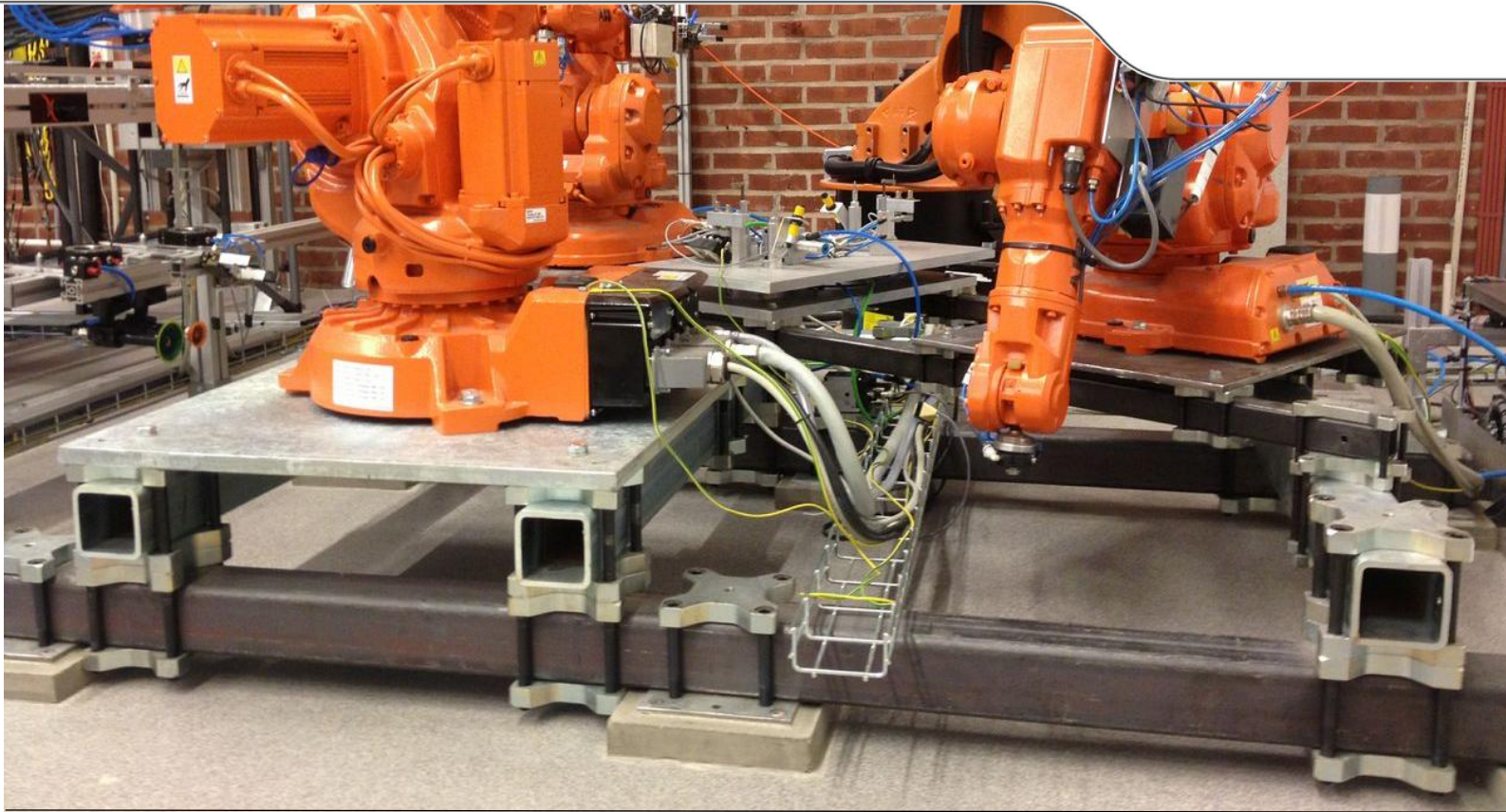


# CHALMERS



## Omställbara system med repeterbarhet

*Kandidatarbete inom Maskinteknik samt Automation och mekatronik*

ERIK GERREMO  
VIDAR KLEMEDTSSON  
JOHN LÖVGREN  
AMANDA PALMQVIST

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling  
*Avdelningen för Produktionssystem*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2013  
Kandidatarbete PPUX03-13-13

# SAMMANFATTNING

---

I industrin används ofta fixturer som består av sammansvetsade stålbalkar. Svetsade fixturer ger både hög hållfasthet och precision. I viss produktion krävs dock att fixturer kan monteras och demonteras upprepade gånger. Detta är en omständigt procedur för svetsade fixturer då dessa saknar flexibilitet för att kunna byggas om. Ett alternativ till svetsade fixturer är BoxJoint, som istället använder skruvförband för att sammanfoga balkar. Detta gör BoxJoint till flexibelt fixtursystem.

Grunden till kandidatarbetet *Omställbara system med repeterbarhet* är att utvecklaren av BoxJoint, DELFOi, nu efterfrågar en vidareutveckling av fixtursystemet. Kandidatarbetet utförs våren 2013 på Chalmers Tekniska Högskola. De vill uppnå noggrann repeterbarhet, dvs montera och demontera fixturen med upprätthållen noggranna positionering. Detta mynnar ut i syftet: *Att möjliggöra noggrann repeterbarhet vid omställning av fixturer uppbyggda av BoxJoint med vidhållen flexibilitet.*

Under en förenklad konceptgenerering tog lovande koncept fram varav ett, *Swiss Cheese*, tillverkades. Denna metod görs för att få fram en prototyp inom projektets tidsramar för att ha möjlighet att utföra och utvärdera tester. Denna prototyp samt tre stycken prototyper framtagna av DELFOi utvärderades därefter med hjälp av mättester. Parallellt med denna process utfördes en ingenjörsmässigt produktutveckling enligt metodiken i The Value Model där ett vinnande koncept togs fram. Resultaten från prototyptesterna och produktutvecklingsmetodiken utvärderades och bearbetas till ett slutgiltigt koncept.

Det kan från mättesterna konstateras att flera utav prototyperna uppfyller kraven på noggrann repeterbarhet, däribland *Swiss Cheese*. I detta koncept löses den noggranna positioneringen genom styrpinnar. Det finns vidareutvecklingspotential hos konceptet främst gällande omställningstiden men redan nu anses det vara väl integrerbart med BoxJoint.

# SUMMARY

---

In manufacturing industry today welded fixtures are common. They have benefits such as good precision and strength. However, they are not flexible and are difficult to modify or to rebuild into new configurations. This is desirable in situations such as resetting between batches. Since 2008 an alternative solution, BoxJoint, is available. This is a flexible fixture system which is built up by beams put together by screw joints.

The reason for this Bachelor thesis is that the developer of BoxJoint, DELFOi, want to improve the system. They want to achieve accurate repeatability, which means mounting and demounting the fixture system with precision. The thesis was carried out during the spring of 2013 at Chalmers University of Technology, Gothenburg. The main objective to this thesis was to create a solution making particular repeatability possible. This within a range of 200  $\mu m$  in maximal deviation from its origin position. This will be created by modifying the screw joints in BoxJoint.

A simplified product development method was used for making a prototype, test it and evaluate the concept within the project time frame. Several concepts were generated and for one of them, *Swiss Cheese*, was manufactured. *Swiss Cheese* solves the accurate repeatability problem with positioning pins. The prototype was tested together with three other concepts developed by DELFOi. *Swiss Cheese* and two more concepts achieved accurate repeatability within the specified range.

At the same time a parallel detailed method in product development, *The Value Model*, was used. This also generated several concepts which were evaluated theoretically. The winning concept from this method became the same as the winning concept from the simplified method described above, *Swiss Cheese*. This was therefore the final winning concept.

*Swiss Cheese* meets the specified requirements, but there are potential for further improvement, especially with respect to resetting time. For example, a tool that simplifies the assembly could be developed. However, *Swiss Cheese* is already possible to integrate with BoxJoint.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

---

<b>1. Inledning</b>	<b>1</b>
<b>1.1 BoxJoint</b>	<b>2</b>
1.1.1 BoxJoints standardkomponenter	2
1.1.2 Repeterbarhet i BoxJoint	3
<b>1.2 Problemformulering</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Syfte</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Avgränsningar</b>	<b>5</b>
<b>2. Teori</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Snabb loop</b>	<b>6</b>
2.1.1 Mätteori bakom prototyp tester	6
2.1.1.1 Mätosäkerheter	6
2.1.1.2 Härledning av mätmetod; punktmätning	7
2.1.1.3 Felfortplantning av avvikelse	8
<b>2.2 Långsam loop</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Sammanställningsloop</b>	<b>9</b>
<b>3. Metod</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Snabb loop</b>	<b>10</b>
3.1.1 Prototyp tester	10
3.1.1.1 Metod för mätning	12
<b>3.2 Långsam loop</b>	<b>13</b>
<b>3.3 Sammanställningsloop</b>	<b>13</b>
<b>4. Resultat och diskussion</b>	<b>14</b>
<b>4.1 Snabb loop</b>	<b>14</b>
4.1.1 Tillverkat koncept - <i>Swiss Cheese</i>	14
4.1.2 Koncept framtagna av DELFOi	15
4.1.2.1 Ball Lock	15
4.1.2.2 V-Cut	16
4.1.2.3 Zero Point	17
4.1.3 Mätresultat	18
4.1.3.1 <i>Swiss Cheese</i>	18
4.1.3.2 <i>Ball Lock</i>	23
4.1.3.3 <i>V-Cut</i>	25
4.1.4 Omställningstider	28
4.1.5 Mätarmens noggrannhet i de olika fallen	28
<b>4.2 Långsam loop</b>	<b>28</b>
<b>4.3 Sammanställningsloop</b>	<b>29</b>
<b>5. Analys</b>	<b>30</b>
<b>5.1 Analys av resultaten från snabb loop</b>	<b>30</b>
5.1.1 <i>Swiss Cheese</i>	30
5.1.2 DELFOi's koncept	30
5.1.2.1 <i>Ball Lock</i>	30

5.1.2.2 V-Cut	31
5.1.2.3 Zero Point	31
5.1.3 Jämförelse mellan de olika koncepten	31
5.1.4 Vinkeln för XZ-planet	31
5.1.5 Analys av mättrutiner	31
5.1.6 Belastningstester	31
<b>5.2 Analys av resultaten från långsam loop</b>	<b>32</b>
<b>5.3 Analys av resultaten från Sammanställningsloop</b>	<b>32</b>
<b>6. Slutsats</b>	<b>33</b>
<b>6.1 Vidareutvecklingsarbete</b>	<b>33</b>
<b>Källförteckning</b>	
<b>Bildförteckning</b>	
<b>Bilagor</b>	<b>I</b>
<b>1. Specifikation mätarm</b>	<b>I</b>
<b>2. Dellösningar</b>	<b>II</b>
2.1 Positionera	II
2.2 Fixera	II
2.3 Demontera	II
<b>3. Koncept</b>	<b>III</b>
3.1 Koncept A, Swiss Chesse	III
3.2 Koncept B,T-spår	III
3.3 Koncept C	III
3.4 Koncept D	IV
3.5 Koncept E	IV
3.6 Koncept F	IV
<b>4. Ritning Swiss Cheese</b>	<b>V</b>
<b>5. Pughmatris</b>	<b>VI</b>
<b>6. Mätresultat</b>	<b>VII</b>
6.1 Swiss Cheese	VII
6.2 Ball lock	XVII
6.3 V-Cut	XXII
6.4 Zero Point	XXVII

# 1. INLEDNING

---

I industrin används ofta fixturer som består av sammansvetsade stålbalkar som håller upp arbetsstycket under bearbetning, se bild 1. Svetsade fixturer ger både hög hållfasthet och precision. I viss produktion krävs dock att fixturer kan monteras och demonteras upprepade gånger. Detta är en omständlig procedur för svetsade fixturer då dessa saknar flexibilitet för att kunna byggas om. Ett alternativ till svetsade fixturer är BoxJoint, som istället använder skruvförband för att sammanfoga balkar. Detta gör BoxJoint till flexibelt fixtursystem. Hos svetsade konstruktioner kryper även materialet på grund av de inre spänningar som uppkommer när svetsfogen läggs. Detta är inte acceptabelt inom exempelvis flygindustrin där hög noggrannhet krävs. Där måste fixturerna värmebehandlas för att motverka dessa krypningar. Då många fixturer inom flygindustrin är stora blir denna process mycket kostsam. (Leide, 1978)



*Bild 1 – Svetsad fixtur*



*Bild 2 - Strängpressade aluminiumprofiler*

En alternativ lösning till svetsade fixturer är aluminiumprofiler som skruvas ihop, se bild 2. Dessa används som monteringskenor där exempelvis en verktygshållare kan monteras på önskad position. Nackdelar med denna lösning är att aluminium har lägre hållfasthet än stål och därför inte kan användas vid högre belastning.

## 1.1 BoxJOINT

Sedan år 2008 finns ytterligare ett alternativ på marknaden, BoxJoint, vilket är en flexibel fixtur, se bild 3. BoxJoint är uppbyggt av stålbalkar sammanfogade med skruvförband. Dessa är uppbyggda av standardkomponenter som möjliggör snabb och enkel montering samt justering i efterhand, se bild 4. När fixturen inte längre är aktuell går dess komponenter att återanvända och bygga om till en annan utformning. Idag används BoxJoint i många olika delar av industrin, exempelvis konstrueras hjullastare och flygplan i denna typ av fixturer. (BoxJoint, 2013)



Bild 3 - BoxJoint-fixtur

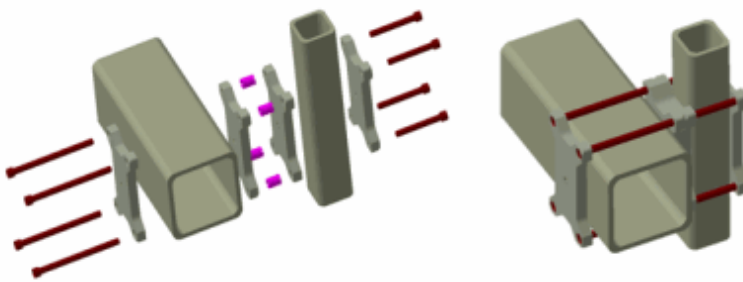


Bild 4 - BoxJoint sprängskiss

BoxJoint säljs och utvecklas idag av företaget DELFOi. Företaget erbjuder förutom BoxJoint även ett Design Tool i DELMIA där fixturen kan konstrueras virtuellt (DELFOi, 2013).

### 1.1.1 BOXJOINTS STANDARDKOMPONENTER

Nedan beskrivs BoxJoints olika standardkomponenter.

#### **Balkar**

BoxJoint är uppbyggda av fyrkantsprofilsbalkar, i dimensioner från 25x25 mm till 400x400 mm. Det finns även balkar med rektangulär geometri för att exempelvis möjliggöra sammanfogning av olika dimensioner på balkar, se bild 5.

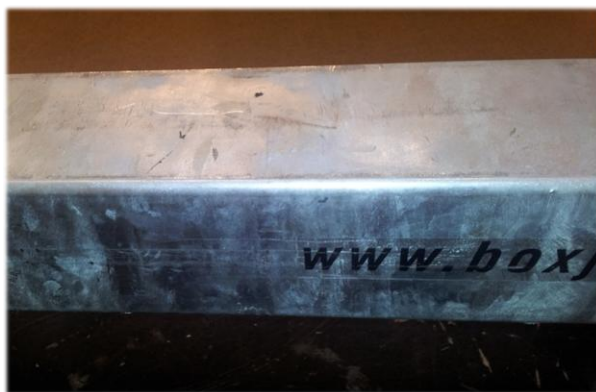


Bild 5 - Balk

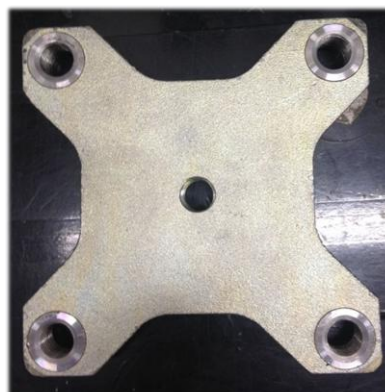


Bild 6 - BoxJoint-platta

#### **BoxJoint-plattor**

BoxJoint-plattorna är de komponenter som sammanfogar balkarna i fixturen, de kan även fungera som fästen för en *Pick-up*. Plattorna monteras på två motstående sidor om balken. Den undre plattan sitter antingen ihop med en annan platta och således en annan sektion av fixturen eller i en fast punkt i golvet. Plattorna skruvas ihop och bildar på så sätt ett skruvförband runt balken.

Plattorna är av höghållfast stål och finns för skruvstorlekarna M5, M8, M10 och M16. Godstjockleken varierar från 8 mm hos M5 till 25 mm hos M16. Plattorna har fyra stycken hål, ett i varje hörn, för skruvar alternativt muttrar och ett hål i mitten för att fästa en *Pick-up*. För bild på en BoxJoint-platta, se bild 6.

### **BoxJoint-muttrar**

BoxJoint-muttrar pressas in i de hål som finns i hörnen av plattorna och hålen blir på så sätt gängade. Det finns olika typer av muttrar; dels *Anchor Nuts* som skruvas från ett håll och dels *Double Nuts* som kan skruvas från två håll, se bild 7.



Bild 7 - BoxJoint-muttrar, Double and Anchor



Bild 8 – BoxJoint-skruvar M16

### **BoxJoint-skruvar**

Skruvarna är av standardtyp med hållfasthetsklass 12.9. De finns i dimensionerna M5, M8, M10 samt M16 och i de längder som är standard för systemet, se bild 8 för exempel.

### **Pick-up**

En *Pick-up* är en verktygshållare, materialhållare eller detaljhållare som fästs i plattan. Utformningen varierar kraftigt beroende på den funktion som önskas. Se bild 9 för den *Pick-up* som används under projektets gång monterad på en *Adapterplatta* och bild 10 för ytterligare ett exempel på en *Pick-up*.



Bild 9 – Pick-up



Bild 10 – Pick-up

## **1.1.2 REPETERBARHET I BOXJOINT**

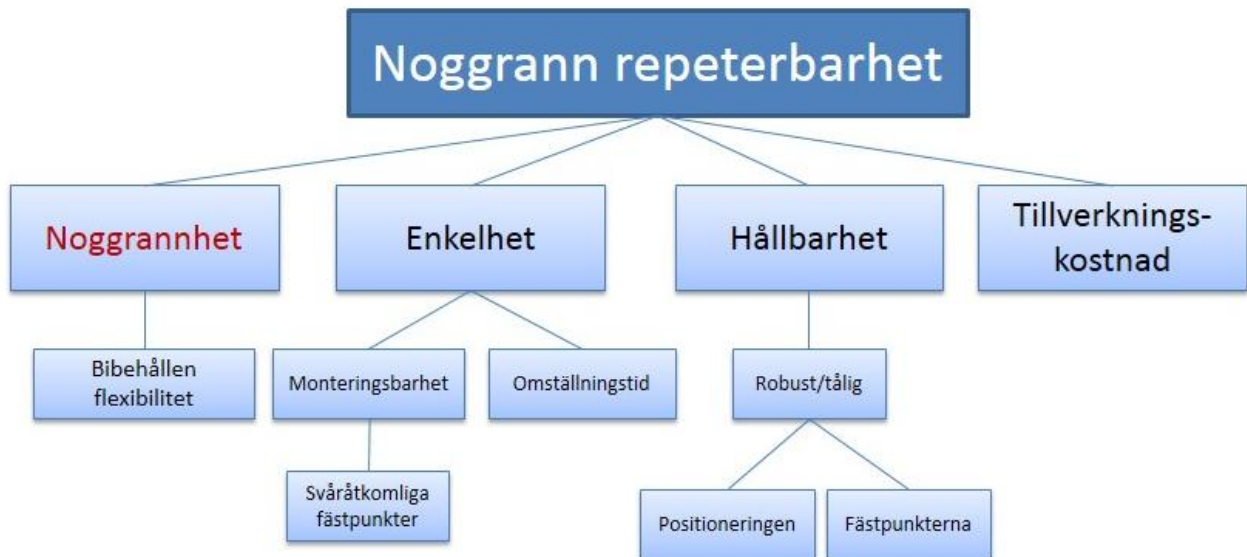
BoxJoint möjliggör enkel ombyggnad men någon noggrann repeterbarhet går i nuläget inte att erbjuda. Med noggrann repeterbarhet menas i denna rapport att en upprepad montering och demontering av en del av fixturen kan göras flertalet gånger till önskad position. Detta innebär att en viss noggrannhet måste upprätthållas mellan monteringarna. I nuläget när en fixtur har demonterats måste inmätningarna göras igen vid nästa montering. Med en inmätning menas att fixturen ställs in i önskad position, det görs med hjälp av ett mätinstrument.

Montering och demontering av en del av fixturen krävs exempelvis för att komma åt produkten, ställa om mellan tillverkning av olika produkter samt för ombyggnad av produktionsceller. Det finns därför en önskan från beställaren, DELFOi, att på ett enkelt sätt kunna erbjuda inte bara flexibilitet utan även noggrann repeterbarhet i BoxJoint. Vilket ligger till grund för kandidatarbetet "Omställbara system med repeterbarhet".



## 1.2 PROBLEMFÖRMULERING

För att identifiera problemet delas det först upp i flera delproblem, se figur 1. Figuren visar huvudproblemet nedbrutet i delproblem för att enklare kunna identifiera vad som behöver beaktas. Huvudproblemet är att kunna upprätthålla noggrann repeterbarhet för BoxJoint. Detta medför en rad delproblem; det största och det som anses viktigast för projektet är noggrannheten. Lösningen får inte heller påverka BoxJoints nuvarande egenskaper negativt, som beskrivs i figur 1.



Figur 1 – Huvudproblemet nedbrutet i delproblem

## 1.3 SYFTE

Arbetet i projektet kommer ske utifrån syftet att:

*Möjliggöra noggrann repeterbarhet vid omställning av fixturer uppbyggda av BoxJoint med vidhållen flexibilitet.*

Syftet uppnås genom att tillämpa utvalda delar av metodiken som beskrivs i *The Value Model* (Lindstedt och Burenius, 2003) kommer koncept att tas fram för prototyp tillverkning. Prototyperna samt ytterligare tre stycken prototyper framtagna av företaget DELFOi kommer att testas. Kravet från beställaren är att lösningen ska möjliggöra noggrann repeterbarhet med avvikelser under 0,2 mm. Detta verifieras genom nämnda tester. Resultaten av testerna ligger som underlag till en förbättrad lösning.

