	0,15	0,14	0,08	0,01	0,02	0,06	0,13	0,06	0,08	0,15	0,10	0,02		
Nuvarande lösning	5	4	5	5	5	0	5	5	0	5	4	0		
	0,76	0,55	0,42	0,04	0,11	0,00	0,64	0,30	0,00	0,78	0,39	0,00		3,97
Fjäderlösning	5	5	5	5	5	4	5	0	5	4	4	0		
	0,76	0,68	0,42	0,04	0,11	0,24	0,64	0,00	0,42	0,51	0,39	0,00		4,31
Specialmutter	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	0		
	0,76	0,68	0,42	0,04	0,11	0,24	0,52	0,24	0,42	0,76	0,49	0,00		4,67
	0													
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00

Grade

- 5 Fulfills everything within the affected area
- 4 Fulfills almost everything within the affected area
- 3 Fulfills most of the affected area
- 2 Fulfills some of the affected area
- 1 Fulfills a rather small amount in affected area
- 0 Fulfills nothing with in affected area

Figur 5.5 Specialmuttern får högst värde i den gula kolumnen. Finns även som bilaga 7.

Som kan utläsas ur figur 5.5 vinner specialmuttern över både den nuvarande lösningen och fjäderlösningen och valdes därför att gå vidare med till nästa fas.

## 5.3 Vidareutveckling och verifiering av valt koncept

Efter konceptet specialmutter valts ut som bästa lösning togs en CAD-modell fram. En bild av det valda konceptet finns i bilaga 4. Efter att man genomfört diverse test och varit tvungen att ta hänsyn till vissa kriterier så var man tvungen att justera det valda konceptet en aning.

### 5.3.1 Verifiering

Specialmutter och plattjärn beställdes från en verkstad och testades sedan. Inför testet användes en sprängring som låsning, eftersom den från början tänkta låsbrickan inte var rostfri. En extra, plan bricka lades till eftersom tallriksfjädrarna hade en för stor innerdiameter som sprängringen gick igenom. Första testet fungerade utmärkt tills vridmomentet testades. Då hoppade sprängringen ur och gick sönder. Ett nytt, andra testet gjordes därför och där användes istället två tallriksfjädrar och en försänkning gjordes i den plana extra-brickan, som sprängringen kunde ligga i för att förhindra den att expandera och hoppa ur. Specialmuttern blev då väldigt robust och sprängringen stannade på plats. Det enda problemet var att det var svårt att demontera den.

### **Drag/ tryck 1000 N och erforderlig monteringskraft**

För att testa drag- och tryckkriteriet användes en hydraulisk tryckpress (Bild 5.7) och en våg för att mäta upp 100 kg vilket motsvarar ungefär 1000 N. För att bevisa att specialmuttern tål ännu mer last så belastades den med ca 1800 N vilket motsvarade ett utslag på 180 kg på vågen, vilket den klarade. Den erforderliga kraften för montering, det vill säga när sprängringen hoppar i sitt spår mättes upp till strax över 100 kg vid första testet. Vid andra testet, när sprängringen låg i en försänkning, uppmättes dock bara den erforderliga kraften till 70 kg eftersom det fanns två seriekopplade tallriksfjädrar. Den slutliga lösningen på specialmuttern klarar därför inte kriteriet så väl eftersom tallriksbrickorna ger vika för vikt över 70 kg.



**Bild 5.7 Infästningen testades i en hydraulisk press. En våg användes för att säkerställa att 100 kg uppnåddes.**

### **Noggrannhet 0,1 mm**

Med hjälp av ett skjutmått och två muttrar mättes noggrannheten upp (Bild 5.8). Mellanrummet mellan specialmutter och två, hårt ihopskruvade, muttrar mättes upp först i läge 1. Nästa steg var att rotera specialmuttern exakt åtta varv och sedan mäta mellanrummet igen i läge 2. Därefter för att kontrollera eventuellt vändglapp i gängan roterades specialmuttern tillbaka 8 varv till ursprungsläget (läge 3). Eftersom gängstigningen ligger på 0,5mm så borde alltså specialmuttern först ha förflyttat sig 4mm på åtta varv till läge 2 och sen tillbaka till ursprungsläget, läge 3, med en maximal avvikelse på +/- 0,1mm.