### Frågeställningar

Nedan presenteras de frågeställningar som projektet ska besvara:

- Uppnås noggrann repeterbarhet med kravet under 0,2 mm?
- Hur väl går lösningen att integrera med BoxJoint med avseende på funktion och design?
- Uppnår prototyperna framtagna av DELFOi noggrann repeterbarhet?
- Vad finns det för vidareutvecklingsmöjligheter för det vinnande konceptet?

## 1.4 AVGRÄNSNINGAR

I BoxJoint finns i huvudsak tre olika kontaktsituationer hos de ingående komponenterna; kontakt mellan balk och platta, mellan platta och platta samt mellan platta och *Pick-up*, se bild 11-13.



Bild 11 – Balk och platta



Bild 12 – Platta och platta



Bild 13 – Platta och Pick-up

Det bestämdes att projektet ska avgränsas till en lösning som endast säkerställer noggrann repeterbarhet mellan platta och platta. Detta löser situationer mellan platta och en *Pick-up* förutsatt att den är fast monterad på plattan. Kontaktsituationen mellan balk och platta anses vara mindre viktig och bortses därför ifrån.

I projektet ingår ingen vidare undersökning av befintliga svetsade fixturer och inte heller svetsning som metod. Den lösning som tas fram och de mätningar som görs baseras därför helt på BoxJoints fixtursystem. Komponenter som tas fram kommer därför vara anpassade för att vara kompatibla med BoxJoints standardkomponenter. Lösningen ska helst inte bestå av några specialkomponenter.

Utifrån ovanstående information och projektets ramar har följande avgränsningar framtagits:

- Endast en lösning för situationen mellan platta och platta kommer att tas fram.
- Verifiering av noggrann repeterbarhet begränsas av tillgänglig mätutrustning, ROMER RA7535.
- Projektet ska genomföras inom tidsramen och presenteras skriftligt den 22:a maj.
- Ingen färdig produkt skall tillverkas utan endast en prototyp.

## 2. TEORI

Nedan presenteras den teori som kommer användas i projektet. Upplägget av teorin är strukturerad efter den arbetsgång som används i projektet. Först presenteras *Snabb loop* som innehåller konceptgenerering och mätteori. Därefter presenteras konceptgenereringsmetodikerna bakom både *Långsam loop* och *Sammanställningsloop*.

### 2.1 SNABB LOOP

Denna metod är en modifierad variant av produktutvecklingsmetodikerna i *The Value Model* (Lindstedt och Burenius, 2003) där de viktigaste stegen ur denna process väljs ut. Metodiken är framtagen av projektlaget för att kunna ta fram en prototyp inom tidsramen för projektet. Nedan redogörs de steg som används:

#### 1. Kartlägga kundens röst

I detta steg samlas all lättåtkomlig information in genom exempelvis möte med beställaren. Utifrån den insamlade informationen identifieras problemet.

#### 2. Skapa ett vinnande koncept

Nästa steg i processen är att generera alternativa koncept vilket görs genom brainstorming. Det mest lovande konceptet väljs ut, detaljkonstrueras och tillverkas.

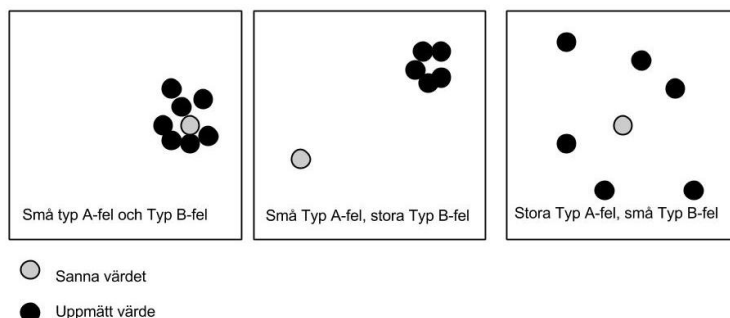
#### 2.1.1 MÄTTEORI BAKOM PROTOTYPTESTER

Nedan beskrivs den mätteori som används i projektet. Denna teori är till för att säkerställa att de resultat som kommer från prototyptesterna tolkas på ett korrekt sätt.

##### 2.1.1.1 MÄTOSÄKERHETER

Mätosäkerheter består framförallt av två olika typer av mätfel, *Typ A-fel* och *Typ B-fel*, se figur 2. *Typ A-fel* är högfrekventa slumpmässiga fel, så kallat brus. *Typ B-fel* är lågfrekventa störningar eller konstant offset som oftast beror på kalibreringsfel på mätinstrumentet. För att minska påverkan av *Typ A-fel* kan upprepade mätningar göras och resultaten medelvärdesbildas. Ju fler mätningar som görs desto närmare hamnar det medelvärdesbildade värdet det sanna värdet. Nackdelen med att mäta många gånger är att det är tidskrävande, en rimlig begränsning av antalet mätningar är därför nödvändig. *Typ B-fel* påverkas inte av medelvärdesbildning. Under förutsättning att *Typ B-fel* är konstant, under hela mätningen, påverkas inte skillnaden mellan två uppmätta värden. (Chalmers tekniska högskola, 2011, K1-K3)

Specifikt för den mätarm som används är att den maximala mätosäkerheten  $\pm 57 \mu m$  och det är den enda noggrannhet som det går att garantera. Mätarmen har en maximal osäkerhet, kallat volumetric accuracy på  $\pm 57 \mu m$ , det är när hela mätarmens räckvidd används. Mätarmen går från ett maximalt fel mot point accuracy på  $\pm 40 \mu m$ , det är när avståndet mellan mätpunkterna går mot noll. Däremot går det inte att säga hur nära point accuracy mätosäkerheten hamnar, se bilaga 1.



Figur 2 - Typ A-fel och Typ B-fel. Inspiration från (Chalmers tekniska högskola, 2011, K3)

### 2.1.1.2 HÄRLEDNING AV MÄTMETOD; PUNKTMÄTNING

Arbetet inriktar sig mot att säkerhetsställa noggrann repeterbarhet och då är inte lågfrekventa störningar d.v.s. *Typ B-fel* något större problem, eftersom referensvärdet är uppmätt med samma offset. Däremot är högfrekventa fel, *Typ A-fel*, något som måste tas hänsyn till. Det beror på att noggrannheten som krävs för repeterbarheten är  $\pm 200 \mu m$  och noggrannheten hos mätinstrumentet är  $\pm 57 \mu m$ . Därför krävs det en säkerhetsmarginal hos de uppmätta mätvärdena. Differensen mellan de uppmätta mätvärdena bör därför vara mindre än  $\pm 143 \mu m$ . (Chalmers tekniska högskola, 2011, K1)

Den sanna positionen hos en punkt på en detalj kan beskrivas som alternativt se figur 3:

$$x_0 = \bar{x} \pm \delta, \text{ där } \bar{x} \text{ är det uppmätta värdet } x_0 \text{ det sanna värdet och } \delta \text{ det faktiska mätfelet (1)}$$

För att säkerhetsställa noggrannhet uppnås vid upprepad montering och demontering med avseende på ursprungsvärdet krävs därför:

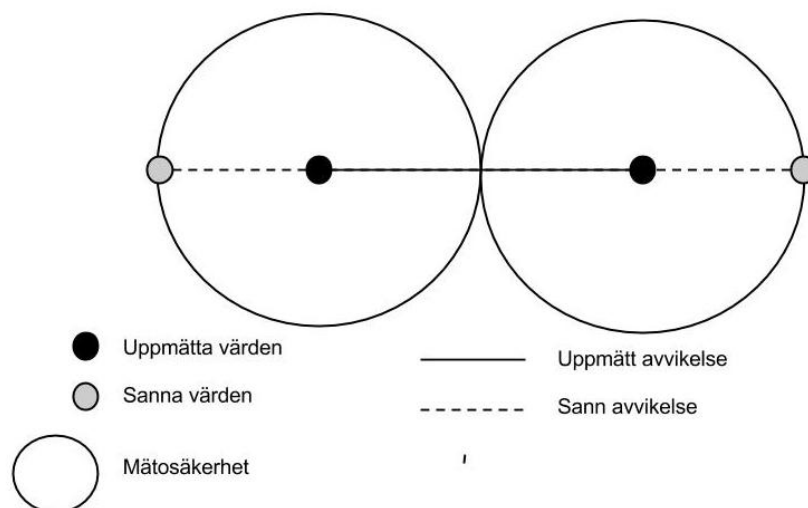
$$x_0 + 200 \mu m > x_n \text{ där } n = 1, 2, 3, \dots = \text{antal mätvärden (2)}$$

Eftersom varken  $x_0$  eller  $x_n$  är kända krävs det att det tas hänsyn till extremfallet för att kunna säkerhetsställa noggrann repeterbarhet. Det inträffar när den största skillnaden uppstår mellan ursprungsmonteringen och en upprepad montering och demontering.

$$\bar{x}_0 - \delta_{0,max} + 200 \mu m > \bar{x}_n + \delta_{n,max} \text{ (3)}$$

Således krävs det för att säkerhetsställa noggrann repeterbarhet att skillnaden mellan de uppmätta värdena inte skiljer sig mer än  $86 \mu m$ . Det beror på att  $\delta_{max}$  är känd och är i detta fall  $57 \mu m$ . Det ger:

$$\bar{x}_0 + 86 \mu m > \bar{x}_n \text{ (4)}$$



Figur 3 - Säkerhetsmarginaler vid jämförelse av mätvärden vid två olika fall

Observera att detta är extremfallet utan hänsyn tagen till medelvärdesbildning eller att mätarmen går från volumetric accuracy till point accuracy.

### 2.1.1.3 FELFORTPLANTING AV AVVIKELSE

Felfortplantning är när flera mätosäkerheter adderas (Chalmers tekniska högskola, 2011). Vid mätningar är det viktigt att skilja på felfortplantning av mätfel och på en verklig avvikelse vid ommontering. Positionen av en punkt är därför inte det enda som är relevant för att säkerställa noggrannheten, utan även att minimera vridande förflyttning. Ett sådant fel ger en felfortplantning i form av att vinklar skapas. Då skapas en avvikelse av koordinataxlarna med en felvinkel, se figur 4. (Adams och Essex, 2010, 14 och 563)

#### Härledning av mätmetod vinkelavvikelse

För att skapa vinklarna projiceras först axeln på antingen XY eller YZ planet,

$$s^2 = x^2 + y^2, \text{ för axeln i XY - planet, på samma sätt för övriga plan (5)}$$

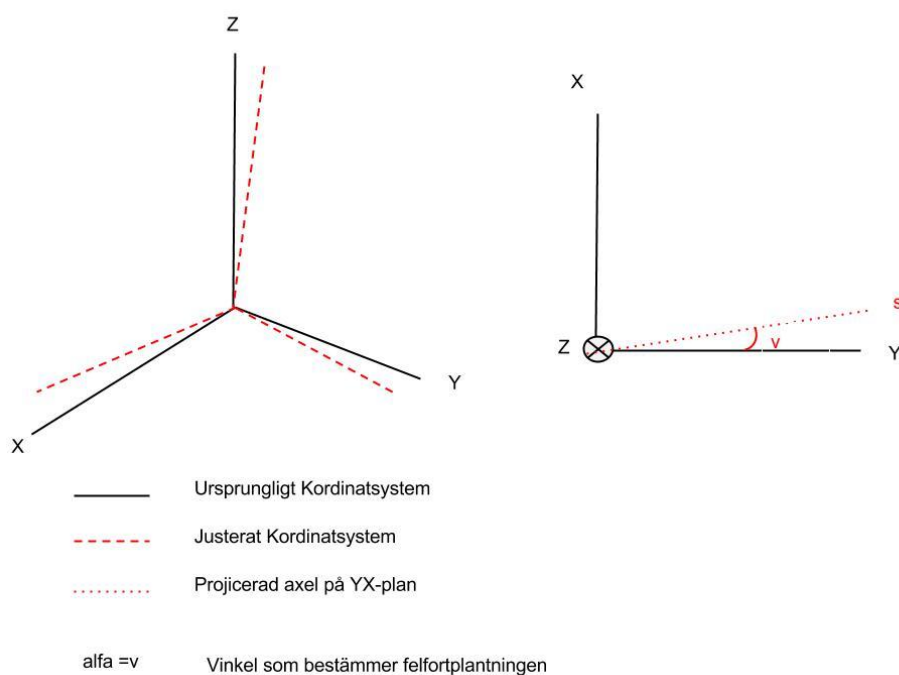
det gör då att:

$(x, y, z) \rightarrow (x, y, 0)$ , ursprungliga koordinater i det 3-dimensionella rummet går till

nya koordinater på det 2-dimensionella planet (6)

sedan beräknas vinklarna med formeln

$$\tan(\alpha) = \frac{\Delta y}{\Delta x}, \quad \tan(\beta) = \frac{\Delta z}{\Delta y} \quad (7), (8)$$



Figur 4 - Felfortplantning

## 2.2 LÅNGSAM LOOP

Utvecklingsarbetet baseras på den metodik som beskrivs i *The Value Model* (Lindstedt och Burenus, 2003). Metodiken går ut på att skapa en produkt med så högt kundvärde som möjligt. Kundvärde är ett sätt att värdera produkten utifrån kundens synvinkel. Detta skapas genom att en välbeprövad och ingenjörsmässigt framtagen metodik följs.

Metodiken kan delas upp i sex steg, de första fyra ligger i *Långsam loop* och de sista två stegen ligger i *Sammanställningsloop*. Detta på grund av att resultaten från *Snabb loop* integreras med resultaten från *Långsam loop*. De första fyra stegen redogörs nedan:

### 1. Beskriva produkten

Detta görs genom att kartlägga samverkan mellan produkten och kunden under produktens livscykel.

### 2. Kartlägga kundens röst

I nästa steg kartläggs och formuleras de kritiska kundkraven som ställs på produkten.

### 3. Analysera alternativa lösningar

I steg tre inventeras kända koncept och idéer. När detta gjorts fastställs en referenslösning som de andra koncepten skall jämföras mot.

### 4. Skapa ett vinnande koncept

Nästa steg i processen är att generera alternativa koncept med potential till högre kundvärde och sedan vidareutveckla de mest lovande koncepten. Därefter väljs det mest lovande konceptet ut t.ex. genom jämförelse i en Pughmatris.

## 2.3 SAMMANSTÄLLNINGSLÖOP

Nedan presenteras de två sista stegen från *The Value Model* (Lindstedt och Burenus, 2003).

### 5. Konstruera konceptet

När det vinnande koncept har valts ut konstrueras det i detalj med hjälp av CAD. När man detaljkonstruerar konceptet anpassas det också för att vara lättare att tillverka.

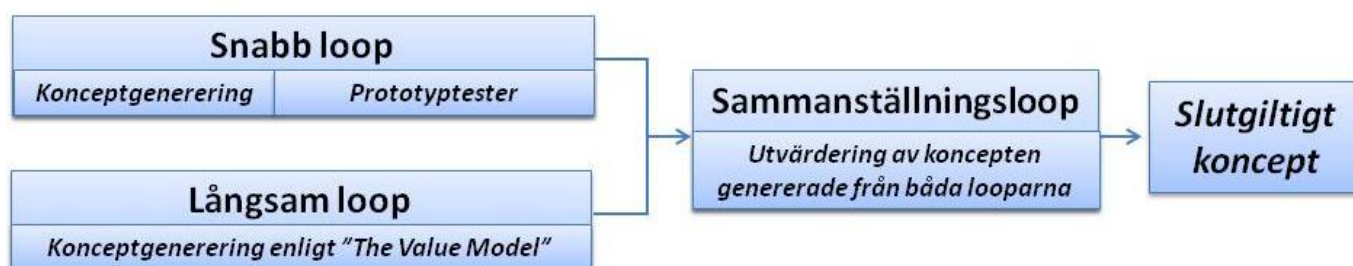
### 6. Verifiera och utvärdera konceptet

Med hjälp av resultaten från testerna görs en analys av hur väl konceptet har uppnått de mål som ställts upp.

## 3. METOD

Arbetet inleddes med en förstudie av BoxJoint där beställare, DELFOi, gav en presentation av BoxJoint och hur dess olika komponenter fungerar och ser ut. Med hjälp av att praktiskt använda BoxJoint gavs olika aspekter av problemet som avses lösas av projektlaget, bland annat undersöktes montering av fixturen.

Projektets arbetsgång delades upp i tre avsnitt; *Snabb loop*, *Långsam loop* och slutligen *Sammanställningsloop*, se Figur 5. Denna uppdelning gjordes på grund av tidsramarna för projektet och de långa leddiderna vid tillverkningen av prototyper. För utförligare beskrivning av metodiken, se avsnitt 2.



Figur 5 – Schematisk framställning av metodiken

### 3.1 SNABB LOOP

En konceptgenerering utfördes med brainstorming och morfologiska matriser med utgångspunkt i problemets dellösningar. De mest lovande koncepten valdes ut efter diskussion inom gruppen. Koncepten konstruerades i CAD och presenterades för DELFOi. Efter konsultation skickades det mest lovande konceptet in för tillverkning, prototypen anpassades för att passa BoxJoint-plattor i dimensionen M16x100x100 mm. Även koncept framtagna av DELFOi tillverkades. Prototyperna testades sedan genom att mäta noggrannheten vid upprepad montering och demontering enligt följande avsnitt.

#### 3.1.1 PROTOTYPTESTER

Prototyperna testades med hjälp av en mätarm för att undersöka huruvida de uppfyllde kravet på noggrann repeterbarhet. För prototyptesterna konstruerades en mättrigg uppbyggd av två stycken 100x100x300 mm balkar vilka fästes i bordet med hjälp av fästelement tillverkade i prototypplattet, se bild 14. Ovanpå balkarna fästs en tvärliggande 100x100x1200 mm balk med hjälp av BoxJoint-plattor i dimensionen M16x100x100 mm. Skruvarna runt balkarna drogs med momentet 140 Nm och fästelementen drogs fast i bordet med 25 Nm. I bordet fästs även mätarmen med hjälp av dess magnetfot, för fullständig uppbyggnad av mättrigg se bild 15.



Bild 14 – Fästanordning mätrigg

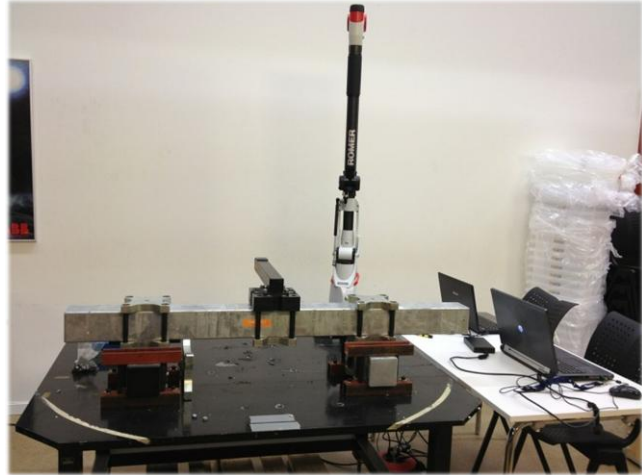


Bild 15 – Mätrigg inkl mätarm

Mätarmen som användes var en 6-Axis ROMER RA7535 med en mätspets på 6 mm, se bild 16-18. För ytterligare specifikationer se bilaga 1. Programvaran som användes är framtagen av HEXAGON och heter PC-DMIS Pro version 2011 MR1.



Bild 16 – Mätspets



Bild 17 – Mätarm



Bild 18 – Exempel på mätning

Mätningarna gjordes på två olika sätt; *Typ 1* på adapterplattan och *Typ 2* på en fastmonterad *Pick-up*, se bild 19 och 20.

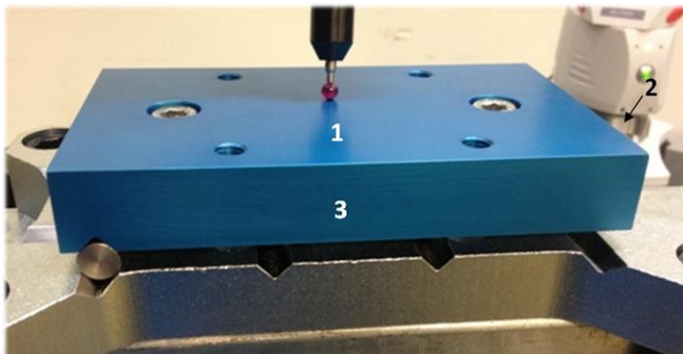


Bild 19 – Mätning Typ 1

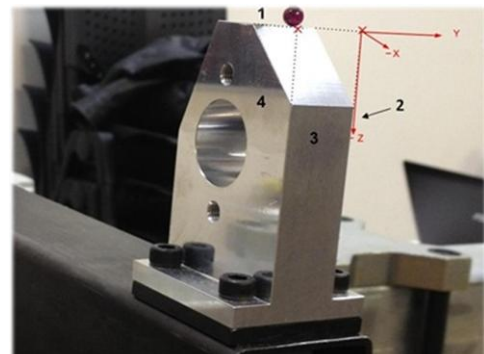


Bild 20 – Mätning Typ 2



### 3.1.1.1 METOD FÖR MÄTNING

Nedan beskrivs metoden för både mätning *Typ 1* och *Typ 2*:

1. Prototyperna testades en och en genom att de först monterades fast på den stora balken med hjälp av BoxJoints standardkomponenter.
2. En uppriktning på prototypen gjordes. Detta för att skapa en referenspunkt på det monterade konceptet.

**Typ 1 & Typ 2:** Uppriktingen gjordes genom att mäta tre ytor, se bild 19 och 20 för respektive yta, på prototypen. Yta 1 används som ett plan, yta 2 som en linje och yta 3 används för en punkt.

3. Prototypen mättes antingen enligt:

**Typ 1:** Mätningar gjordes direkt på adapterplattan, se bild 19.

- I. Tre plan mättes ytorna 1-3. Dessa plan konstruerades sedan med hjälp av programvaran till ett hörn, dvs punkten där planen skär varandra. Punkens koordinater representerar vart adapterplattan är monterad i rummet. Denna punkt benämns i resultatavsnittet som punkt 1.

**Typ 2:** Mätningar gjordes på en monterad *Pick-up*, se bild 20.

- I. Fyra plan mättes på ytorna 1-4 på *Pick-up*. Ytorna 1-3 konstruerades till ett hörn denna punkt benämns i resultatavsnittet som punkt 1. Ytorna 1, 2 och 4 konstruerades till ett hörn, denna punkt benämns som punkt 2. Detta gjordes med hjälp av programvaran. Dessa hörn representerar de koordinater vart *Pick-up* är monterad i rummet.
- II. Axel A skapas mellan de två punkter som tas fram, se bild 21. Den projiceras ner på YX- och YZ-planet och vinkelavvikelsen mellan koordinataxeln och en projicerad axeln beräknas med ekvation (5) och (6). Den *Pick-up* som är monterad skapar en vinkelavvikelse från koordinataxeln i X-led om vridning finns. Den visar sig som en förstärkning av avvikelsen i Y-led vid *Typ 2* mätning. På grund av det jämförs punktavvikelserna i Y-led mellan mätning *Typ 1* och *Typ 2*. När mätningarna tolkas benämns vridningen som en vridning längs *Axel B*, se bild 20 och 21.