**Bild 5.8 Specialmuttern roterades med hjälp av en fast nyckel**

Endast fem mätningar gjordes på noggrannheten eftersom resultatet blev långt innanför marginalen varje gång. Nedan följer ett typexempel på värde som uppmättes.

#### **Exempel:**

Läge 1: 23,60mm

Läge 2: 27,60mm

Läge 3: 23,62mm

Kontroll av gängornas noggrannhet:  $27,60 - 23,60 = 4\text{mm}$  OK!

Beräkning eventuellt vändglapp:  $23,62 - 23,60 = 0,02\text{mm}$  OK!

Medelvärdet på vändglappet blev 0,02mm vilket är godkänt med god marginal.



### Monteringsprocess 70 mansekunder

Disken som infästningen skall sitta i fanns tyvärr inte tillgänglig vid genomförandet av testet. Inte heller verktyget som klämmer fast specialmuttern hade utvecklats fullt än. Tiden det tar att montera specialmuttern uppskattades istället i verkstaden, till 80 sekunder, baserat på dessa monteringssteg i kronisk ordning:

1. Skruva på tre specialmutter på tre pinnbultar: 20 sekunder
2. Skruva på tre infästningar på tre big heads på spegel: 15 sekunder
3. Sätta i spegel med tre infästningar genom tre plattjärn på disk: 5 sekunder
4. Klämma ihop tre specialmuttrar och brickor med verktyg: 20 sekunder
5. Justera spegeln med skruvdragare på tre specialmuttrar: 10 sekunder

### Möjlighet till spegelbyte

För att kontrollera detta kriterium demonterades infästningen med hjälp av en skruvmejsel. I det första testet var det ganska smidigt men i det andra mer komplicerat. Man är tvungen att trycka ihop de två tallriksfjädrarna och sedan pilla ut sprängringen med skruvmejsel.

### Justering maskinellt bakifrån och säker låsning

Att kriteriet maskinell justering uppfylls är en självklarhet men vad som mättes var erforderligt moment som krävdes att få specialmuttern att rotera. En newtonmätare användes för att mäta hur mycket kraft det krävdes för att rotera specialmuttern i plattjärnet (Bild 5.9). Detta gjordes efter att man med en skruvdragare roterat specialmuttern bakifrån ett antal gånger, för att simulera justeringsprocessen.