4. Prototypen monterades om.
5. Steg 3-4 itererades fem gånger per mätning. Varje mätning i sin tur gjordes tio gånger per prototyp och resultaten medelvärdesbildades. Slutligen så utvärderades mätarmens noggrannhet empiriskt för att om möjligt minska  $\delta$ , se teori 2.1.1.2 och ekvation (3).

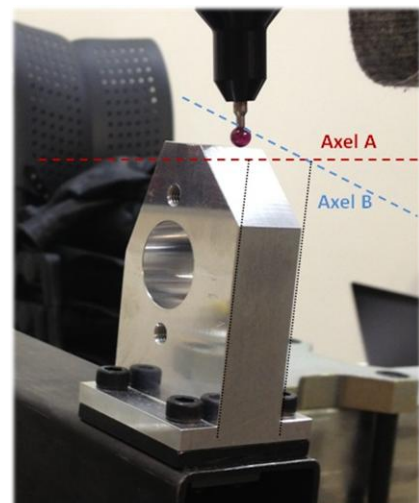


Bild 21 – Axlar

## 3.2 LÅNGSAM LOOP

Metodiken *Långsam loop* innebär att arbetet sker mer systematiskt och långsiktigt med att generera koncept och lösningar, enligt metodiken som beskrivs i avsnitt 2.2. Detta arbetssätt sker parallellt med *Snabb loop*. Arbetet inleddes med att marknaden söktes igenom efter befintliga lösningar. Detta för att ta fram flera alternativa lösningar. Även brainstorming tillämpades för att generera fler koncept. De koncept som togs fram inklusive de koncept som genererades under metodiken *Snabb loop* ställdes mot varandra i en Pughmatris.

## 3.3 SAMMANSTÄLLNINGSLÖOP

För att få fram ett slutgiltigt koncept jämförs de framtagna koncepten från *Snabb loop*, även testerna beaktades, med de vinnande koncepten från *Långsam loop*, se avsnitt 2.3. Utifrån dessa resultat utsågs en vinnare och förslag till vidareutveckling togs fram.

## 4. RESULTAT OCH DISKUSSION

Först presenteras de koncept som genererades under *Snabb loop* samt de koncept som togs fram av DELFOi. Därefter redogörs resultaten från testerna på koncepten. Sedan visas resultaten från *Långsam loop* och *Sammanställningsloop* vilket leder till ett slutgiltigt koncept.

### 4.1 SNABB LOOP

Genom *Snabb loop* genererade två stycken koncept *Swiss Cheese* och *T-spår*, varav efter konsultation med DELFOi endast det första konceptet tillverkades. Nedan beskrivs det tillverkade konceptet *Swiss Cheese*. För beskrivning av *T-spår* se bilaga 3.2

#### 4.1.1 TILLVERKAT KONCEPT - SWISS CHEESE

*Swiss Cheese* består av två stycken modifierade BoxJoint-plattor som monteras ihop antingen mellan två balkar eller mellan en balk och en *Pick-up* förutsatt att den är monterad på adapterplattan. Plattorna består av, förutom de fyra skruvhålen, åtta stycken till skruvhål för ihopmontering av de båda plattorna samt åtta stycken styrhål. På den ena plattan monteras styripinnar i styrhålen. Dessa bidrar till en noggrann positionering av plattorna relativt varandra. De två plattorna kan därför monteras och demonteras med noggrannhet. *Swiss Cheese* kan även monteras i 45°, se bild 24, och sektionsvis. Sektionsvis montering är när minst två par av *Swiss Cheese* används för att sammanfoga en större del av fixturen. Det möjliggör montering och demontering av delfixturen med noggrannhet. För ökad förståelse se bild 22-25 samt bilaga 4 för ritning.



Bild 22- Swiss Cheese med styripinnar



Bild 23 - Swiss Cheese monterad rakt

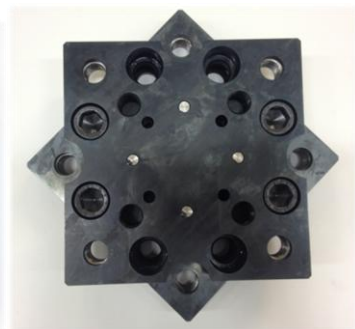


Bild 24 - Swiss Cheese monterad i 45°

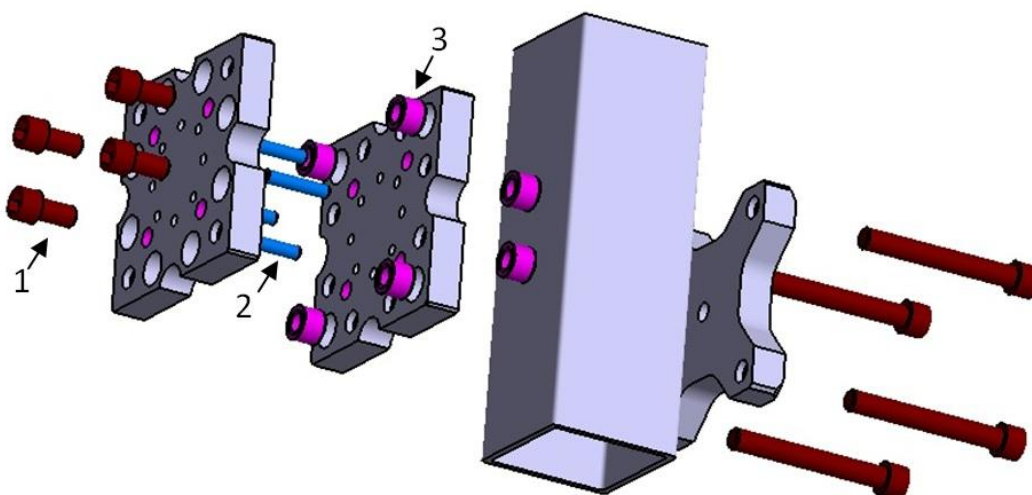


Bild 25 - Sprängskiss av Swiss Cheese där 1. Skruvar, 2. Styripinnar och 3. Anchor nuts.

## 4.1.2 KONCEPT FRAMTAGNA AV DELFOI

DELFOI tog fram ytterligare tre koncept inför prototyptesterna, *Ball Lock*, *V-Cut* och *Zero Point* som presenteras nedan.

### 4.1.2.1 BALL LOCK

Konceptet *Ball Lock* består av en modifierad BoxJoint-platta på vilken en adapterplatta för en *Pick-up* monteras. I adapterplattan finns ett ovalt och ett runt hål. I BoxJoint-plattan finns Ball Lock-hylsor monterade i två runda hål. Den undre halvan av hylsan har en större diameter än den övre delen vilket ger en fas i mitten av hylsan. För att låsa de båda plattorna mot varandra används en standardkomponent som heter Ball Lock. För ökad förståelse se bild 26 och 27.

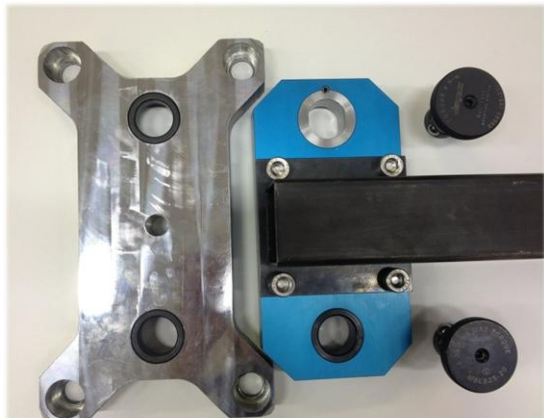


Bild 26 – Koncept Ball Lock med ingående komponenter

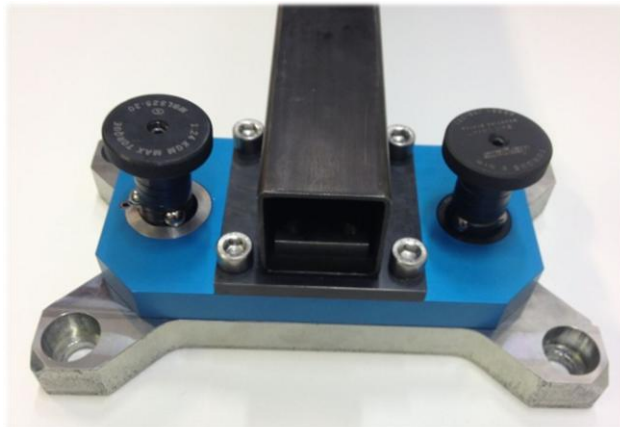


Bild 27 – Koncept Ball Lock monterad

Komponenten Ball Lock är avsedd för att låsa och positionera bland annat fixturer med hög noggrannhet, se bild 28 och 29. Ball Lock fixeras genom att de ingående kulorna pressas mot fasan i den tillhörande hylsan. Positioneringen ges av snäva toleranser på hylsorna.

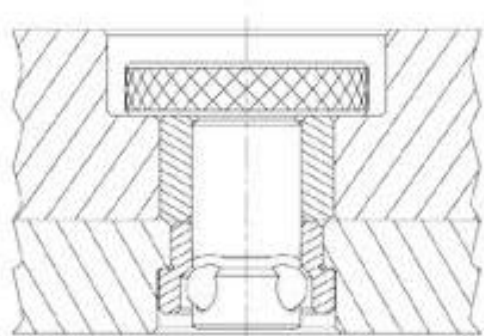


Bild 28 - Genomsnittsskärning Ball Lock



Bild 29 - Ball Lock

#### 4.1.2.2 V-Cut

V-Cut består av en modifierad BoxJoint-platta samt en adapterplatta till en *Pick-up*. I BoxJoint-plattan finns två V-formade spår längs långsidan och fyra stycken längs kortsidan. På adapterplattans undersida finns tre V-formade spår, två längs långsidan och ett längs kortsidan. I dessa spår fästs tre stänger som positionerar in adapterplattan på BoxJoint-plattan. Adapterplattan fästs sedan med skruvar. För ökad förståelse se bild 30-33.

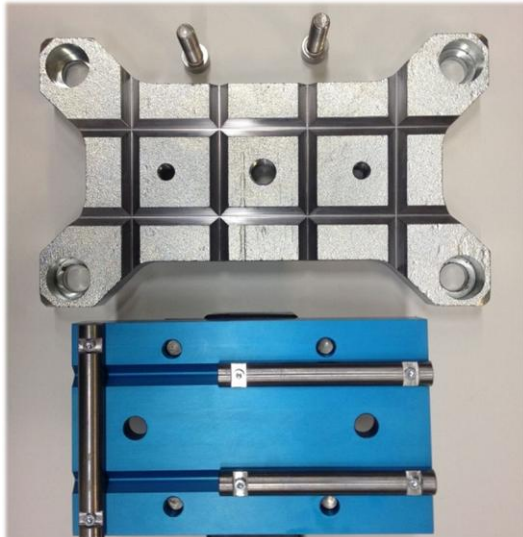


Bild 30 – Modifierad BoxJoint-platta och adapterplatta (underifrån)

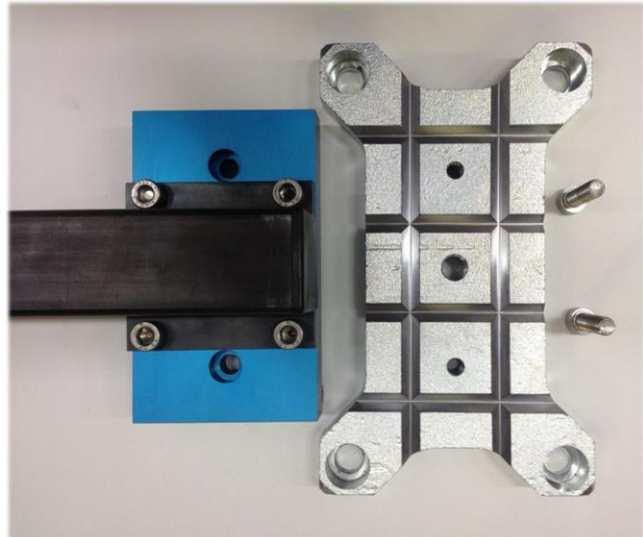


Bild 31 - Modifierad BoxJoint-platta och adapterplatta (ovanifrån)

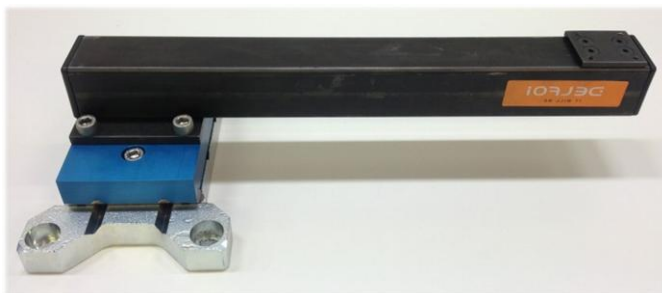


Bild 32 - V-Cut monterad med Pick-up, från sidan

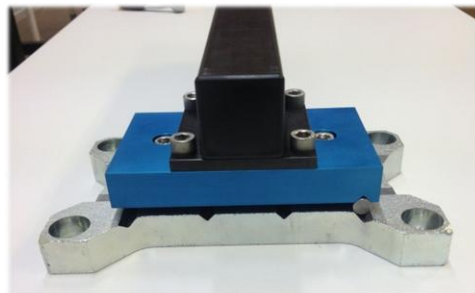


Bild 33 - V-Cut monterad med Pick-up, bakifrån

### 4.1.2.3 ZERO POINT

Konceptet *Zero Point* består av en BoxJoint-platta med komponenten Zero Point monterad på plattan samt en adapterplatta för en *Pick-up*, se bild 34-36.

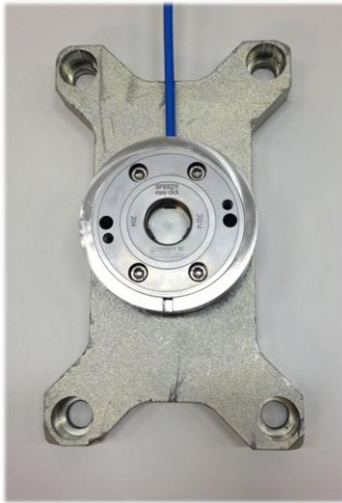


Bild 34 -  
BoxJoint-plattor med Zero Point

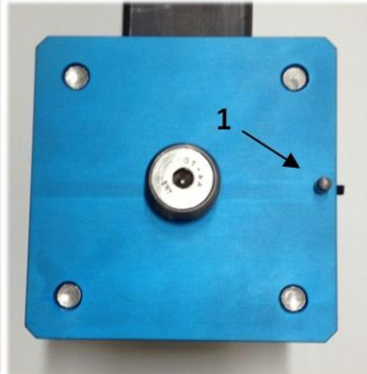


Bild 35 -  
Adapterplatta med styrpinne (1)

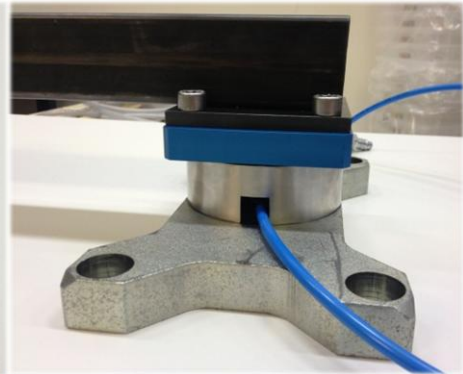


Bild 36 -  
*Zero Point monterad*

Komponenten Zero Point används för att positionera och fixera en punkt dock inte rotationsriktningen runt sin egen axel. För att lösa detta används en styrpinne, se bild 35. För att lossa på komponenterna från varandra används tryckluft, se bild 37 och 38.



Bild 37 - Zero Point

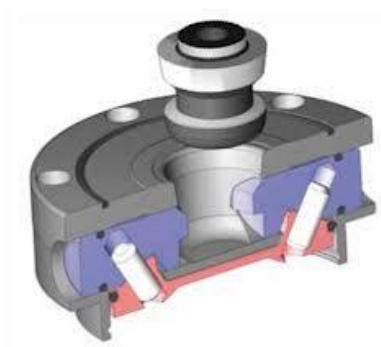


Bild 38 - Zero Point genomskärning

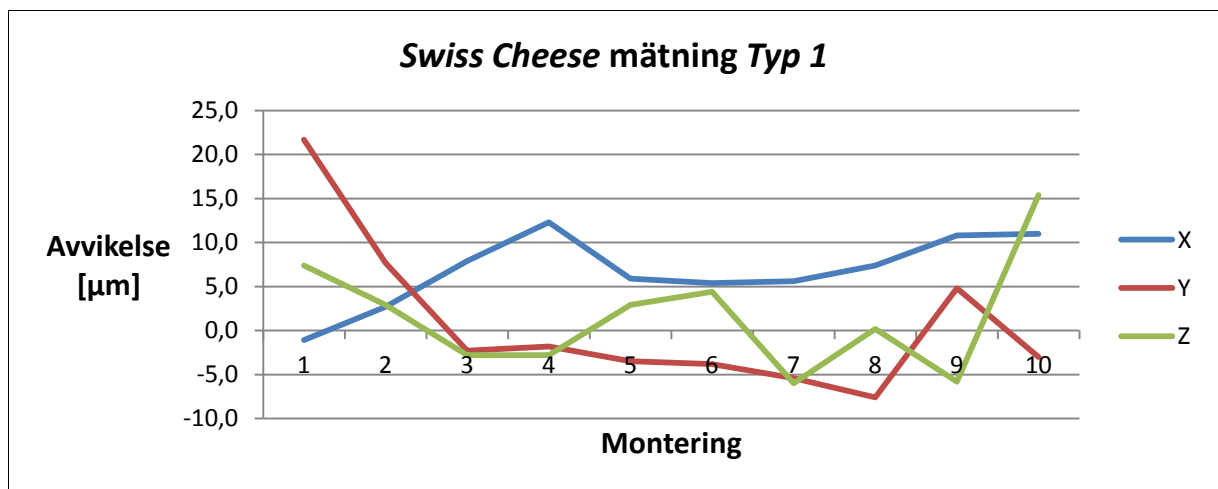
### 4.1.3 MÄTRESULTAT

Nedan presenteras mätresultaten från mätning *Typ 1* och *Typ 2* för de olika koncepten. Mätning *Typ 1* innebär att mätningen sker på adapterplattan. Mätningar enligt *Typ 2* mäts på den *Pick-up* som har monterats på adapterplattan.

#### Felkällor

Den faktiska avvikelsen är svår att specificera. På grund av de små avvikelserna är det svårbedömt hur mycket av de uppmätta variationerna som beror på en faktisk förflyttning av plattorna eller hur mycket som beror på mätinstrumentets osäkerhet. Förutom mätutrustningens osäkerhet påverkar även den mänskliga faktorn vid hantering av mätutrustningen. Exempelvis att positionera mätspetsen mot mätobjektet precis likadant vid varje mätning.

#### 4.1.3.1 SWISS CHEESE



Graf 1 – Swiss Cheese mätning Typ 1

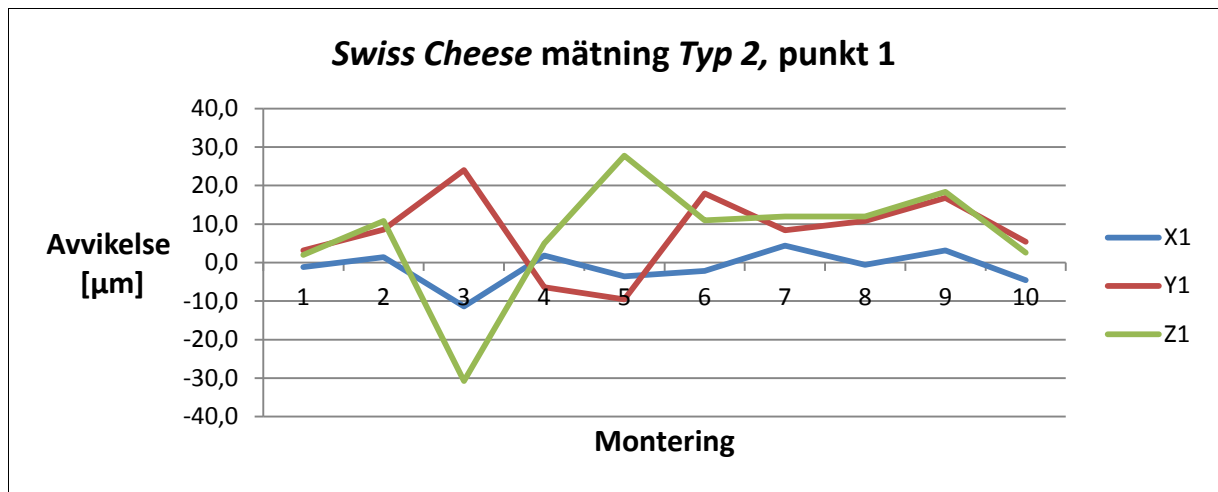
Swiss Cheese mätning Typ 1 [µm]			
	X	Y	Z
<b>Medel</b>	6,8	0,7	1,6
<b>Min</b>	-1,1	-7,6	-6,0
<b>Max</b>	12,3	21,7	15,4
<b>Skillnad</b>	13,4	29,3	21,4
<b>Std</b>	3,9	8,2	6,2

Tabell 1 - Swiss Cheese mätning Typ 1

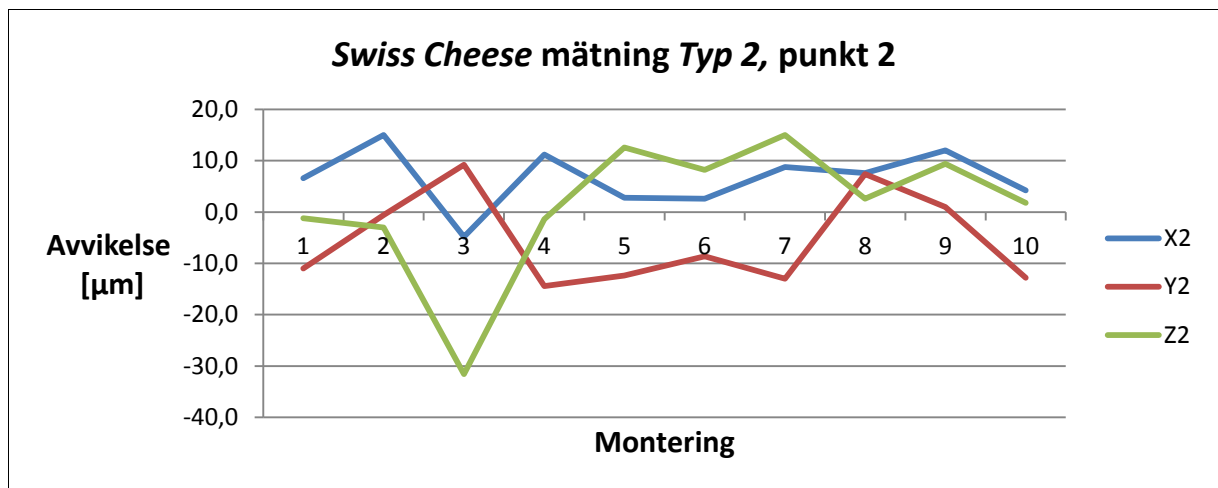
Vid mätning *Typ 1* kan konstateras att noggrann repeterbarhet uppfylls med marginal. Maximal avvikelse vid upprepad montering var i Y-led och mätte 21,7 µm vilket är inom intervallet för krav på noggrannhet. Detta ses i tabell 1 och graf 1. För utförlig mätdata se bilaga 6.1.1.