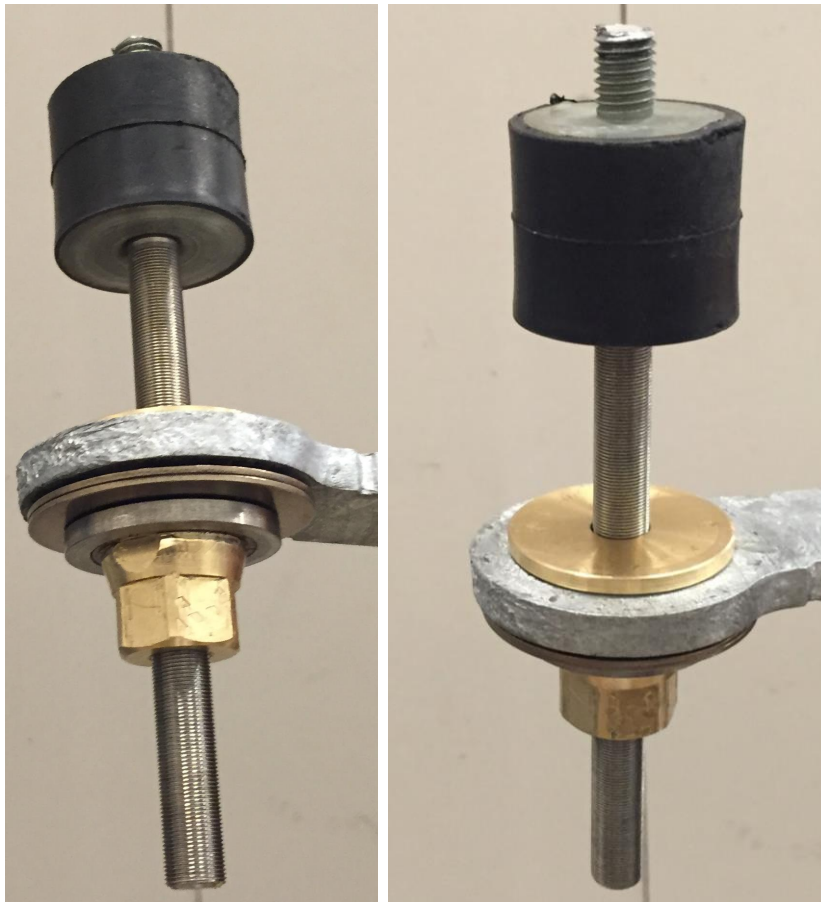


**Bild 5.9** Specialmuttern har en kraftbetingad låsning.

Newtonmätaren visade ett utslag på 65 N när specialmuttern började rotera i plattjärnet. Avståndet mellan Newtonmätarens krok och centrum på muttern var 0,13 m vilket ger ett vridmoment på 8,45 Nm.

### 5.3.2 Material och ekonomisk uppskattning

Tillverkningsmaterialet mässing valdes ut för sina korrosionsbeständiga egenskaper och sin diskreta prisbild. Mässing är även lätt att fräsa och hantera eftersom det har en lägre hårdhet än jämförelsevis rostfritt stål. Med hjälp av Martin och Martin på Consat så kunde priset på hela paketet uppskattas vid stora beställningar. Muttern gjord av mässing har ett pris på ca 8kr. En fjäderbricka kostar ca 2kr och en sprängring ca 0,5kr. Priset på den extra försänkingsbrickan försummas eftersom tillverkning av den är väldigt enkel. Totalpriset kan alltså komma att ligga på ca 12,5kr per specialmutter (Bild 5.6).



**Bild 5.6 Den slutliga, fungerande lösningen kostade ca 12,5 kr**

## 6. DISKUSSION

Syftet med examensarbetet var att ta fram en förbättrad lösning för speglarnas infästning som därmed sparar tid och minskar kostnaden, vid montering. Vi tycker att vi lyckats besvara frågeställningarna på bästa möjliga sätt, utifrån de kriterier som var satta för projektet. Det som var den ledande frågan genom projektet var om vissa kriterier var för hårda. Ripasso erkänner att de har varit väldigt hårda med en del av kriterierna, för att vara säkra på att leverera en hållbar produkt på sin nya, utforskade marknad. Många bra lösningar föll bort på grund av dessa kriterier, vilka hade kunnat fungera även om de uppfyllde de hårda kriterierna mindre bra. I framtiden när Ripassos produkt är ute på marknaden kanske man kan diskutera kriterierna igen och eventuellt minska vikten av dem.

Det var intressant att se hur vi angrep problemet på olika sätt under arbetets gång. I början var vi helt inställda på att konstruera någon slags klick-lösning, där hela spegeln skulle klickas in i disken direkt. Vi bytte snabbt tankegång på grund av att en sådan lösning kan innebära ett glapp och därmed dålig noggrannhet, och fokuserade istället väldigt mycket på friktion, som vi trodde var det vinnande konceptet. Ripasso är inte så positivt inställda till friktion, de vill gärna se en lösning med en mer beprövad metod som exempelvis gängor. En friktionslösning hade även krävt ett specialverktyg som kändes väldigt avlägset och tiden fanns inte att utveckla ett sådant. Vi övergick då istället till en lösning med en fjäder, vilket vi hade diskuterat om redan i början av hela projektet men aldrig ägnat någon tid åt. Efter en del grundliga studier och beräkningar insåg vi att en lösning med fjäder kändes lite avlägsen. Då var det bara specialmuttern kvar, som vi tagit fram i samarbete med Martin och Martin på CONSAT. Den togs fram ungefär i mitten av lösningsframtagningen och har legat lite som en ribba, i fall vi inte skulle komma på en bättre lösning. I slutändan var det ändå den lösningen som fick bäst resultat i värdeanalysen och den lösningen som valdes att gå vidare med. När det gäller kriteriet säker låsning kan det diskuteras om 8,45 Nm är tillräckligt att hålla muttern stilla eller det måste till en förbättringad låsning som det var tänkt från början. Vi anser att gränsen vid 8,45 Nm är tillräcklig och tror inte att vibrationer eller andra faktorer i systemet kan få muttern att rotera. Vid eventuell misstanke kan dock detta alltid utredas i framtiden.