Mätningarna av Typ 2 görs i Swiss Cheese fall i tre utföranden; vanlig montering, montering i 45° vinkel och sektionsvis montering.

*Swiss Cheese mätning Typ 2 - med monterad Pick-up*



Graf 2 – Swiss Cheese mätning Typ 2, punkt 1



Graf 3 – Swiss Cheese mätning Typ 2, punkt 2

Swiss Cheese mätning Typ 2 [µm]						
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2
<b>Medel</b>	-1,3	7,9	7,1	6,6	-5,5	1,2
<b>Min</b>	-11,4	-9,6	-30,8	-4,8	-14,4	-31,6
<b>Max</b>	4,4	24,0	27,8	15,0	9,2	15,0
<b>Skillnad</b>	15,8	33,6	58,6	19,8	23,6	46,6
<b>Std</b>	4,3	9,9	14,6	5,4	8,5	12,4

Tabell 2 – Swiss Cheese mätning Typ 2

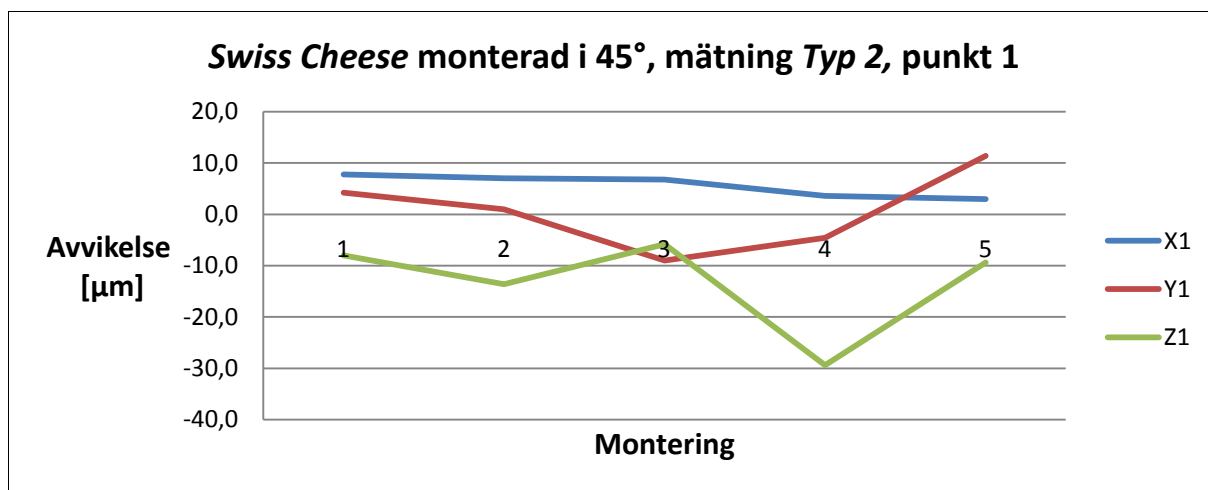
Vinkelavvikelse [°]		
	YX	YZ
<b>Medel</b>	-0,0205	0,0152
<b>Min</b>	-0,0354	-0,0078
<b>Max</b>	-0,0115	0,0396
<b>Skillnad</b>	0,0234	0,0474
<b>Std</b>	0,0065	0,0147

Tabell 3 - Vinkelavvikelse

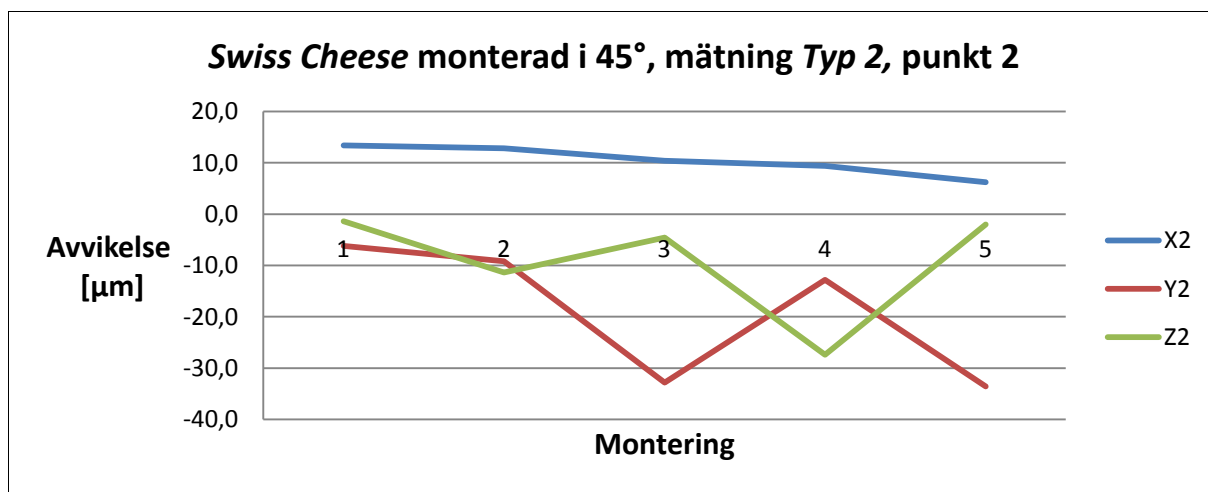


Resultaten från mätning Typ 2 ger ingen större vinkelavvikelse. Det tyder på att de vinklar och även punktavvikelse som erhålls till största beror på mätosäkerheterna vid mätningarna snarare än en verklig avvikelse. Maximal avvikelse vid upprepad montering var i Y2 och mätte 31,6  $\mu\text{m}$ . Maximala vinkelavvikelsen är 0,04° för både YX-planet och YZ-planet vilket anses försumbart. Således kan det konstateras att konceptet uppfyller kravet på noggrann repeterbarhet. Detta ses i tabell 2 och 3 samt graf 2 och 3. För utförlig mätdata se bilaga 6.1.2.

#### Swiss Cheese mätning Typ 2 - Monterad i 45° med Pick-up



Graf 4 – Swiss Cheese mätning Typ 2 monterad i 45°, punkt 1



Graf 5 – Swiss Cheese mätning Typ 2 monterad i 45°, punkt 2

Swiss Cheese med monterad i 45° [µm]						
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2
<b>Medel</b>	5,6	0,6	-13,2	10,4	-18,9	-9,4
<b>Min</b>	3,0	-9,0	-29,4	6,2	-33,6	-27,4
<b>Max</b>	7,8	11,4	-5,8	13,4	-6,2	-1,4
<b>Skillnad</b>	4,8	20,4	23,6	7,2	27,4	26,0
<b>Std</b>	1,9	7,1	8,5	2,6	11,8	9,7

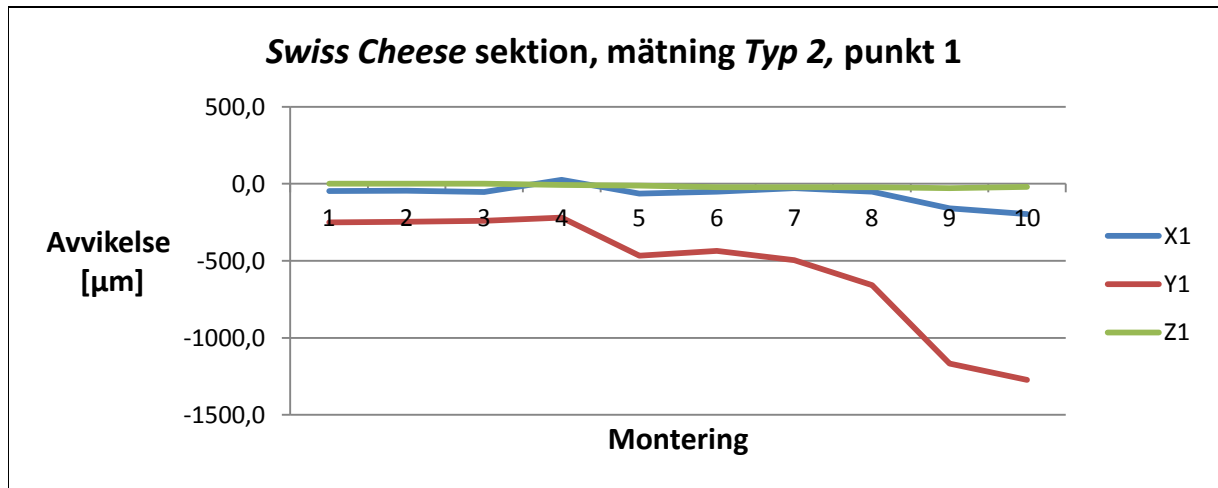
Tabell 4 – Swiss Cheese monterad i 45°

Vinkelavvikelse [°]		
	YX	YZ
<b>Medel</b>	0,0125	0,0101
<b>Min</b>	0,0083	0,0031
<b>Max</b>	0,0151	0,0193
<b>Skillnad</b>	0,0068	0,0162
<b>Std</b>	0,0030	0,0067

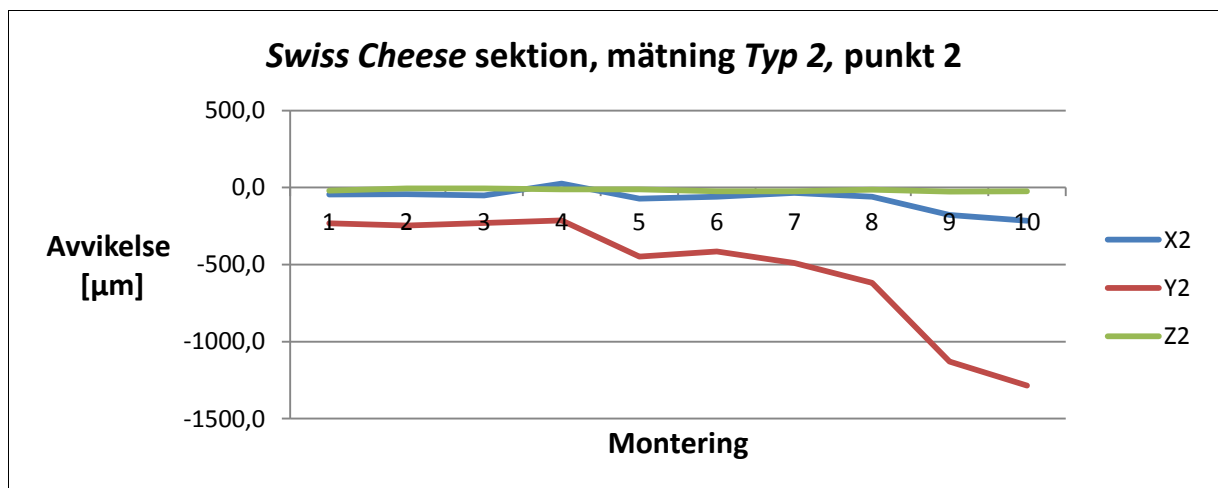
Tabell 5 - Vinkelavvikelse

Vid montering av *Swiss Cheese* i 45° vinkel gjordes samma typ av mätningar som ovan. Inga större avvikelser eller märkbara skillnader i resultat kunde ses. Därmed kan antagandet om noggrann repeterbarhet även gälla för montering i 45° vinkel. Maximal avvikelse vid upprepad montering var i Y2 och mätte 33,6  $\mu\text{m}$ . Maximala vinkelavvikelsen var 0,02° för både YX-planet och för YZ-planet, det anses försumbart. Detta ses i tabell 4 och 5 samt graf 4 och 5. För utförlig mätdata se bilaga 6.1.3.

*Swiss Cheese monterad som sektion*



Graf 6 – *Swiss Cheese* monterad i sektion, punkt 1



Graf 7 - *Swiss Cheese* monterad i sektion, punkt 2

Swiss Cheese sektioner [ $\mu\text{m}$ ]						
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2
<b>Medel</b>	-66,8	-545,3	-13,0	-73,3	-530,4	-16,3
<b>Min</b>	-196,0	-1273,0	-28,0	-215,0	-1284,8	-26,0
<b>Max</b>	25,4	-219,0	1,2	25,0	-214,0	-4,8
<b>Skillnad</b>	221,4	1054,0	29,2	240,0	1070,8	21,2
<b>Std</b>	60,8	364,2	10,6	67,0	363,0	7,7

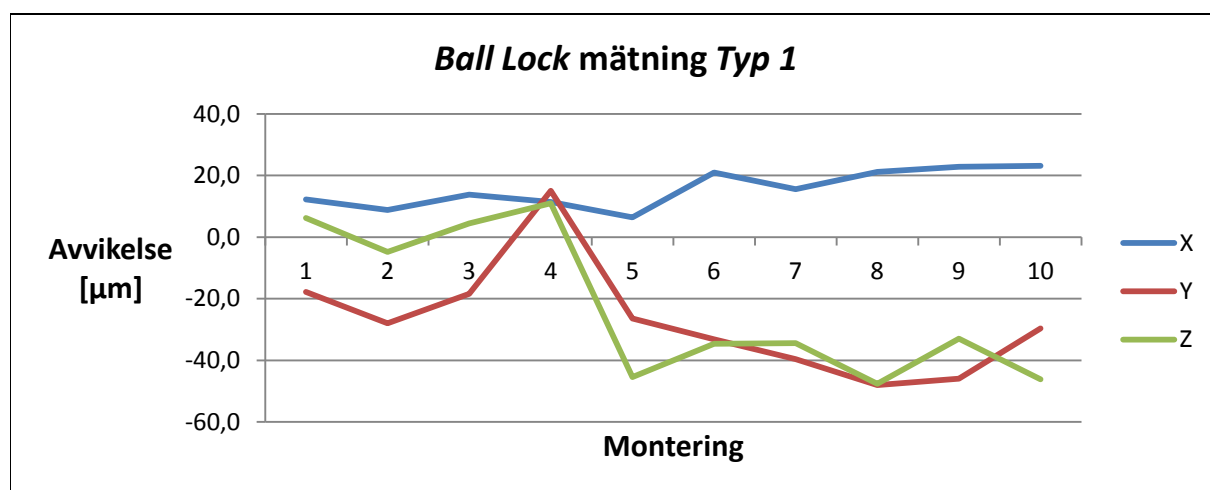
Tabell 6 - Swiss Cheese monterad i sektioner

För sektionsvis montering gav mätningarna stora avvikelser med toppvärden upp till 2 mm. Inga slutsatser om noggrann repeterbarhet kunde dock dras utifrån dessa tester eftersom följande felkällor noterades vid mätningarna:

- **Montering.** Vid montering av en sektion behöver plattorna tryckas ihop. Detta kräver att plattorna pressas ihop från två håll, detta skapar en hävarm som riskerar att rubba hela mättriggen eller delar av den.
- **Borttagning.** Vid borttagning av sektionen behöver plattorna dras isär, även det skapar en hävarm som också kan rubba testtriggen. Då plattorna satt hårt behövdes det även ryckas i plattorna för att lossa dem från varandra. Det som kan ha rubbats är bordet, fästelement till bordet samt balkarna.

En mätklocka, se bild 39, användes för att uppmäta förflyttningar hos mättriggen på andra positioner än hos den *Pick-up* som mätningarna gjordes på. Då noterades att mättriggen rörde sig olika mycket på olika ställen vid mättillfällena. För att säkerställa var i testtriggen det rör sig vid de olika mättillfällena skulle det dock behövs fler mätklockor. Nämda felkällor är utöver de felkällor och mätosäkerheter som råder för samtliga mätningar, se 4.1.3. Se tabell 6 och graf 6 och 7. För utförlig mätdata se bilaga 6.1.4.

#### 4.1.3.2 BALL LOCK



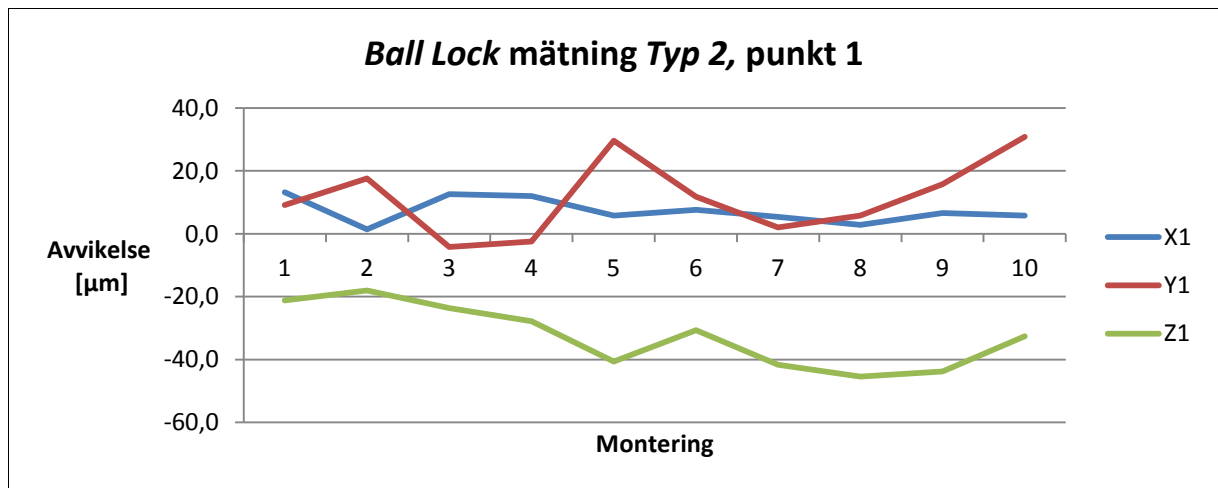
Graf 8 – Ball Lock mätning Typ 1

<b>Ball Lock mätning Typ 1 [<math>\mu\text{m}</math>]</b>			
	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>
<b>Medel</b>	15,6	-27,2	-22,4
<b>Min</b>	6,4	-48,0	-47,6
<b>Max</b>	23,2	15,1	11,0
<b>Skillnad</b>	16,8	63,1	58,6
<b>Std</b>	5,8	17,1	22,6

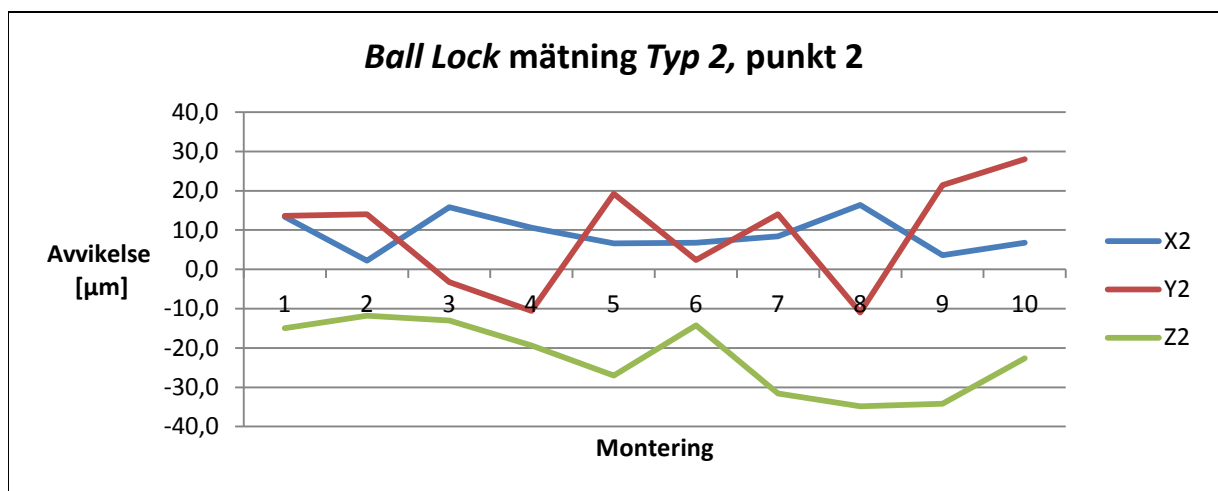
Tabell 7 – Ball Lock mätning Typ 1

Mätning Typ 1 på Ball Lock uppfyllde kraven för noggrann repeterbarhet. Maximala avvikelsen uppmättes till 48  $\mu\text{m}$ , se tabell 7 och graf 8. För utförlig mätdata se bilaga 6.2.1.

## Ball Lock med monterad pick-up



Graf 9 – Ball Lock mätning Typ 2, punkt 1



Graf 10 – Ball Lock mätning Typ 2, punkt 2

<b>Ball Lock mätning Typ 2 [μm]</b>						
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2
<b>Medel</b>	7,3	11,6	-32,5	9,1	8,8	-22,4
<b>Min</b>	1,4	-4,2	-45,4	2,2	-11,0	-34,8
<b>Max</b>	13,2	30,8	-18,0	16,4	28,0	-11,8
<b>Skillnad</b>	11,8	35,0	27,4	14,2	39,0	23,0
<b>Std</b>	3,9	11,5	9,4	4,6	12,9	8,5

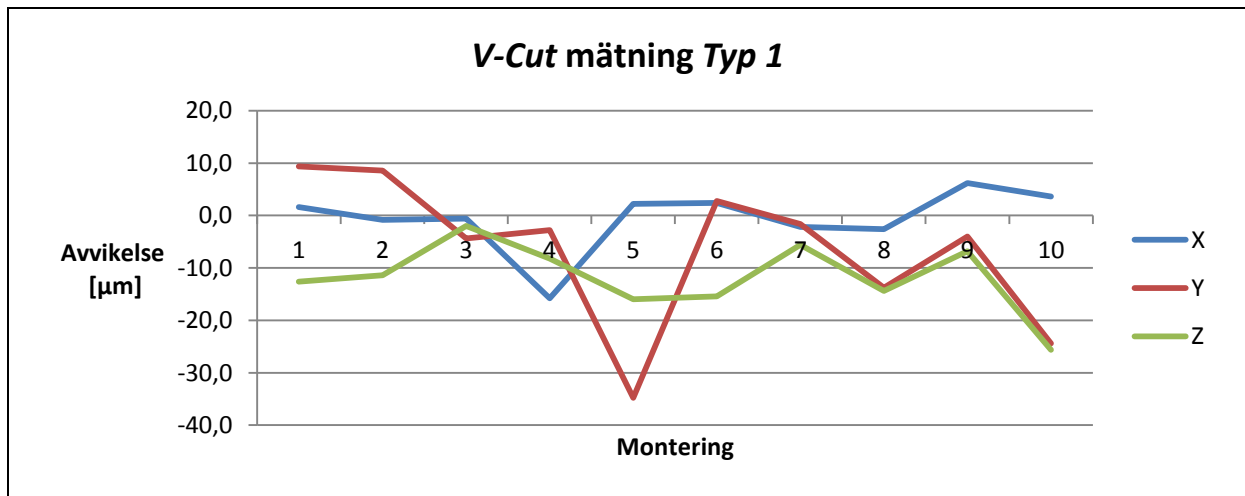
Tabell 8 – Ball Lock mätning Typ 2

<b>Vinkelavvikelse [°]</b>		
	YX	YZ
<b>Medel</b>	-0,0045	-0,0264
<b>Min</b>	-0,0354	-0,0427
<b>Max</b>	0,0078	-0,0161
<b>Skillnad</b>	0,0432	0,0265
<b>Std</b>	0,0113	0,0076

Tabell 9 - Vinkelavvikelse

Mätning Typ 2 gav en maximal avvikelse i Z1 till 45.4 μm och uppfyller kraven på noggrann repeterbarhet. Vinkelavvikelsen uppmäts för både XY-planet och YZ-planet till 0,04°, se tabell 8 och 9 samt graf 9 och 10. För utförlig mätdata se bilaga 6.2.2.

### 4.1.3.3 V-Cut



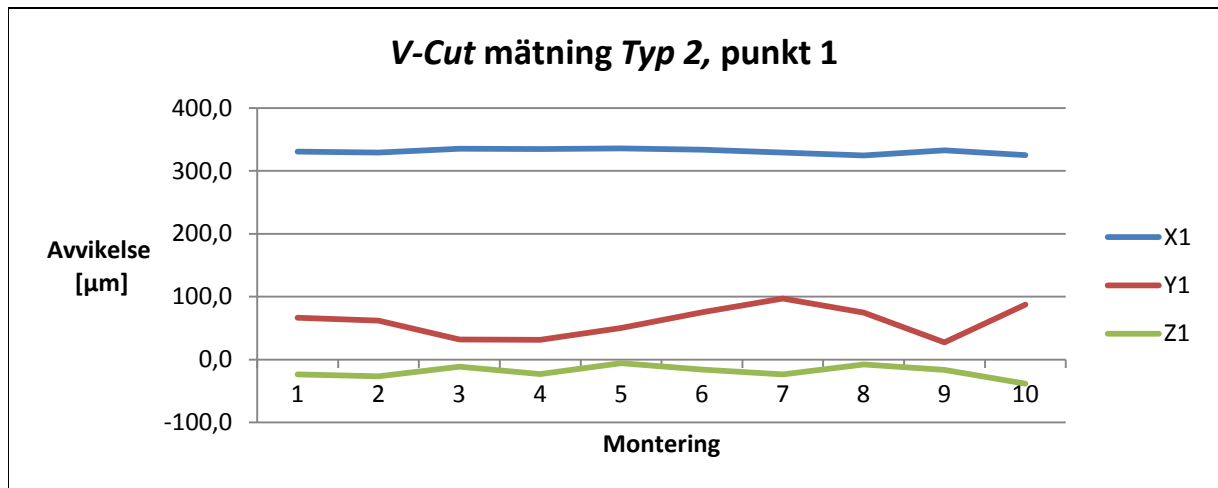
Graf 11 – V-Cut mätning Typ 1

<b>V-Cut mätning Typ 1 [µm]</b>			
	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>
<b>Medel</b>	-0,6	-6,5	-11,8
<b>Min</b>	-15,8	-34,8	-25,6
<b>Max</b>	6,2	9,4	-2,0
<b>Skillnad</b>	22,0	44,2	23,6
<b>Std</b>	5,7	13,4	6,3

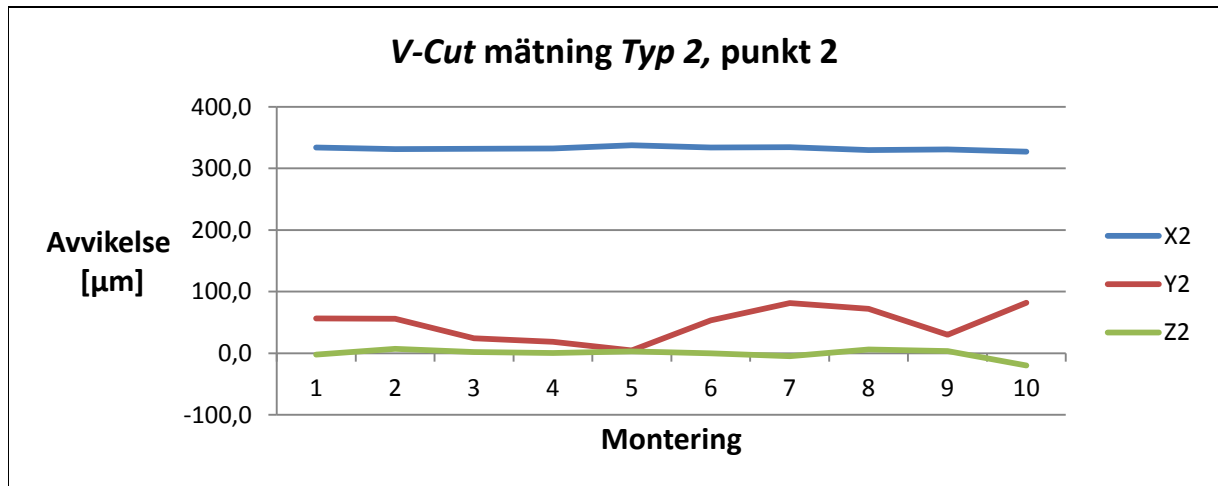
Tabell 10 – V-Cut mätning Typ 1

Mätning Typ 1 på V-Cut gav en maximal avvikelse på 34,8 µm för Y1. Det uppfyller kraven på noggrann repterbarhet. Se tabell 10 samt graf 11. För utförlig mätdata se bilaga 6.3.1.

### V-Cut med monterad pick-up



Graf 12 – V-Cut mätning Typ 2, punkt 1



Graf 13 – V-Cut mätning Typ 2, punkt 1

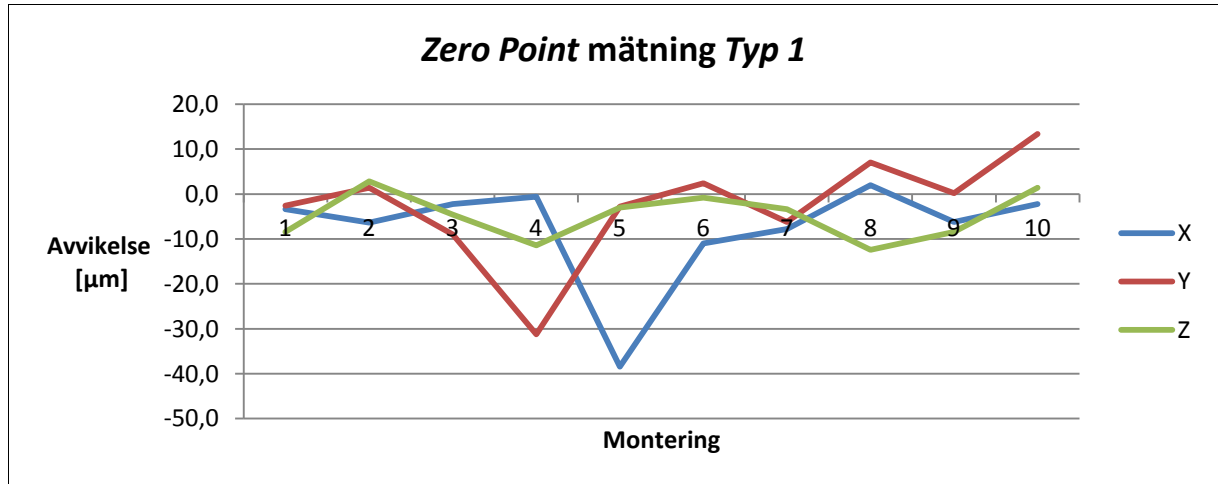
V-Cut mätning Typ 2 [μm]						
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2
<b>Medel</b>	331,2	60,5	-19,1	332,3	47,8	-0,5
<b>Min</b>	324,6	27,6	-38,0	327,2	4,4	-20,0
<b>Max</b>	335,8	97,2	-5,6	337,4	82,0	7,0
<b>Skillnad</b>	11,2	69,6	32,4	10,2	77,6	27,0
<b>Std</b>	3,8	23,2	9,3	2,7	25,8	7,3

Tabell 11 – V-Cut mätning Typ 2

Vinkelavvikelse [°]		
	YX	YZ
<b>Medel</b>	0,0029	0,0484
<b>Min</b>	-0,0089	0,0229
<b>Max</b>	0,0135	0,0875
<b>Skillnad</b>	0,0224	0,0646
<b>Std</b>	0,0076	0,0169

Tabell 12 - Vinkelavvikelse

Vid mätning Typ 2 ses att X-kordinaterna har en offset. Denna offset är konstant och uppstod vid den första ommonteringen, dock är den okänd. På grund av detta är max- och minvärdena missvisande. Det som kan utläsas är skillnaden mellan mätningarna. Skillnaden är 77,6 μm och det är under mätarmens osäkerhet. Även standardavvikelsen visar också på att konceptet ger små avvikelser mellan monteringarna. Se tabell 11 och 12 samt graf 12 och 13. För utförlig mätdata se bilaga 6.3.2.



Graf 14 – Zero Point mätning Typ 1

<b>Zero Point mätning Typ 1 [µm]</b>			
	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>
<b>Medel</b>	-7,6	-2,7	-4,8
<b>Min</b>	-38,4	-31,2	-12,4
<b>Max</b>	2,0	13,4	2,8
<b>Skillnad</b>	40,4	44,6	15,2
<b>Std</b>	10,9	11,3	4,9

Tabell 13 – Zero Point mätning Typ 1

Vid mätning *Typ 1* på *Zero Point* låg den maximala avvikelser på 38,4 µm vilket uppfyller kraven på noggrann repeterbarhet. För utförlig mätdata se bilaga 6.4.1.

På grund av att prototypen *Zero Point* glappade märkbart i rotationsriktningen, kring den egna axeln, kunde inga tillförlitliga mätningar av *Typ 2* genomföras. Glappet var drygt 1 mm i Y-led och dokumenterades med hjälp av en mätklocka, se bild 39 och 40. Hade mätningarna ändå genomförts hade de gett en oacceptabelt stor vinkelavvikelse mellan *Axel B* och X-axeln som hade visat sig som en stor punktavvikelse i Y-led, något som bekräftas av de mätningar som gjordes med en mätklocka. Detta problem skulle troligtvis kunna åtgärdas genom en annan typ av styrpinne med en bättre passning alternativt fler styrcinnar.

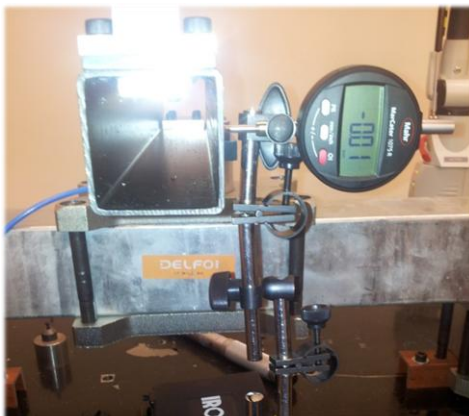


Bild 39 – Zero Point obelastad



Bild 40 – Zero Point lätt belastad



#### 4.1.4 OMSTÄLLNINGSTIDER

Tiden för att göra en omställning mättes upp med tidtagarur och presenteras i tabell 14. *Zero Point* sticker ut med kortare omställningstid än för de övriga koncepten. Ett annat resultat som kan observeras är att *Swiss Cheese* är tar längre tid att montera än övriga koncept.

Omställningstider	
Koncept	Tid [s]
<i>Swiss Cheese</i>	125
<i>Ball Lock</i>	50
<i>V-Cut</i>	73
<i>Zero Point</i>	5

Tabell 14 - Omställningstider

#### 4.1.5 MÄTARMENS NOGGRANNHET I DE OLIKA FALLEN

Två olika åtgärder har vidtagits för att förbättra noggrannheten i mätningarna. Då mätningarna görs på koncepten används endast ett litet område av mätarmens räckvidd. Det innebär att noggrannheten går mot point accuracy. För att undvika *Typ A-fel* har resultaten medelvärdesbildats, se teori 2.1.1.1.

Sammanlagt 220 medelvärdesbildade mätpunkter gjorts som för samtliga koncept utom två avviker maximalt 50  $\mu m$  från ursprungspositionen. Dels avviker *V-Cut* på grund av felaktig upprikning och dels avviker *Swiss Cheese* monterad sektionsvis troligtvis på grund av att mätfixturen rörde på sig. Således kan det konstateras att osäkerheterna i mätningarna är små. Genom att ansätta noggrannheten till 50  $\mu m$  fås att de verkliga avvikelserna antingen är mycket nära noll eller så försvagar noggrannheten avvikelserna i samtliga fall. Båda fallen anses vara orimliga därför kan antagandet göras att mätosäkerheterna i varje mätning ligger under 50  $\mu m$ . Därför kan noggrannheten anses vara bättre än 100  $\mu m$  vid mätningarna, se teori 2.1.1.2 med  $\delta < 50 \mu m$ .

## 4.2 LÅNGSAM LOOP

*Långsam loop* består av de fyra första stegen som beskrivs i avsnitt 2.2. Nedan presenteras det resultat som gavs av varje steg vilket slutligen leder till ett vinnande koncept från denna metodik.

### 1. Beskriva produkten

Den produkt som togs fram skulle lösa problemet med noggrann repeterbarhet i BoxJoint.

### 2. Kartlägga kundens röst

Efter att DELFOi presenterat projektet gavs en bild av vilka problem som skulle lösas och utifrån detta definierade avgränsningarna. Det bestämdes att endast en lösning av kontaktsituationen mellan platta och platta skulle konstrueras. Avgränsningarna beskrivs noggrannare i avsnitt 1.4.

### 3. Analysera alternativa lösningar

Genom patentsökningar gavs inspiration till möjliga lösningar på fixering och positionering av plattorna mot varandra. Bland annat hos det tyska företaget Halder (Halder, 2013) som också tillverkar modulära fixtursystem likt BoxJoint. Halder hade många lösningar som baseras på spår i plattorna för att fixerar dem mot varandra. Jergens (Jergens, 2013) är en annan tillverkare av verktygshållare och utrustning för omställning. Jergens har även utvecklat komponenten Ball Lock som beskrivs i avsnitt 4.1.2.1. Även BoxJoints egna patent undersöktes. Dessa sökningar utgjorde grunden för olika dellösningar längre fram i projektet.

#### 4. Skapa ett vinnande koncept

För att skapa ett vinnande koncept delades problemet upp i olika delfunktioner samt lösningar till dessa, se bilaga 2. Sex stycken koncept togs fram inklusive *Swiss Cheese* och *T-spår*. De fyra nya koncepten som togs fram skapades genom en morfologisk matris. De olika dellösningarna valdes slumpmässigt och fyra koncept som var helt oberoende varandra gavs, se bilaga 3. För att få fram ett vinnande konceptet ställdes dessa mot varandra i Pughmatris, se bilaga 5.

##### **Vinnande koncept**

Det konceptet som *Långsam loop* resulterade i är Koncept A, *Swiss Cheese*, se bild 41. Detta på grund av att det står som vinnare i Pughmatrisen samt att projektlaget anser att den är en bra lösning. Se i avsnitt 5.2 varför *Swiss Cheese* blev det vinnande konceptet.

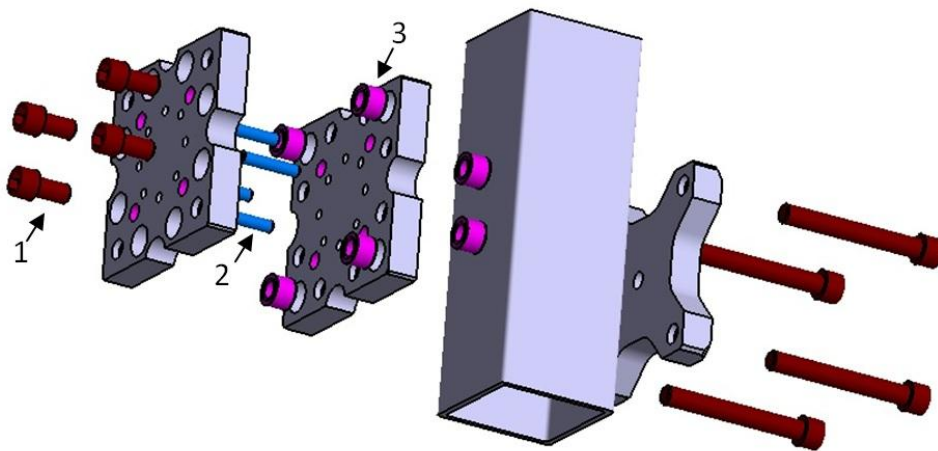


Bild 41 - Sprängskiss av *Swiss Cheese* där 1 är fixering, 2 är positionering och 3 är gängor.

### 4.3 SAMMANSTÄLLNINGSLOOP

Nedan presenteras resultaten från de två stegen i *Sammanställningsloop*.

#### 1. Konstruera konceptet

Det vinnande konceptet från *Snabb loop* och *Långsam loop* är samma, är det redan konstruerat. Se ritning i bilaga 4.

#### 2. Verifiera och utvärdera konceptet

Från mätresultaten från *Snabb loop* visas att konceptet uppfyller kraven på noggrann repeterbarhet. Dock kräver *Swiss Cheese* något längre omställningstid jämfört med koncepten framtagna av DELFOi. Under testerna upptäcktes att projektet har potential och vidareutvecklingsförslag har därför arbetats fram, se avsnitt 6.1.

## 5. ANALYS

---

I detta avsnitt analyseras resultaten från *Snabb loop*, *Långsam loop* och *Sammanställningsloop*.

### 5.1 ANALYS AV RESULTATEN FRÅN SNABB LOOP

Generella slutsatser av prototyptesterna är att samtliga koncept förutom *Zero Point* uppfyller kraven på noggrann repeterbarhet. Konzepten har dock fördelar och nackdelar relativt varandra gällande kostnad, omställningstider och användningsområde.

#### 5.1.1 SWISS CHEESE

*Swiss Cheese* uppfyller kraven på noggrann repeterbarhet, är robust, flexibel och innehåller inga specialkomponenter. Däremot innehåller konceptet många komponenter vilket leder till en längre omställningstid. Noggrannheten kan garanteras inom  $140\ \mu\text{m}$  från ursprungspositionen varav  $100\ \mu\text{m}$  beror på osäkerheterna från mätningarna. Det gick inte att verifiera att sektionsvis monteringen uppfyller kraven, se avsnitt 4.1.3.1.

Om den övre plattan inte lyfts upp helt rakt kan den låsa sig gentemot den undre på grund av att styrpinnarna hamnar snett mot den omgivande ytan. För att komma tillrätta med problemet används två skruvar som skruvas ner samtidigt för att successivt lyfta plattan rakt upp. För att inte skada den undre plattans skruvskallar placeras muttrar i dessa, se bild 42 och 43.

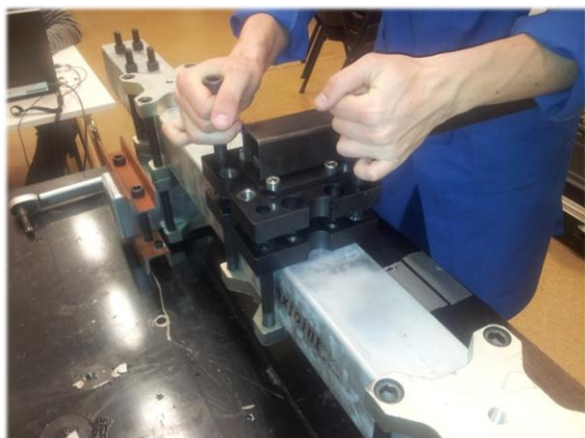


Bild 42 – Demontering av Swiss Cheese

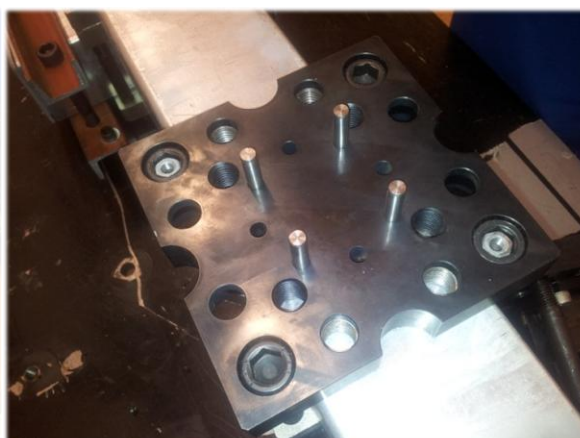


Bild 43 – muttrar placerade i skruvhuvuderna

#### 5.1.2 DELFOI'S KONCEPT

I detta avsnitt utvärderas DELFOI's koncept.

##### 5.1.2.1 BALL LOCK

*Ball Lock* uppfyller kraven på noggrann repeterbarhet vilket kan garanteras inom  $150\ \mu\text{m}$ . Det är även ett av koncepten med kortast omställningstid, detta på grund av att låsning och positionering är integrerat i samma komponent. Konzeptet anses robust trots att komponenten är avsedd för båda uppgifterna. Den kan dock påverkas av vertikala krafter mot plattan eftersom positioneringsmekaniken i komponenten då belastas, detta behöver utvärderas vidare. *Ball Lock* innehåller specialkomponenter och i nuvarande konfiguration kostar komponenterna cirka fem tusen kronor (Partille Tool Trading AB, 2013).