Gällande värdeanalysen upplevde vi viktandet av kriterierna svårt och det händer lätt att man får en för subjektiv bedömning. Vissa viktfaktorer kan diskuteras. Exempelvis har det svaga kriteriet L, "Behålla spegelinställning vid spegelbyte", viktfaktorn 0,02 medan det starkare kriteriet D, "Nominellt läge 77mm", hade 0,01. Detta kan ses som underligt eftersom det ena är ett svagt kriterium och det andra ett starkt kriterium. Skillnaden mellan dem två är dock marginell och valdes därför att överses. Värdeanalysen kan alltså ifrågasättas i vissa avseenden men i sin helhet ansågs den som en pålitlig metod av oss såväl som Anders på Ripasso.

I fjäderlösningen använde vi oss, som tidigare nämnt, av en verktygsfjäder istället för en gasfjäder. Man skulle i det konceptet använda sig av en gasfjäder istället. Men problemet blir då hur konstruktionen runt fjädern ska se ut och på det hittades ingen lämplig lösning. Om användning av en gasfjäder ska tas i beaktande uppkommer ännu en frågeställning om huruvida packningen i kolven håller utan att läcka ut gas i 25 år, som var ett av kriterierna. Detta måste då utredas närmare.

## 7. SLUTSATS

Här utvärderas resultatet och en framtida rekommendation till Ripasso ges.

### 7.1 Utvärdering av resultat

Vi är glada att vi kommit fram till ett resultat efter flera veckors konceptframtagning. Den period i projektet som skulle ta en månad och innefatta konceptframtagning tog istället två månader. Men lösningen som togs fram är den bästa möjliga för Ripasso i dagsläget. Den består av en specialtillverkad mässingsmutter som läggs i plattjärnet och låses med hjälp av två fjäderbrickor och en specialbricka med en sprängning i.

Specialmuttern vinner på många plan men är lite tveksam på andra. Demontering kommer som det ser ut nu vara väldigt svår. Man kommer behöva ta till en del komplicerade och tidskrävande metoder för att få av den. Kriteriet gällande detta säger dock bara att det ska vara möjligt att få av den, vilket det är. Däremot kan man i framtiden utreda om ett byte av sprängbrickan mot den från början tänkta låsbrickan är att ta i beaktande. Problemet är som tidigare nämnt att den brickan inte finns i rostfritt. En utredning kanske då måste göras där man korrosionstestar låsbrickan och ser om den kanske går att använda ändå.

En annan aspekt är maxlasten 100kg. Blåser en vind med 100 kilos tryck på spegeln ovanifrån så klarar specialmuttern lasten enkelt. Om det däremot blåser en vind med 100 kilos kraft underifrån blir det lite problematiskt. Vid testet i verkstaden så krävdes det bara ca 70kg för att trycka ihop tallriksfjädrarna så att sprängringen kunde sättas i rätt läge och säkerställa konstruktionen av specialmuttern. En vind på 100 kg hade alltså påverkat noggrannheten i systemet. Å andra sidan används inte systemet vid sådana förhållanden. Här återkommer man igen till en eventuell ändring av kriteriet.

### 7.2 Framtida rekommendationer

Att sänka drag/tryck kriteriet på 1000 N är en framtida rekommendation till Ripasso. Vi anser inte att strukturen behöver tåla så pass högt tryck men förstår samtidigt Ripassos ställning i frågan, de vill ha ut en produkt på marknaden som garanterat håller. Gällande kriteriet om att ha ett justeringsområde på +/- 30mm tror vi att detta kan minskas genom en mer noggrannare förstamontering av spegeln och mindre toleranser på disken.

Vi rekommenderar även Ripasso att fortsätta utveckla infästningen om möjlighet finns eftersom det fortfarande finns förbättringsmöjligheter. Exempelvis är de tillhörande brickorna pilliga att hålla på plats vid montering. Även demonteringen är en komplicerad process som skulle kunna förbättras. Vi rekommenderar även att ett elektroniskt monteringsverktyg som klämmer fast brickorna utvecklas. Detta kan eventuellt minska monteringstiden ytterligare och vara mer skonsamt för montören ur ett ergonomiskt perspektiv.

## 8. REFERENSER

*DESERTEC Foundation* (2012) *The DESERTEC Vision*. [YouTube].

<https://www.youtube.com/watch?v=QXx02iMsDqI>. (2016-01-07).

*Solartron Energy*. (2008) *Specifications*. <http://www.solartronenergy.com>.

<http://www.solartronenergy.com/solar-concentrator/specifications/>. (2016-01-07).