### 5.1.2.2 V-CUT

*V-Cut* uppfyller kraven på noggrann repeterbarhet med en liten marginal. Avvikelsen kan garanteras inom 200  $\mu\text{m}$ . Den innehåller inga specialkomponenter och har en omställningstid på ca 70 s, vilket är något längre än för *Ball Lock*. Eftersom adapterplattan endast är i kontakt med den undre plattan via punktkontakter, är risken att positioneringen skadas vid höga laster. Punktkontakterna uppkommer på grund av att positioneringsstängerna läggs i de V-formade spåren. För att avgöra hur stora laster konceptet kan utsättas för krävs det att det görs belastningstester.

### 5.1.2.3 ZERO POINT

*Zero Point* har den kortaste omställningstiden, se tabell 15. Den är lätt att montera och demontera, tyvärr uppfylls i nuläget inte kravet på noggrann repeterbarhet. Det beror på att den styrpinne som förhindrar rotation kring den egna axeln inte är robust nog. Om styrpinnen designas om är det dock troligt att den uppfyller kraven på noggrannhet. Precis som för *Ball Lock* är positionering och låsning integrerat i samma komponent, vilket möjliggör en mycket kort omställningstid. Förutsatt att styrpinnen designas om bör konceptet belastningstestas för att avgöra om den finkänsliga positioneringen är robust nog. *Zero Point* innehåller även den en specialkomponent som kostar från tio tusen kronor (Partille Tool Trading AB, 2013).

## 5.1.3 JÄMFÖRELSE MELLAN DE OLIKA KONCEPTEN

Alla testade koncept förutom *Zero Point* gav bra resultat i mättesterna. Dock har *Zero Point* potential för vidareutveckling på grund av den korta omställningstiden. Den längre omställningstiden för *Swiss Cheese* är något som skiljer den gentemot övriga koncept, här finns dock stora vidareutvecklingsmöjligheter. En fördel med *Swiss Cheese* är att den går att montera i 45° vinkel med samma noggrannhet. Den kan även monteras sektionvis, noggrannheten har dock inte kunnat verifieras.

Eftersom *BoxJoint* används i olika sorters produktion där kraven på exempelvis omställningstid och kostnader varierar. Kan det därför i nuläget inte sägas vilket koncept som värderas högst av den slutgiltiga kunden. Därför kan flera av prototyperna vara av intresse beroende på användningsområde, till exempel om omställningstiden är avgörande anses *Ball Lock* vara bäst lämpad.

### 5.1.4 VINKELN FÖR XZ-PLANET

I resultaten presenteras vinklarna för YZ-axeln och YX-axeln dock inte vinkeln för XZ-axeln. Detta eftersom vinkeln för XZ-axeln inte går att konstruera med samma metod som används till YX- och YZ-axlarna, se avsnitt 2.1.1.3. Detta eftersom de två punkterna från mätning *Typ 2* inte skiljer sig annat än i Y-led om ingen vridning förekommer. XZ-axeln skapas i så fall av mätosäkerheterna vilket gör att vinklarna blir irrelevanta. Se bild 20.

### 5.1.5 ANALYS AV MÄTTRUTINER

Resultaten som genererats av mätningarna anses tyda på att mätmetodiken fungerar väl. Ytterligare förbättringar hade varit att göra mätning *Typ 1* och *Typ 2* samtidigt. Det hade inneburit att resultaten från de båda mätningarna kunnat jämföras då de är i samma koordinatsystem, även *Axel B* kunde ha beräknats. För att utvärdera mätarmens noggrannhet kan en mätning av en montering göras många gånger, ju fler desto bättre, se avsnitt 2.1.1.1.

### 5.1.6 BELASTNINGSTESTER

Belastningstester hade gett väsentlig information om koncepten kan tillämpas i industrin. Det hade kunnat göras genom att utsätta den *Pick-up* som är monterad på adapterplattan för drag- alternativt tryckkraft. På grund av att det inte gick att säkerställa vad som rör sig vid belastning, *Pick-up* eller

adapterplatta, kunde dock inte belastningstester göras. Mätningarna hade kunnat genomföras om det hade kunnat säkerställas att *Pick-up* och adapterplatta inte kan röra sig i förhållande till varandra.

## 5.2 ANALYS AV RESULTATEN FRÅN LÅNGSAM LOOP

Det vinnande konceptet från *Långsam loop* blev Koncept A, *Swiss Cheese*. Det på grund av att den anses lösa noggrann repeterbarhet på ett bra sätt. Ur Pughmatrisen ses att även Koncept C är en lovande lösning, vilket anses vara för att det är nära besläktat med det *Swiss Cheese*. Det som skiljer koncepten åt är hur positioneringen av plattorna går till. *Swiss Cheese* använder sig av styrcylindrar och Koncept C använder sig av kilar. Lösningen med styrcylindrar anses mer noggrann än den med kilar eftersom cylindrarnas längd hjälper till att styra in plattorna till önskad position. Ytterligare en fördel med *Swiss Cheese* är att konceptet kan monteras i 45° vinkel.

## 5.3 ANALYS AV RESULTATEN FRÅN SAMMANSTÄLLNINGSLOOP

Resultaten från *Snabb loop* och *Långsam loop* ger samma vinnande koncept. Genom *Snabb loop* ses att Koncept A, *Swiss Cheese*, ger en bra noggrann repeterbarhet. Resultaten från *Långsam loop* bekräftar att konceptet håller även för en ingenjörsmässig teoretisk utvärdering.

## 6. SLUTSATS

---

Syftet med projektet var att ta fram en lösning för att uppnå noggrann repeterbarhet i BoxJoint. Frågeställningarna definierade i avsnitt 1.3 besvaras nedan med avseende på *Swiss Cheese*.

Prototyptesterna bekräftar att *Swiss Cheese* uppfyller kraven för noggrann repeterbarhet. De visar att den har en maximal spridning på  $140\ \mu\text{m}$  mellan de olika monteringsarna, vilket är väl under den satta gränsen på  $200\ \mu\text{m}$ . Med tanke på att  $100\ \mu\text{m}$  av de totala  $140\ \mu\text{m}$  beror på mätutrustningen. Om en noggrannare mätutrustning hade använts skulle den maximala spridningen troligtvis ha minskat. För att öka noggrannheten ytterligare kan plattornas styrhål och styrrpinnar tillverkas med snävare toleranser. Det skulle dock leda till ökade problem med montering och demontering, se avsnitt 5.1.1.

Konceptets utseende och utformning är kompatibelt med BoxJoints existerande komponenter. Det anses därför att *Swiss Cheese* ha goda förutsättningar för att kunna integreras i den industri som redan idag använder BoxJoint. För att öka denna enlighet ytterligare skulle man kunna anpassa kanter och hörn för att göra utseendet ännu mer likt dagens BoxJoint-produkter.

Koncepten *Ball Lock* och *V-Cut* framtagna av DELFOi uppfyller båda kraven för noggrann repeterbarhet. Resultaten visar på en maximal spridning på  $150\ \mu\text{m}$  respektive  $200\ \mu\text{m}$ , varav  $100\ \mu\text{m}$  beror på mätosäkerheten. Som diskuteras i avsnitt 5.1.2.3 är det troligt att även *Zero Point* uppfyller dessa krav förutsatt att lämpliga modifieringar sker.

Sammantaget anses syftet med projektet vara väl uppfyllt då ett koncept tagits fram och frågeställningarna har besvarats.

### 6.1 VIDAREUTVECKLINGSARBETE

För att utveckla *Swiss Cheese* ytterligare har vidareutvecklingsförslag tagits fram, som redogörs nedan.

- **Vinkelflexibilitet:** *Swiss Cheese* är tänkt att kunna monteras i andra vinklar än vad nuvarande utformning tillåter. Ett sätt att möjliggöra detta på är att ha en parameterstyrd CAD-modell där vinkeln på hålbilden enkelt ska kunna ändras.
- **Integrera *Zero Points* lösning:** För att underlätta montering och demontering skulle inspiration kunna hämtas från *Zero Point*. Genom att med tryckluft reglera fixeringen mellan platta och styrrpinne skulle omställningstiden minska, dock skulle kostnaden för konceptet öka.
- **Byta skruvar mot snabbblåsande fästen:** Byta ut skruvarna mot exempelvis komponenten Ball Lock, detta för att minska omställningstiden.
- **Förbättra demonteringsmetod:** Utveckla ett hjälpmedel för att förenkla rak demontering och undvika att plattorna snedställs.

# KÄLLFÖRTECKNING

---

Adams, Robert A och Essex, Christopher. 2010. *Calculus A complete course*. 7. Uppl. Toronto: Pearson Addison Wesley

Chalmers tekniska högskola. 2011. *Kompendium i Mätteknik*. Göteborg: TEKNOLOGTRYCK (K1-K6)

Leide, N.G. 1978. *Svetsgenspänningar och värmebehandling i samband med svetsning: konferens i Göteborg den 7 och 8 november*.

Lindstedt, Per., Burenius, Jan. 2003. *The value model: how to master product development and create unrivalled customer value*. Ödesborg: Nimba

BoxJoint. 2013.  
<http://www.boxjoint.se/BoxJoint/Software.html> (Hämtat 2013-02-15)

DELFOi. 2013.  
<http://www.delfoi.com/> (Hämtat 2013-05-15)

Halder. 2013.  
<http://www.halder.de/index.asp?s=us> (Hämtat 2013-05-05)

Jergens. 2013.  
<http://www.jergensinc.com/Index.aspx> (Hämtat 2013-05-05)

Partille Tool Trading AB. 2013. Ball Lock.  
<http://www.partille-tool.se/index.php/positionering.html> (Hämtat 2013-05-19)

Partille Tool Trading AB. 2013. Zero Point.  
<http://www.partille-tool.se/index.php/nollpunktssystem/docklock-cylinder-index-blas-1.html> (Hämtat 2013-05-19)

## BILDFÖRTECKNING

Ball Lock komponent. Bild från internet.  
[http://www.maxiloc.com.au/maxiloc\\_product.php?catid=CLS&subcatid=BALLOCC&pid=BallLock&textid=Ball%20Lock%20System](http://www.maxiloc.com.au/maxiloc_product.php?catid=CLS&subcatid=BALLOCC&pid=BallLock&textid=Ball%20Lock%20System) (Hämtad 2013-05-22)

Ball Lock ritning. Bild från internet.  
<http://www.carrlane.com/catalog/index.cfm/27625071F0B221118070C1C513E111D081B0006280B1713050245221E0107070F1A3C3B28535541> (Hämtat 2013-05-22)

BoxJoint sprängskiss. Bild från internet.  
[http://www.delfoi.com/web/web\\_swe/products/Delfoi\\_Tooling/BoxJoint/sv\\_SE/boxjoint/](http://www.delfoi.com/web/web_swe/products/Delfoi_Tooling/BoxJoint/sv_SE/boxjoint/) (Hämtat 2013-05-22)

Strängpressade aluminiumprofiler. Bild från internet  
<http://rollco.se/produkter/aluminiumprofiler/> (Hämtat 2013-05-22)

Zero Point. Bild från internet.  
<http://www.bigkaiser.com/unilock.php> (Hämtat 2013-05-22)

# BILAGOR

## 1. SPECIFIKATION MÄTARM

Mätarmen som användes var av modell 7535.



### Specifications

	Model	Measuring Range	Point Repeatability	Volumetric Accuracy	Arm Weights
75 series	7520	2.0 m / 6.6 ft.	+/- 0.016 mm / 0.0006 in.	+/- 0.023 mm / 0.0009 in.	7.7 kg / 17.0 lbs
	7525	2.5 m / 8.2 ft.	+/- 0.020 mm / 0.0008 in.	+/- 0.029 mm / 0.0011 in.	8.0 kg / 17.6 lbs
	7530	3.0 m / 9.8 ft.	+/- 0.030 mm / 0.0012 in.	+/- 0.044 mm / 0.0017 in.	8.3 kg / 18.3 lbs
	7535	3.5 m / 11.5 ft.	+/- 0.040 mm / 0.0016 in.	+/- 0.057 mm / 0.0022 in.	8.6 kg / 19.0 lbs
	7540	4.0 m / 13.1 ft.	+/- 0.055 mm / 0.0022 in.	+/- 0.069 mm / 0.0027 in.	8.9 kg / 19.6 lbs
	7545	4.5 m / 14.8 ft.	+/- 0.070 mm / 0.0028 in.	+/- 0.082 mm / 0.0032 in.	9.2 kg / 20.3 lbs

All Specifications according to B89.4.22 and VDI/VDE 2617-9

The **Point Repeatability Test** is the reference test to determine measurement arm repeatability with ball probe. The cone is in front of the machine. Points are measured from multiple approach directions. The average point and the deviation of each point to the average center are calculated. The result is the maximum range divided by two.

The **Volumetric Accuracy Test** most accurately represents the reasonable expectations for machine performance in practical measuring applications since it involves measuring a certified length standard many times in several locations and orientations and compares the resultant measurements to the actual length. The Volumetric Length Accuracy Test is the most appropriate test for determining machine accuracy and repeatability. The result is the maximum deviation of the measuring distance less the theoretical length.

### Ambient conditions

Working temperature: 0°C - 50°C (32°F – 122°F)

Storage temperature: -30° -70° C (-22°F – 158°F)

Relative humidity: 10% - 90% non-condensing

Operational elevation: 0-2000 m (0-6600 ft)

### Marks of conformity

CE Compliance: Yes

### Power requirement

Universal worldwide voltage 110V-240V

All probing specifications are achieved with a ROMER Absolute Arm mounted on a ROMER base plate or magnetic base and using a 15 mm steel ball probe with a length of 50 mm under stable environmental conditions.



## 2. DELLÖSNINGAR

För att kunna ta fram flera olika koncept delas problemet upp i tre delfunktioner; positionera, fixera och demontera. Till varje delfunktion togs det fram flera olika dellösningar. Dessa togs fram genom tidigare insamlad fakta från analysen av alternativa lösningar samt genom brainstorming. Nedan listas de olika delfunktionerna som bestämdes med tillhörande framtagna dellösningar.

### 2.1 POSITIONERA

Det finns olika sätt att positionera produkten till önskad position. Nedan beskrivs de lösningar som projektet ansågs lämpade för att lösa uppgiften:

- Pinnar
- Passbitar
- Spår
- Markeringar
- Skjutmått
- Mikrometerskruv
- Magnetism

Projektet kom fram till att det som löser delfunktionen *positionera* bäst skulle vara med hjälp av styrrpinnar alternativt passbitar. Då dessa är mångt och mycket samma typ av positioneringsmetod ansågs valet mellan styrrpinne eller passbit bero på hur man utformar det slutgiltiga konceptet.

### 2.2 FIXERA

Det finns olika sätt att fixera produkten till önskad position. Nedan beskrivs de lösningar som ansågs lämpade för att lösa uppgiften fixera

- Klämma
- Skruva
- Tejpa
- Limma

Projektet kom fram till att den bästa lösningen på delfunktionen fixera är att skruvpå grund av att det är den enklaste metoden.

### 2.3 DEMONTERA

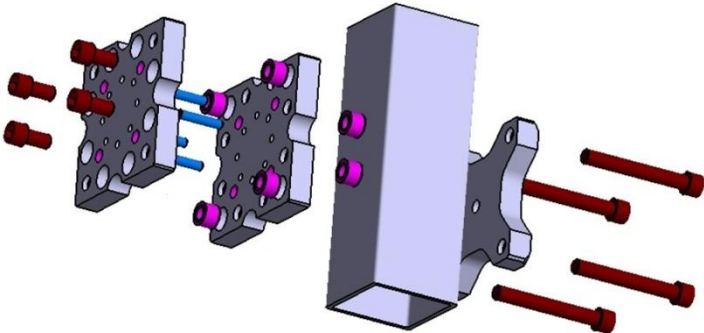
Det finns olika sätt att demontera produkten för att t.ex. kunna byta en Pick-up alternativt få åtkomst till produkten. Nedan beskrivs de lösningar som ansågs lämpade för att lösa uppgiften fixera

- Handkraft
- Kil
- Skruv/hävarm
- Klo

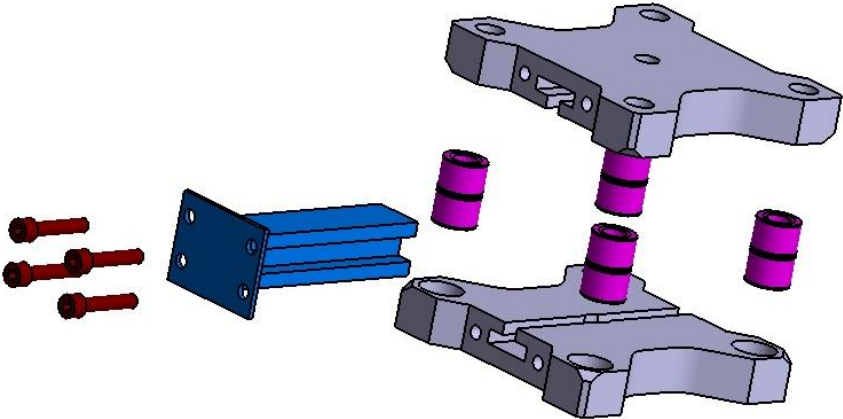
Projektet kom fram till att den bästa lösningen på delfunktionen demontera är att med handkraft montera bort detaljen. Detta på grund av att det blir smidigast att demontera bort detaljen utan att behöva extra verktyg.

### 3. KONCEPT

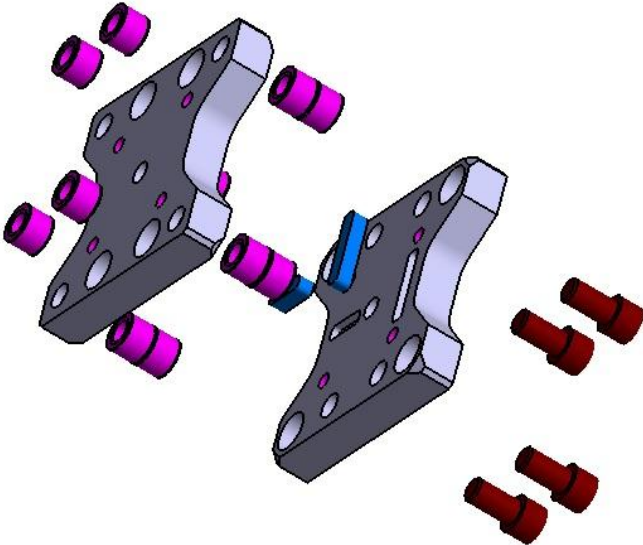
#### 3.1 KONCEPT A, SWISS CHESSE



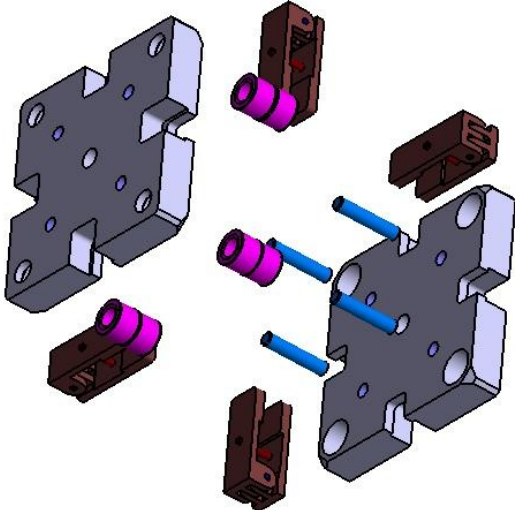
#### 3.2 KONCEPT B, T-SPÅR



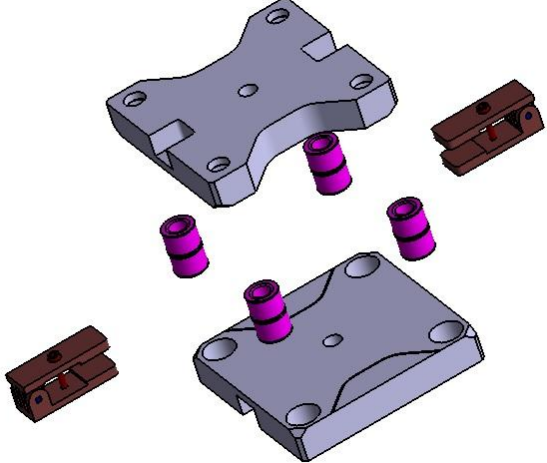
#### 3.3 KONCEPT C



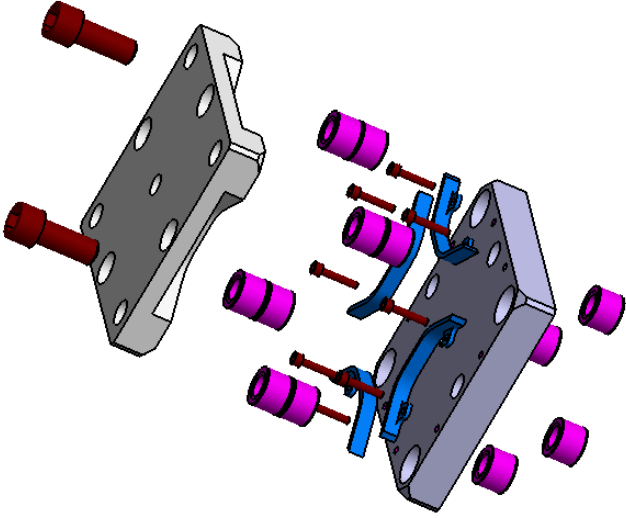
3.4 KONCEPT D



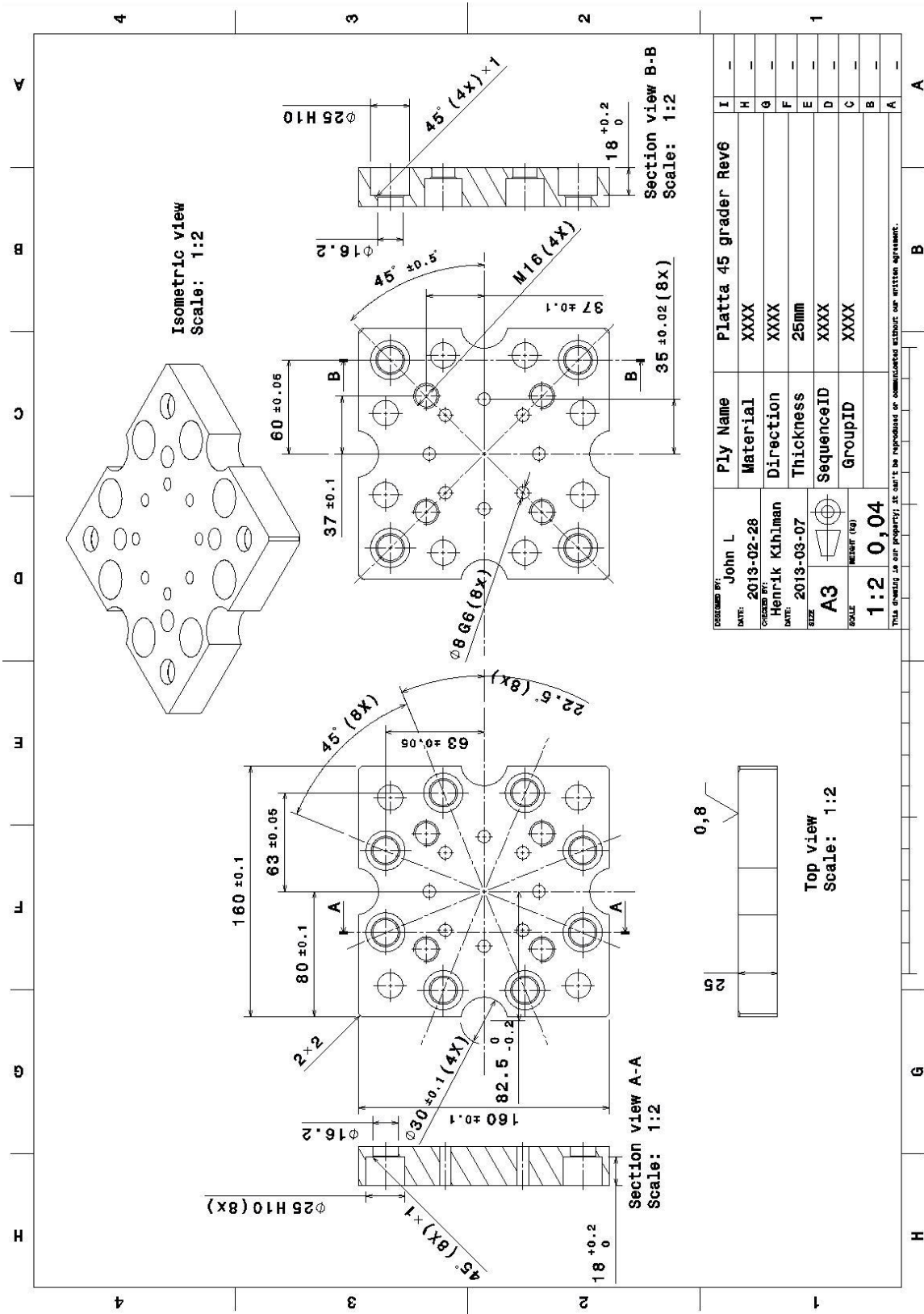
3.5 KONCEPT E



3.6 KONCEPT F



# 4. RITNING SWISS CHEESE



## 5. PUGHMATRIS

PUGHMATRIS		Koncept										Koncept med högst värde satt som referens								
		A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F							
Områden	Kriterier																			
Komplexitet	Antal komponenter	0	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	0	0	0	-	0	-	+	-
	Modifikationsgrad	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	0	0	0	-	-	+	-	-
	Tillverkningsmöjlighet	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	+	-	-
Användarvänlighet	Lättåtkomlighet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
	Lätförståeligt	0	0	0	+	+	+	+	+	-	0	0	0	0	0	-	-	-	-	0
	Enkel att montera/demontera	0	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	0	+	+	+	0	0
	Omställningshastighet	0	+	+	+	+	+	+	+	+	-	0	-	+	0	+	+	-	-	0
	Felsäkert	0	+	+	+	+	+	+	+	+	-	0	-	0	0	-	-	-	-	0
Funktion	Noggrannhet	0	-	-	-	0	-	-	0	-	-	-	-	-	0	+	-	-	-	-
	Repetierbarhet	0	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0
	Tillämpningsbarhet	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0
	Hållfasthet	0	-	0	0	0	0	0	0	0	+	-	0	-	0	0	0	0	0	-
	Tillverkningskostnad	0	-	0	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	0	-	-	-	+	-
Övrigt	Miljövänlig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Enhetligt med BoxJoint	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Representativ	Estetiskt	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-	-
	Totalt plus (+1)	0	4	3	3	4	2	4	3	4	2	4	2	0	0	3	5	0	0	0
	Totalt minus (-1)	0	6	4	8	9	9	3	4	8	9	9	6	0	0	8	7	8	8	8
	Totalt samma (0)	16	6	9	5	3	5	9	9	5	3	5	8	16	5	4	8	8	8	8
	Summa	0	-2	-1	-5	-5	-7	1	-4	0	-5	-7	-4	0	-5	-2	-8	-8	-8	-8

## 6. MÄTRESULTAT

### 6.1 SWISS CHEESE

#### 6.1.1 Mätning typ 1 – mätning på adapterplattan

<b>Swiss Cheese mätning Typ 1</b>									
<b>Position</b>	<b>Mätning</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Position</b>	<b>Mätning</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>Referens position</b>	1	-7	0	-17	<b>Montering 3</b>	1	-16	4	6
	2	-5	-6	1		2	-23	-32	4
	3	-11	-6	-4		3	-24	10	17
	4	-6	-2	1		4	-19	-13	9
	5	-3	-5	5		5	-7	4	0
	6	-2	-9	14		6	-11	-1	14
	7	-6	-4	23		7	-14	8	19
	8	-6	-2	-1		8	-12	9	3
	9	-5	-4	19		9	-6	-3	16
	10	-5	0	27		10	-3	-1	8
	<b>Medelvärde</b>	<b>-5,6</b>	<b>-3,8</b>	<b>6,8</b>		<b>Medelvärde</b>	<b>-13,5</b>	<b>-1,5</b>	<b>9,6</b>
<b>Montering 1</b>	1	-12	-29	-17	<b>Montering 4</b>	1	-23	-9	6
	2	-2	-23	-18		2	-21	12	9
	3	-11	-34	-1		3	-17	-4	5
	4	-6	-30	-6		4	-15	-2	21
	5	-4	-19	1		5	-18	-1	8
	6	-2	-25	0		6	-6	-6	11
	7	-3	-24	-3		7	-22	-3	-2
	8	-2	-27	14		8	-4	2	9
	9	3	-16	-7		9	-44	0	18
	10	-6	-28	31		10	-9	-9	11
	<b>Medelvärde</b>	<b>-4,5</b>	<b>-25,5</b>	<b>-0,6</b>		<b>Medelvärde</b>	<b>-17,9</b>	<b>-2,0</b>	<b>9,6</b>
<b>Montering 2</b>	1	-1	-6	-16	<b>Montering 5</b>	1	-15	2	1
	2	-1	-16	-7		2	-13	4	28
	3	-10	-2	-1		3	-13	-8	3
	4	-5	-13	-1		4	-14	0	-5
	5	6	-25	-2		5	-7	-4	-10
	6	-10	-7	5		6	-10	-4	-8
	7	-30	-10	2		7	-14	-1	-12
	8	-2	-14	37		8	-14	4	33
	9	-7	-10	27		9	-10	2	5
	10	-23	-12	-5		10	-5	2	4
	<b>Medelvärde</b>	<b>-8,3</b>	<b>-11,5</b>	<b>3,9</b>		<b>Medelvärde</b>	<b>-11,5</b>	<b>-0,3</b>	<b>3,9</b>

<b>Swiss Cheese mätningar Typ 1</b>									
Position	Mätning	X	Y	Z	Position	Mätning	X	Y	Z
Referens position	1	-9	-8	58	Montering 13	1	-21	2	55
	2	-5	-5	64		2	-20	-7	61
	3	-7	-9	45		3	-12	1	63
	4	-7	-10	76		4	-10	7	69
	5	-10	-10	63		5	-12	-7	57
	<b>Medelvärde</b>	<b>-7,6</b>	<b>-8,4</b>	<b>61,2</b>		<b>Medelvärde</b>	<b>-15,0</b>	<b>-0,8</b>	<b>61,0</b>
Montering 11	1	-13	-1	55	Montering 14	1	-13	-7	96
	2	-13	-8	56		2	-17	-3	67
	3	-14	-8	55		3	-20	-27	48
	4	-13	-6	68		4	-21	-18	53
	5	-12	0	50		5	-21	-11	71
	<b>Medelvärde</b>	<b>-13,0</b>	<b>-4,6</b>	<b>56,8</b>		<b>Medelvärde</b>	<b>-18,4</b>	<b>-13,2</b>	<b>67,0</b>
Montering 12	1	-14	-6	56	Montering 15	1	-21	-5	57
	2	-17	-5	78		2	-20	-11	33
	3	-10	4	64		3	-18	-6	43
	4	-15	-1	71		4	-17	-7	47
	5	-10	-7	67		5	-17	2	49
	<b>Medelvärde</b>	<b>-13,2</b>	<b>-3,0</b>	<b>67,2</b>		<b>Medelvärde</b>	<b>-18,6</b>	<b>-5,4</b>	<b>45,8</b>

<b>Swiss Cheese mätning Typ 1 - Medelvärden</b>			
Position	X	Y	Z
Referens	-5,6	-3,8	6,8
1	-4,5	-25,5	-0,6
2	-8,3	-11,5	3,9
3	-13,5	-1,5	9,6
4	-17,9	-2,0	9,6
5	-11,5	-0,3	3,9
Referens	-7,6	-8,4	61,2
11	-13,0	-4,6	56,8
12	-13,2	-3,0	67,2
13	-15,0	-0,8	61,0
14	-18,4	-13,2	67,0
15	-18,6	-5,4	45,8

<b>Swiss Cheese mätning Typ 1 - Avvikelser</b>			
Position	X	Y	Z
Referens	0,0	0,0	0,0
1	-1,1	21,7	7,4
2	2,7	7,7	2,9
3	7,9	-2,3	-2,8
4	12,3	-1,8	-2,8
5	5,9	-3,5	2,9
6	5,4	-3,8	4,4
7	5,6	-5,4	-6,0
8	7,4	-7,6	0,2
9	10,8	4,8	-5,8
10	11,0	-3,0	15,4

6.1.2 Mätning typ 2 - mätning på monterad Pick-up

Swiss Cheese mätning Typ 2									
Position	Mätning	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	YX-Vinkel	YZ-Vinkel
Referens position	1	60	30	-33	55	-21988	-37	0,0130	0,0104
	2	54	34	-50	62	-21988	-39	-0,0208	-0,0286
	3	48	19	-46	47	-21990	-30	0,0026	-0,0417
	4	48	20	-65	27	-21982	-32	0,0547	-0,0859
	5	38	20	-44	43	-21962	-42	-0,0130	-0,0052
	<b>Medelvärde</b>	<b>49,6</b>	<b>24,6</b>	<b>-47,6</b>	<b>46,8</b>	<b>-21982,0</b>	<b>-36,0</b>	<b>0,0073</b>	<b>-0,0302</b>
Montering 1	1	39	12	-25	46	-21980	-4	-0,0182	-0,0547
	2	44	9	-56	49	-21987	-49	-0,0130	-0,0182
	3	64	43	-52	57	-22004	-50	0,0182	-0,0052
	4	56	25	-46	68	-21992	-36	-0,0312	-0,0260
	5	39	50	-49	47	-22002	-47	-0,0208	-0,0052
	<b>Medelvärde</b>	<b>48,4</b>	<b>27,8</b>	<b>-45,6</b>	<b>53,4</b>	<b>-21993,0</b>	<b>-37,2</b>	<b>-0,0130</b>	<b>-0,0219</b>
Montering 2	1	48	11	-83	54	-21984	-81	-0,0156	-0,0052
	2	59	50	-48	70	-21977	-54	-0,0286	0,0156
	3	50	35	-4	61	-21979	-11	-0,0286	0,0182
	4	48	34	-48	63	-21981	-48	-0,0390	0,0000
	5	50	36	-1	61	-21992	-1	-0,0286	0,0000
	<b>Medelvärde</b>	<b>51,0</b>	<b>33,2</b>	<b>-36,8</b>	<b>61,8</b>	<b>-21982,6</b>	<b>-39,0</b>	<b>-0,0281</b>	<b>0,0057</b>
Montering 3	1	56	38	-85	56	-21966	-63	0,0000	-0,0573
	2	43	45	-86	45	-21976	-76	-0,0052	-0,0260
	3	64	60	-69	73	-21966	-72	-0,0234	0,0078
	4	6	44	-59	12	-21987	-49	-0,0156	-0,0260
	5	22	56	-93	24	-21969	-78	-0,0052	-0,0390
	<b>Medelvärde</b>	<b>38,2</b>	<b>48,6</b>	<b>-78,4</b>	<b>42,0</b>	<b>-21972,8</b>	<b>-67,6</b>	<b>-0,0099</b>	<b>-0,0281</b>
Montering 4	1	33	24	-94	53	-21998	-91	-0,0520	-0,0078
	2	48	6	-52	56	-21985	-34	-0,0208	-0,0469
	3	61	-2	-61	64	-21997	-48	-0,0078	-0,0339
	4	67	35	-6	72	-21995	-4	-0,0130	-0,0052
	5	48	28	0	45	-22007	-10	0,0078	0,0260
	<b>Medelvärde</b>	<b>51,4</b>	<b>18,2</b>	<b>-42,6</b>	<b>58,0</b>	<b>-21996,4</b>	<b>-37,4</b>	<b>-0,0172</b>	<b>-0,0135</b>
Montering 5	1	30	16	-39	35	-21972	-39	-0,0130	0,0000
	2	48	20	-20	58	-22008	-37	-0,0260	0,0442
	3	56	8	-16	47	-22000	-26	0,0234	0,0260
	4	48	6	11	48	-21990	18	0,0000	-0,0182
	5	48	25	-35	60	-22002	-33	-0,0312	-0,0052
	<b>Medelvärde</b>	<b>46,0</b>	<b>15,0</b>	<b>-19,8</b>	<b>49,6</b>	<b>-21994,4</b>	<b>-23,4</b>	<b>-0,0094</b>	<b>0,0094</b>



Montering 6	1	47	25	-52	59	-21985	-27	-0,0312	-0,0651
	2	54	49	-41	61	-21999	-29	-0,0182	-0,0312
	3	43	37	-26	44	-21996	-29	-0,0026	0,0078
	4	40	51	-29	21	-21990	-33	0,0494	0,0104
	5	53	51	-35	62	-21983	-21	-0,0234	-0,0364
	<b>Medelvärde</b>	<b>47,4</b>	<b>42,6</b>	<b>-36,6</b>	<b>49,4</b>	<b>-21990,6</b>	<b>-27,8</b>	<b>-0,0052</b>	<b>-0,0229</b>
Montering 7	1	57	29	-9	58	-21982	-1	-0,0026	-0,0208
	2	57	25	-11	48	-21989	4	0,0234	-0,0390
	3	52	36	-48	60	-21989	-47	-0,0208	-0,0026
	4	54	32	-62	57	-21981	-31	-0,0078	-0,0807
	5	50	43	-48	55	-22034	-30	-0,0130	-0,0467
	<b>Medelvärde</b>	<b>54,0</b>	<b>33,0</b>	<b>-35,6</b>	<b>55,6</b>	<b>-21995,0</b>	<b>-21,0</b>	<b>-0,0042</b>	<b>-0,0380</b>
Montering 8	1	53	29	-21	56	-21985	-14	-0,0078	-0,0182
	2	52	24	-33	52	-21978	-46	0,0000	0,0339
	3	50	36	-66	56	-21991	-59	-0,0156	-0,0182
	4	47	42	-23	50	-21980	-17	-0,0078	-0,0156
	5	43	46	-35	58	-21939	-31	-0,0391	-0,0104
	<b>Medelvärde</b>	<b>49,0</b>	<b>35,4</b>	<b>-35,6</b>	<b>54,4</b>	<b>-21974,6</b>	<b>-33,4</b>	<b>-0,0141</b>	<b>-0,0057</b>
Montering 9	1	47	44	-65	60	-21985	-78	-0,0338	0,0338
	2	55	34	-33	54	-21991	-20	0,0026	-0,0338
	3	51	40	-18	62	-21975	-8	-0,0286	-0,0260
	4	52	38	-24	51	-21967	-27	0,0026	0,0078
	5	59	51	-6	67	-21987	0	-0,0208	-0,0156
	<b>Medelvärde</b>	<b>52,8</b>	<b>41,4</b>	<b>-29,2</b>	<b>58,8</b>	<b>-21981,0</b>	<b>-26,6</b>	<b>-0,0156</b>	<b>-0,0068</b>
Montering 10	1	49	24	-48	57	-21994	-38	-0,0208	-0,0260
	2	48	26	-42	53	-21990	-47	-0,0130	0,0130
	3	44	35	-66	45	-21996	-52	-0,0026	-0,0364
	4	42	33	-43	51	-22000	-27	-0,0234	-0,0416
	5	42	32	-26	49	-21994	-7	-0,0182	-0,0494
	<b>Medelvärde</b>	<b>45,0</b>	<b>30,0</b>	<b>-45,0</b>	<b>51,0</b>	<b>-21994,8</b>	<b>-34,2</b>	<b>-0,0156</b>	<b>-0,0281</b>

<b>Swiss Cheese mätning Typ 2 - Medelvärden</b>								
<b>Position</b>	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>	<b>X2</b>	<b>Y2</b>	<b>Z2</b>	<b>YX-Vinkel</b>	<b>YZ-Vinkel</b>
<b>Referens</b>	49,6	24,6	-47,6	46,8	-21982,0	-36,0	0,0073	-0,0302
<b>1</b>	48,4	27,8	-45,6	53,4	-21993,0	-37,2	-0,0130	-0,0219
<b>2</b>	51,0	33,2	-36,8	61,8	-21982,6	-39,0	-0,0281	0,0057
<b>3</b>	38,2	48,6	-78,4	42,0	-21972,8	-67,6	-0,0099	-0,0281
<b>4</b>	51,4	18,2	-42,6	58,0	-21996,4	-37,4	-0,0172	-0,0135
<b>5</b>	46,0	15,0	-19,8	49,6	-21994,4	-23,4	-0,0094	0,0094
<b>6</b>	47,4	42,6	-36,6	49,4	-21990,6	-27,8	-0,0052	-0,0229
<b>7</b>	54,0	33,0	-35,6	55,6	-21995,0	-21,0	-0,0042	-0,0380
<b>8</b>	49,0	35,4	-35,6	54,4	-21974,6	-33,4	-0,0141	-0,0057
<b>9</b>	52,8	41,4	-29,2	58,8	-21981,0	-26,6	-0,0156	-0,0068
<b>10</b>	45,0	30,0	-45,0	51,0	-21994,8	-34,2	-0,0156	-0,0281

<b>Swiss Cheese mätning Typ 2 - Avvikelser</b>								
<b>Position</b>	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>	<b>X2</b>	<b>Y2</b>	<b>Z2</b>	<b>YX-Vinkel</b>	<b>YZ-Vinkel</b>
<b>Referens</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,0000
<b>1</b>	-1,2	3,2	2,0	6,6	-11,0	-1,2	-0,0203	0,0083
<b>2</b>	1,4	8,6	10,8	15,0	-0,6	-3,0	-0,0354	0,0359
<b>3</b>	-11,4	24,0	-30,8	-4,8	9,2	-31,6	-0,0172	0,0021
<b>4</b>	1,8	-6,4	5,0	11,2	-14,4	-1,4	-0,0245	0,0167
<b>5</b>	-3,6	-9,6	27,8	2,8	-12,4	12,6	-0,0167	0,0396
<b>6</b>	-2,2	18,0	11,0	2,6	-8,6	8,2	-0,0125	0,0073
<b>7</b>	4,4	8,4	12,0	8,8	-13,0	15,0	-0,0115	-0,0078
<b>8</b>	-0,6	10,8	12,0	7,6	7,4	2,6	-0,0213	0,0245
<b>9</b>	3,2	16,8	18,4	12,0	1,0	9,4	-0,0229	0,0234
<b>10</b>	-4,6	5,4	2,6	4,2	-12,8	1,8	-0,0229	0,0021

6.1.3 Mätning typ 2 – Swiss Cheese monterad i 45° vinkel och mätning på monterad Pick-up

Swiss Cheese med monterad i 45° - Mätningar									
Position	Mätning	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	YX-Vinkel	YZ-Vinkel
Referens position	1	21	10	18	36	-21993	14	-0,0391	0,0104
	2	24	-19	-3	28	-21983	9	-0,0104	-0,0313
	3	25	-23	2	32	-21963	14	-0,0183	-0,0313
	4	21	-12	-23	27	-21932	-18	-0,0157	-0,0131
	5	16	-10	-18	24	-21946	-8	-0,0209	-0,0261
	<b>Medelvärde</b>	<b>21,4</b>	<b>-10,8</b>	<b>-4,8</b>	<b>29,4</b>	<b>-21963,4</b>	<b>2,2</b>	<b>-0,0209</b>	<b>-0,0183</b>
Montering 1	1	35	-18	-40	38	-21944	-9	-0,0078	-0,0810
	2	-1	-3	18	-4	-21954	10	0,0078	0,0209
	3	10	-18	-3	11	-21969	0	-0,0026	-0,0078
	4	6	-27	21	11	-21982	2	-0,0130	0,0496
	5	18	-9	20	24	-21937	15	-0,0157	0,0131
	<b>Medelvärde</b>	<b>13,6</b>	<b>-15,0</b>	<b>3,2</b>	<b>16,0</b>	<b>-21957,2</b>	<b>3,6</b>	<b>-0,0063</b>	<b>-0,0010</b>
Montering 2	1	-2	2	-27	-6	-21965	-20	0,0104	-0,0183
	2	16	-7	13	15	-21983	15	0,0026	-0,0052
	3	14	-36	24	25	-21929	20	-0,0288	0,0105
	4	22	-21	21	25	-21932	32	-0,0078	-0,0288
	5	22	3	13	24	-21962	21	-0,0052	-0,0209
	<b>Medelvärde</b>	<b>14,4</b>	<b>-11,8</b>	<b>8,8</b>	<b>16,6</b>	<b>-21954,2</b>	<b>13,6</b>	<b>-0,0057</b>	<b>-0,0125</b>
Montering 3	1	20	4	14	20	-21889	13	0,0000	0,0026
	2	12	-12	-15	18	-21962	5	-0,0157	-0,0522
	3	11	-14	16	16	-21949	22	-0,0131	-0,0157
	4	21	19	-1	22	-21902	-9	-0,0026	0,0209
	5	9	-6	-9	19	-21951	3	-0,0261	-0,0313
	<b>Medelvärde</b>	<b>14,6</b>	<b>-1,8</b>	<b>1,0</b>	<b>19,0</b>	<b>-21930,6</b>	<b>6,8</b>	<b>-0,0115</b>	<b>-0,0152</b>
Montering 4	1	30	-16	21	28	-21965	30	0,0052	-0,0235
	2	20	-6	32	34	-21948	39	-0,0366	-0,0183
	3	14	-11	43	16	-21972	37	-0,0052	0,0157
	4	9	3	11	7	-21916	18	0,0052	-0,0183
	5	16	-1	16	15	-21952	24	0,0026	-0,0209
	<b>Medelvärde</b>	<b>17,8</b>	<b>-6,2</b>	<b>24,6</b>	<b>20,0</b>	<b>-21950,6</b>	<b>29,6</b>	<b>-0,0057</b>	<b>-0,0131</b>
Montering 5	1	12	-16	29	18	-21938	30	-0,0157	-0,0026
	2	29	-16	10	38	-21956	11	-0,0235	-0,0026
	3	30	-26	-23	29	-21853	-16	0,0026	-0,0184
	4	6	-15	-5	10	-21916	2	-0,0105	-0,0183
	5	15	-38	12	21	-21986	-6	-0,0157	0,0470
	<b>Medelvärde</b>	<b>18,4</b>	<b>-22,2</b>	<b>4,6</b>	<b>23,2</b>	<b>-21929,8</b>	<b>4,2</b>	<b>-0,0126</b>	<b>0,0010</b>