*CSP-world* (2013) *The end for dish-stirling CSP technology? Infinia files for bankruptcy*.

<http://www.csp-world.com/news/20130929/001196/end-dish-stirling-csp-technology-infinia-files-bankruptcy> (2016-01-07).

*Sunbox for solar parks* (2014) *cleanergy*.

[http://cleanergy.com/wpcontent/uploads/2014/06/cleanergy\\_sunbox\\_lowres.pdf](http://cleanergy.com/wpcontent/uploads/2014/06/cleanergy_sunbox_lowres.pdf) (2016-01-07).

*Infiniacorp* (2009) *Product specification*.

[https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CEAQFjAEahUKEwjDrLy6J7IAhUDv3IKHbdYAPY&url=http%3A%2F%2Fwww.ennex.co.za%2Fdownloads%2FInfinia\\_Spec\\_Sheet\\_August09.pdf&usg=AFQjCNGOnhyOZQ5JuVneqORRwTRXy-8rfA&sig2=UpRtFpWSM0QsFGagGW-NAQ&cad=rja](https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0CEAQFjAEahUKEwjDrLy6J7IAhUDv3IKHbdYAPY&url=http%3A%2F%2Fwww.ennex.co.za%2Fdownloads%2FInfinia_Spec_Sheet_August09.pdf&usg=AFQjCNGOnhyOZQ5JuVneqORRwTRXy-8rfA&sig2=UpRtFpWSM0QsFGagGW-NAQ&cad=rja) (2016-01-07).

Jennifer, R. (2011) *Solar Shakeout Continues: Stirling Energy Systems Files for Chapter 7*

*Bankruptcy*. *Renewable Energy World*, 28 sep. <http://www.renewableenergyworld.com> (2016-01-07).

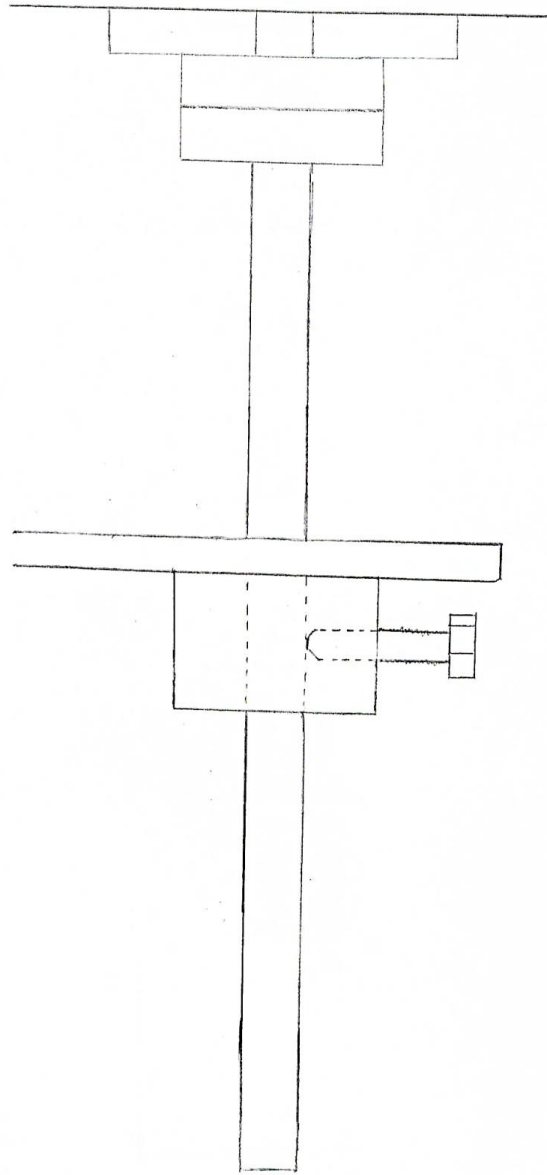
*United Sun Systems* (2015) *Product & Services*. <http://www.unitedsunsystems.com/products-and-services/> (2016-01-07).

*Wiberger* (2015) <http://www.wiberger.se/templates/wn71800.htm> (2016-01-07).

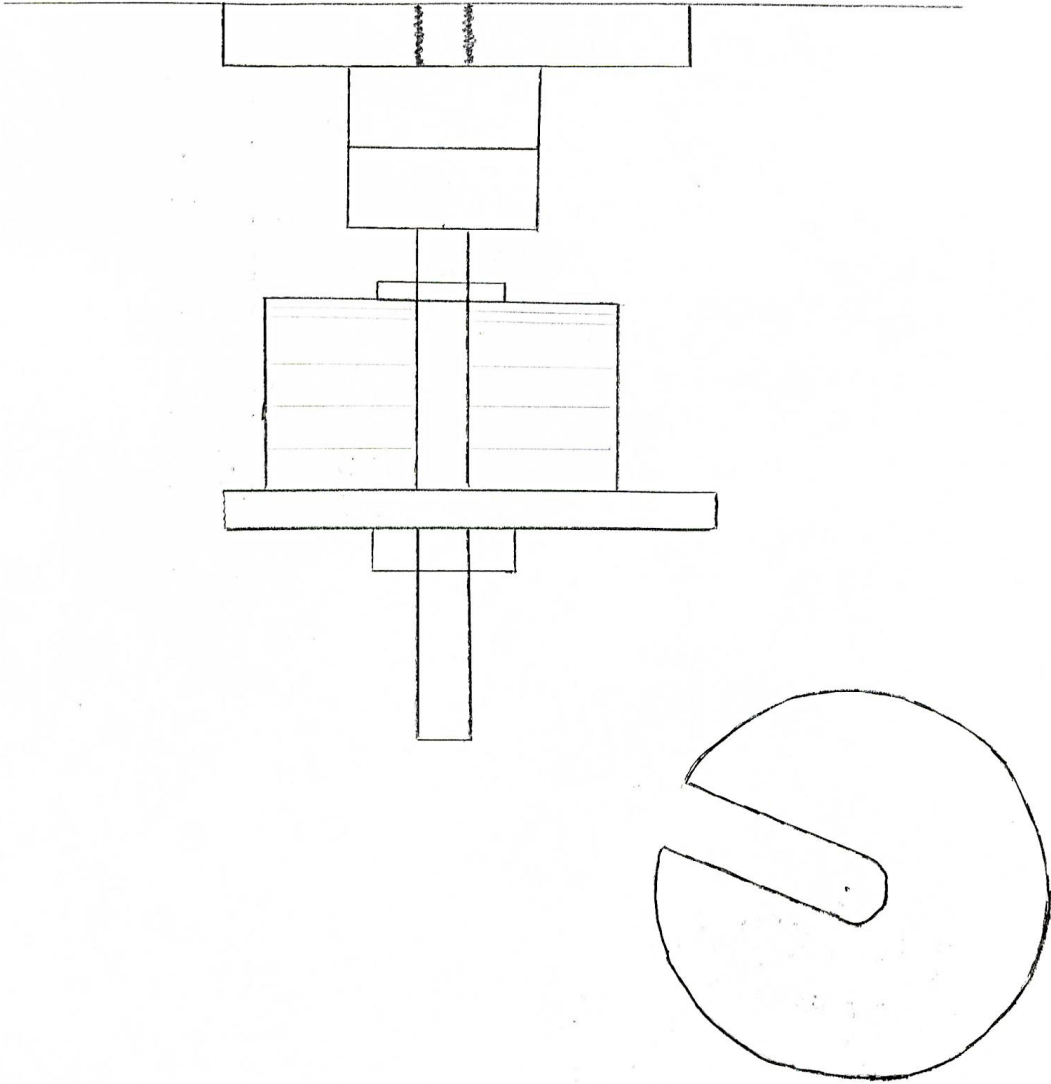
*Solarsystems* (2015). <http://www.solarsystems.com.au/> (2016-01-10).

Johannesson H , Persson, J-H. och Pettersson, D. (2013) *Produktutveckling*. Stockholm: Liber

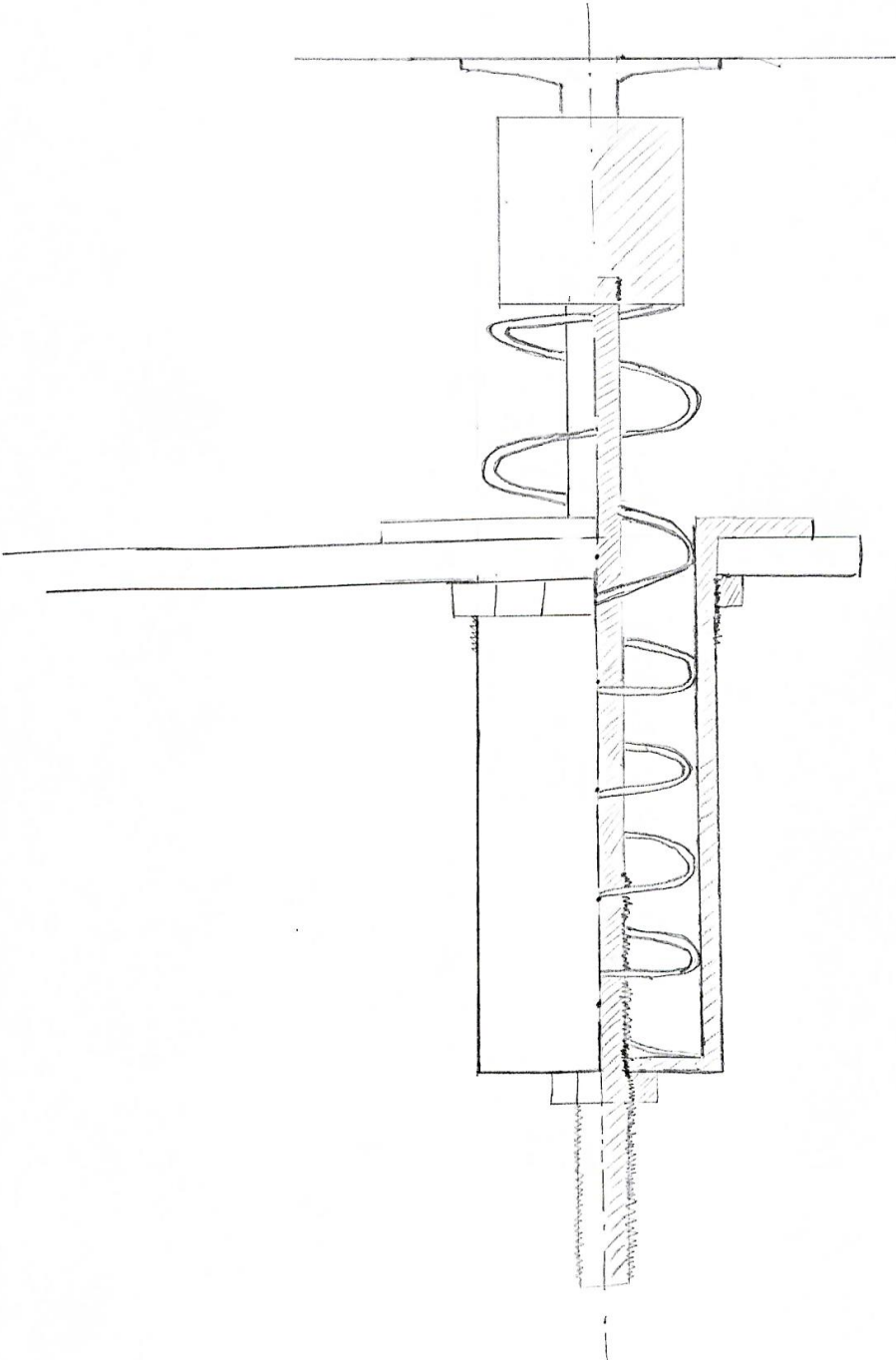
# BILAGA 1 - Koncept friktion



# BILAGA 2 - Koncept Brickor



# BILAGA 3 - Koncept Fjäder





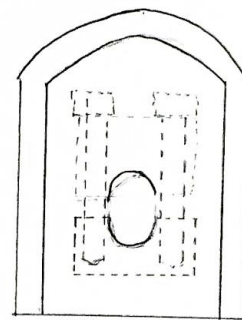
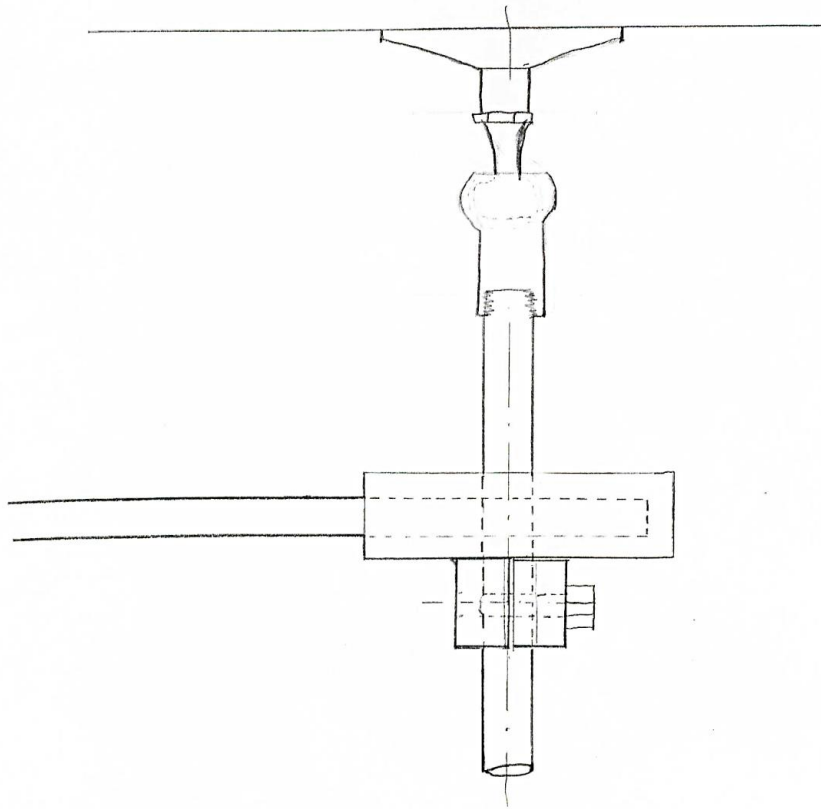
BILAGA 4 - Konzept Specialmutter



## BILAGA 5 - Slutligt koncept Specialmutter



# BILAGA 6 - Koncept Gängklämma



# BILAGA 7 - Viktning av kriterier

Weighting of affected areas															
Affected areas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Correction factor	Sum points	Weight factor
Drag/ tryck 1000 N	0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	20	0,15
Noggrannhet 0,1 mm													2	18	0,14
Momentfri i spegelyta													2	4	0,08
Nominellt läge 77 mm													2	6	0,01
Justeringsområde +/-30 mm													2	8	0,02
Montering 70 mansekunder													2	10	0,06
Möjlighet till spegelbyte													2	12	0,13
Kostnadseffektiv													2	14	0,06
Justerings maskinellt bakifrån													2	16	0,08
25 års livslängd													2	18	0,15
Säker låsning													2	20	0,15
Behålla inställning vid spegelbyte													2	20	0,15
Sum													22	132	1,00

Grade (compare row to column)

2 Row more important than column

1 Equally importance

0 Row less important than column

# BILAGA 8 – Viktning av koncept

Grading		Design strategies																												
		Affected areas		Drag/ tryck 1000 N		Noggrannhet 0,1 mm		Momentfri i spegelyta		Nominellt läge 77 mm		Justeringsområde +/-30 mm		Montering 70 mansekunder		Möjlighet till spegelbyte		Kostnadseffektiv		Justerings maskinellt bakifrån		25 års livslängd		Säker lösning		Behålla inställning vid spegelbyte		Sum		
Weight factor		0,15		0,14		0,08		0,01		0,02		0,06		0,13		0,06		0,08		0,15		0,10		0,02						
Nuvarande lösning		5	4	5	5	5	5	0	5	5	0	5	5	0	5	4	0	5	4	0										
	0,76	0,55	0,42	0,04	0,11	0,00	0,64	0,30	0,00	0,76	0,39	0,00	0,76	0,39	0,00															<b>3,97</b>
Fjäderlösning		5	5	5	5	5	5	4	5	0	5	4	5	4	0	5	4	0	5	4	0									
	0,76	0,68	0,42	0,04	0,11	0,24	0,64	0,00	0,42	0,61	0,39	0,00	0,42	0,39	0,00															<b>4,31</b>
Specialmutter		5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	5	5	0	5	5	0	5	5	0									
	0,76	0,68	0,42	0,04	0,11	0,24	0,52	0,24	0,42	0,76	0,49	0,00	0,42	0,49	0,00															<b>4,67</b>
		0																												
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>

## Grade

- 5 Fulfylls everything within the affected area
- 4 Fulfylls almost everything within the affected area
- 3 Fulfylls most of the affected area
- 2 Fulfylls some of the affected area
- 1 Fulfylls a rather small amount in affected area
- 0 Fulfylls nothing with in affected area