<b>Swiss Cheese monterad i 45° mätning Typ 1 - Medelvärden</b>								
<b>Position</b>	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>	<b>X2</b>	<b>Y2</b>	<b>Z2</b>	<b>YX-Vinkel</b>	<b>YZ-Vinkel</b>
<b>Referens</b>	21,4	-10,8	-4,8	29,4	-21963,4	2,2	-0,0209	-0,0183
<b>1</b>	13,6	-15,0	3,2	16,0	-21957,2	3,6	-0,0063	-0,0010
<b>2</b>	14,4	-11,8	8,8	16,6	-21954,2	13,6	-0,0057	-0,0125
<b>3</b>	14,6	-1,8	1,0	19,0	-21930,6	6,8	-0,0115	-0,0152
<b>4</b>	17,8	-6,2	24,6	20,0	-21950,6	29,6	-0,0057	-0,0131
<b>5</b>	18,4	-22,2	4,6	23,2	-21929,8	4,2	-0,0126	0,0010

<b>Swiss Cheese monterad i 45° mätning Typ 1 - Avvikelser</b>								
<b>Position</b>	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>	<b>X2</b>	<b>Y2</b>	<b>Z2</b>	<b>YX-Vinkel</b>	<b>YZ-Vinkel</b>
<b>Referens</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,0000
<b>1</b>	7,8	4,2	-8,0	13,4	-6,2	-1,4	0,0146	0,0172
<b>2</b>	7,0	1,0	-13,6	12,8	-9,2	-11,4	0,0151	0,0057
<b>3</b>	6,8	-9,0	-5,8	10,4	-32,8	-4,6	0,0094	0,0031
<b>4</b>	3,6	-4,6	-29,4	9,4	-12,8	-27,4	0,0151	0,0052
<b>5</b>	3,0	11,4	-9,4	6,2	-33,6	-2,0	0,0083	0,0193

6.1.4 Mätning typ 2 – Swiss Cheese monterad mellan den övre balken och de två undre. Mätning på Pick-up monterad på den övre balken, hela den övre balken demonteras och ommonteras.

Swiss Cheese sektioner mätning Typ 2							
Position	Mätning	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2
Referens position	1	0	-78	29	1	-22034	12
	2	2	-60	-18	15	-22038	-18
	3	14	-69	-30	34	-22050	-48
	4	4	-69	54	5	-22060	34
	5	9	-61	-26	10	-22079	-36
	<b>Medelvärde</b>	<b>5,8</b>	<b>-67,4</b>	<b>1,8</b>	<b>13,0</b>	<b>-22052,2</b>	<b>-11,2</b>
Montering 1	1	49	183	22	55	-21810	27
	2	55	179	-4	57	-21824	5
	3	50	193	22	57	-21832	48
	4	58	181	-27	62	-21821	-19
	5	52	182	-10	60	-21816	-23
	<b>Medelvärde</b>	<b>52,8</b>	<b>183,6</b>	<b>0,6</b>	<b>58,2</b>	<b>-21820,6</b>	<b>7,6</b>
Montering 2	1	51	186	-37	52	-21772	-40
	2	52	183	40	56	-21816	50
	3	48	168	-1	55	-21816	-13
	4	53	161	-12	66	-21804	-23
	5	50	193	14	54	-21824	-6
	<b>Medelvärde</b>	<b>50,8</b>	<b>178,2</b>	<b>0,8</b>	<b>56,6</b>	<b>-21806,4</b>	<b>-6,4</b>
Montering 3	1	65	171	0	69	-21827	-19
	2	64	174	-7	63	-21828	-27
	3	55	186	-15	65	-21813	-10
	4	51	168	21	63	-21820	13
	5	61	168	7	64	-21827	13
	<b>Medelvärde</b>	<b>59,2</b>	<b>173,4</b>	<b>1,2</b>	<b>64,8</b>	<b>-21823,0</b>	<b>-6,0</b>
Montering 4	1	-20	144	19	-13	-21834	18
	2	-24	156	29	-13	-21847	15
	3	-20	150	2	-14	-21830	-13
	4	-16	145	-7	-6	-21845	-22
	5	-18	163	4	-14	-21835	6
	<b>Medelvärde</b>	<b>-19,6</b>	<b>151,6</b>	<b>9,4</b>	<b>-12,0</b>	<b>-21838,2</b>	<b>0,8</b>
Montering 5	1	66	391	-4	87	-21612	-28
	2	71	395	0	83	-21609	-15
	3	64	380	40	82	-21602	49
	4	71	410	2	81	-21581	-23
	5	76	418	32	87	-21622	17
	<b>Medelvärde</b>	<b>69,6</b>	<b>398,8</b>	<b>14,0</b>	<b>84,0</b>	<b>-21605,2</b>	<b>0,0</b>

Montering 6	1	54	366	20	83	-21644	21
	2	61	368	49	70	-21642	35
	3	54	360	-3	68	-21640	-20
	4	60	362	37	74	-21624	24
	5	56	383	16	67	-21634	-1
	<b>Medelvärde</b>	<b>57,0</b>	<b>367,8</b>	<b>23,8</b>	<b>72,4</b>	<b>-21636,8</b>	<b>11,8</b>
Montering 7	1	32	428	8	45	-21585	17
	2	30	439	6	48	-21558	-13
	3	35	424	50	49	-21553	27
	4	35	421	19	52	-21553	0
	5	33	432	39	47	-21568	35
	<b>Medelvärde</b>	<b>33,0</b>	<b>428,8</b>	<b>24,4</b>	<b>48,2</b>	<b>-21563,4</b>	<b>13,2</b>
Montering 8	1	52	581	42	64	-21490	13
	2	53	590	19	72	-21411	17
	3	67	591	-15	80	-21431	-60
	4	55	590	59	72	-21429	34
	5	54	604	12	69	-21406	5
	<b>Medelvärde</b>	<b>56,2</b>	<b>591,2</b>	<b>23,4</b>	<b>71,4</b>	<b>-21433,4</b>	<b>1,8</b>
Montering 9	1	167	1082	22	185	-20921	3
	2	173	1106	77	185	-20920	64
	3	143	1133	5	185	-20917	-13
	4	177	1091	8	206	-20923	-7
	5	167	1089	37	198	-20936	27
	<b>Medelvärde</b>	<b>165,4</b>	<b>1100,2</b>	<b>29,8</b>	<b>191,8</b>	<b>-20923,4</b>	<b>14,8</b>
Montering 10	1	198	1207	16	225	-20806	2
	2	193	1206	6	220	-20782	-8
	3	209	1208	15	232	-20825	20
	4	206	1216	41	235	-20790	14
	5	203	1191	26	228	-20634	38
	<b>Medelvärde</b>	<b>201,8</b>	<b>1205,6</b>	<b>20,8</b>	<b>228,0</b>	<b>-20767,4</b>	<b>13,2</b>

<b>Swiss Cheese sektioner mätning Typ 2 - Medelvärden</b>						
<b>Position</b>	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>	<b>X2</b>	<b>Y2</b>	<b>Z2</b>
<b>Referens</b>	5,8	-67,4	1,8	13,0	-22052,2	-11,2
<b>1</b>	52,8	183,6	0,6	58,2	-21820,6	7,6
<b>2</b>	50,8	178,2	0,8	56,6	-21806,4	-6,4
<b>3</b>	59,2	173,4	1,2	64,8	-21823,0	-6,0
<b>4</b>	-19,6	151,6	9,4	-12,0	-21838,2	0,8
<b>5</b>	69,6	398,8	14,0	84,0	-21605,2	0,0
<b>6</b>	57,0	367,8	23,8	72,4	-21636,8	11,8
<b>7</b>	33,0	428,8	24,4	48,2	-21563,4	13,2
<b>8</b>	56,2	591,2	23,4	71,4	-21433,4	1,8
<b>9</b>	165,4	1100,2	29,8	191,8	-20923,4	14,8
<b>10</b>	201,8	1205,6	20,8	228,0	-20767,4	13,2

<b>Swiss Cheese sektioner mätning Typ 2 - Avvikelser</b>						
<b>Position</b>	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>	<b>X2</b>	<b>Y2</b>	<b>Z2</b>
<b>Referens</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>1</b>	-47,0	-251,0	1,2	-45,2	-231,6	-18,8
<b>2</b>	-45,0	-245,6	1,0	-43,6	-245,8	-4,8
<b>3</b>	-53,4	-240,8	0,6	-51,8	-229,2	-5,2
<b>4</b>	25,4	-219,0	-7,6	25,0	-214,0	-12,0
<b>5</b>	-63,8	-466,2	-12,2	-71,0	-447,0	-11,2
<b>6</b>	-51,2	-435,2	-22,0	-59,4	-415,4	-23,0
<b>7</b>	-27,2	-496,2	-22,6	-35,2	-488,8	-24,4
<b>8</b>	-50,4	-658,6	-21,6	-58,4	-618,8	-13,0
<b>9</b>	-159,6	-1167,6	-28,0	-178,8	-1128,8	-26,0
<b>10</b>	-196,0	-1273,0	-19,0	-215,0	-1284,8	-24,4

## 6.2 BALL LOCK

### 6.2.1 Mätning typ 1 - mätning på adapterplatta

<b>Ball Lock mätning Typ 1</b>									
<b>Position</b>	<b>Mätning</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Position</b>	<b>Mätning</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>Referens position</b>	1	-16	-8	-78	<b>Montering 6</b>	1	-59	40	-60
	2	-13	-16	-95		2	-34	32	-23
	3	-10	-7	-104		3	-33	30	-77
	4	-12	13	-77		4	-25	52	-68
	5	-26	-19	-80		5	-31	-25	-33
	<b>Medelvärde</b>	<b>-15,4</b>	<b>-7,4</b>	<b>-86,8</b>		<b>Medelvärde</b>	<b>-36,4</b>	<b>25,8</b>	<b>-52,2</b>
<b>Montering 1</b>	1	-32	1	-104	<b>Montering 7</b>	1	-32	18	-52
	2	-33	17	-105		2	-24	18	-50
	3	-21	13	-73		3	-33	41	-54
	4	-34	12	-99		4	-37	57	-53
	5	-18	9	-84		5	-29	27	-53
	<b>Medelvärde</b>	<b>-27,6</b>	<b>10,4</b>	<b>-93,0</b>		<b>Medelvärde</b>	<b>-31,0</b>	<b>32,2</b>	<b>-52,4</b>
<b>Montering 2</b>	1	-22	12	-83	<b>Montering 8</b>	1	-41	34	-25
	2	-33	5	-113		2	-37	53	-36
	3	-23	25	-73		3	-37	23	-56
	4	-25	28	-71		4	-31	38	-47
	5	-18	33	-70		5	-37	55	-32
	<b>Medelvärde</b>	<b>-24,2</b>	<b>20,6</b>	<b>-82,0</b>		<b>Medelvärde</b>	<b>-36,6</b>	<b>40,6</b>	<b>-39,2</b>
<b>Montering 3</b>	1	-36	16	-77	<b>Montering 9</b>	1	-37	42	-42
	2	-33	18	-110		2	-45	43	-77
	3	-20	0	-117		3	-36	44	-41
	4	-30	7	-80		4	-40	41	-43
	5	-27	14	-72		5	-33	23	-66
	<b>Medelvärde</b>	<b>-29,2</b>	<b>11,0</b>	<b>-91,2</b>		<b>Medelvärde</b>	<b>-38,2</b>	<b>38,6</b>	<b>-53,8</b>
<b>Montering 4</b>	1	-23	-21	-40	<b>Montering 10</b>	1	-44	22	-51
	2	-33	-22,5	-34		2	-42	31	-36
	3	-25	-14	-319		3	-42	8	-30
	4	-25	-36	-55		4	-32	9	-32
	5	-28	-19	-41		5	-33	41	-54
	<b>Medelvärde</b>	<b>-26,8</b>	<b>-22,5</b>	<b>-97,8</b>		<b>Medelvärde</b>	<b>-38,6</b>	<b>22,2</b>	<b>-40,6</b>
<b>Montering 5</b>	1	-22	9	-67					
	2	-24	1	-43					
	3	-16	25	-15					
	4	-24	28	-35					
	5	-23	32	-47					
	<b>Medelvärde</b>	<b>-21,8</b>	<b>19,0</b>	<b>-41,4</b>					



<b>Ball Lock mätningar Typ 1 - Medelvärden</b>			
Position	X	Y	Z
Referens	-15,4	-7,4	-86,8
1	-27,6	10,4	-93,0
2	-24,2	20,6	-82,0
3	-29,2	11,0	-91,2
4	-26,8	-22,5	-97,8
5	-21,8	19,0	-41,4
6	-36,4	25,8	-52,2
7	-31,0	32,2	-52,4
8	-36,6	40,6	-39,2
9	-38,2	38,6	-53,8
10	-38,6	22,2	-40,6

<b>Ball Lock mätningar Typ 1 - Avvikelser</b>			
Position	X	Y	Z
Referens	0,0	0,0	0,0
1	12,2	-17,8	6,2
2	8,8	-28,0	-4,8
3	13,8	-18,4	4,4
4	11,4	15,1	11,0
5	6,4	-26,4	-45,4
6	21,0	-33,2	-34,6
7	15,6	-39,6	-34,4
8	21,2	-48,0	-47,6
9	22,8	-46,0	-33,0
10	23,2	-29,6	-46,2

6.2.2 Mätning typ 2 - mätning på monterad Pick-up.

<b>Ball Lock mätning Typ 2 - Mätningar</b>									
<b>Position</b>	<b>Mätning</b>	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>	<b>X2</b>	<b>Y2</b>	<b>Z2</b>	<b>YX-Vinkel</b>	<b>YZ-Vinkel</b>
<b>Referens position</b>	1	-1	8	45	-1	-21985	21	0,0000	0,0625
	2	-9	22	51	2	-21988	44	-0,0286	0,0182
	3	-8	19	74	3	-21979	50	-0,0287	0,0625
	4	5	18	27	15	-22001	22	-0,0260	0,0130
	5	-1	17	11	5	-22003	26	-0,0156	-0,0390
	<b>Medelvärde</b>	<b>-2,8</b>	<b>16,8</b>	<b>41,6</b>	<b>4,8</b>	<b>-21991,2</b>	<b>32,6</b>	<b>-0,0198</b>	<b>0,0234</b>
<b>Montering 1</b>	1	31	23	-9	42	-21971	-24	-0,0287	0,0391
	2	-1	-15	28	3	-21984	35	-0,0104	-0,0183
	3	-2	37	43	5	-21981	48	-0,0182	-0,0130
	4	17	37	22	24	-21978	26	-0,0182	-0,0104
	5	7	48	18	17	-21974	3	-0,0260	0,0390
	<b>Medelvärde</b>	<b>10,4</b>	<b>26,0</b>	<b>20,4</b>	<b>18,2</b>	<b>-21977,6</b>	<b>17,6</b>	<b>-0,0203</b>	<b>0,0073</b>
<b>Montering 2</b>	1	-2	25	10	1	-21985	15	-0,0078	-0,0130
	2	-6	48	49	8	-21967	41	-0,0364	0,0208
	3	-4	35	4	6	-21972	-3	-0,0260	0,0182
	4	-3	26	17	10	-21986	24	-0,0338	-0,0182
	5	8	38	38	10	-21976	27	-0,0052	0,0286
	<b>Medelvärde</b>	<b>-1,4</b>	<b>34,4</b>	<b>23,6</b>	<b>7,0</b>	<b>-21977,2</b>	<b>20,8</b>	<b>-0,0219</b>	<b>0,0073</b>
<b>Montering 3</b>	1	6	30	-1	19	-21993	3	-0,0338	-0,0104
	2	13	4	16	20	-21996	23	-0,0182	-0,0182
	3	16	-1	27	31	-22009	23	-0,0391	0,0104
	4	-2	12	12	11	-21985	11	-0,0339	0,0026
	5	16	18	36	22	-21989	38	-0,0156	-0,0052
	<b>Medelvärde</b>	<b>9,8</b>	<b>12,6</b>	<b>18,0</b>	<b>20,6</b>	<b>-21994,4</b>	<b>19,6</b>	<b>-0,0281</b>	<b>-0,0042</b>
<b>Montering 4</b>	1	12	0	11	13	-22003	10	-0,0026	0,0026
	2	2	8	19	13	-21990	5	-0,0287	0,0365
	3	11	22	12	12	-22005	17	-0,0026	-0,0130
	4	6	17	34	17	-22007	36	-0,0286	-0,0052
	5	15	25	-7	22	-22004	-2	-0,0182	-0,0130
	<b>Medelvärde</b>	<b>9,2</b>	<b>14,4</b>	<b>13,8</b>	<b>15,4</b>	<b>-22001,8</b>	<b>13,2</b>	<b>-0,0161</b>	<b>0,0016</b>
<b>Montering 5</b>	1	-11	48	15	13	-21978	26	-0,0624	-0,0286
	2	1	43	-4	6	-21964	3	-0,0130	-0,0182
	3	15	57	-1	27	-21966	-3	-0,0312	0,0052
	4	3	41	-6	2	-21973	3	0,0026	-0,0234
	5	7	43	1	9	-21979	-1	-0,0052	0,0052
	<b>Medelvärde</b>	<b>3,0</b>	<b>46,4</b>	<b>1,0</b>	<b>11,4</b>	<b>-21972</b>	<b>5,6</b>	<b>-0,0219</b>	<b>-0,0120</b>

Montering 6	1	7	25	-9	14	-21990	4	-0,0182	-0,0338
	2	2	39	13	10	-21991	27	-0,0208	-0,0364
	3	-3	20	9	6	-21985	27	-0,0234	-0,0469
	4	13	31	29	17	-21984	25	-0,0104	0,0104
	5	5	28	13	11	-21994	9	-0,0156	0,0104
	<b>Medelvärde</b>	<b>4,8</b>	<b>28,6</b>	<b>11,0</b>	<b>11,6</b>	<b>-21988,8</b>	<b>18,4</b>	<b>-0,0177</b>	<b>-0,0193</b>
Montering 7	1	5	23	11	10	-21976	19	-0,0130	-0,0208
	2	1	15	-34	9	-21940	-22	-0,0209	-0,0313
	3	3	27	-16	21	-21980	-13	-0,0469	-0,0078
	4	-2	18	29	13	-21993	19	-0,0390	0,0260
	5	6	11	10	13	-21997	2	-0,0182	0,0208
	<b>Medelvärde</b>	<b>2,6</b>	<b>18,8</b>	<b>0,0</b>	<b>13,2</b>	<b>-21977,2</b>	<b>1,0</b>	<b>-0,0276</b>	<b>-0,0026</b>
Montering 8	1	4	14	19	13	-22006	18	-0,0234	0,0026
	2	7	31	-6	12	-21997	-14	-0,0130	0,0208
	3	2	19	0	7	-22001	8	-0,0130	-0,0208
	4	-17	34	-22	68	-22004	-23	-0,2210	0,0026
	5	4	15	-10	6	-22003	0	-0,0052	-0,0260
	<b>Medelvärde</b>	<b>0,0</b>	<b>22,6</b>	<b>-3,8</b>	<b>21,2</b>	<b>-22002,2</b>	<b>-2,2</b>	<b>-0,0552</b>	<b>-0,0042</b>
Montering 9	1	18	42	-19	11	-21955	-10	0,0182	-0,0234
	2	-14	30	4	3	-21979	20	-0,0443	-0,0417
	3	9	28	-31	9	-21966	-25	0,0000	-0,0156
	4	-2	44	18	9	-21980	0	-0,0286	0,0468
	5	8	19	17	10	-21969	7	-0,0052	0,0261
	<b>Medelvärde</b>	<b>3,8</b>	<b>32,6</b>	<b>-2,2</b>	<b>8,4</b>	<b>-21969,8</b>	<b>-1,6</b>	<b>-0,0120</b>	<b>-0,0016</b>
Montering 10	1	-4	50	-4	6	-21959	15	-0,0260	-0,0495
	2	1	54	-6	9	-21958	4	-0,0208	-0,0260
	3	9	48	12	16	-21958	-17	-0,0182	0,0755
	4	5	40	12	13	-21975	1	-0,0208	0,0286
	5	4	46	31	14	-21966	47	-0,0260	-0,0416
	<b>Medelvärde</b>	<b>3,0</b>	<b>47,6</b>	<b>9,0</b>	<b>11,6</b>	<b>-21963,2</b>	<b>10,0</b>	<b>-0,0224</b>	<b>-0,0026</b>

<b>Ball Lock mätning Typ 2 - Medelvärden</b>								
Position	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	YX-Vinkel	YZ-Vinkel
<b>Referens</b>	-2,8	16,8	41,6	4,8	-21991,2	32,6	-0,0198	0,0234
<b>1</b>	10,4	26,0	20,4	18,2	-21977,6	17,6	-0,0203	0,0073
<b>2</b>	-1,4	34,4	23,6	7,0	-21977,2	20,8	-0,0219	0,0073
<b>3</b>	9,8	12,6	18,0	20,6	-21994,4	19,6	-0,0281	-0,0042
<b>4</b>	9,2	14,4	13,8	15,4	-22001,8	13,2	-0,0161	0,0016
<b>5</b>	3,0	46,4	1,0	11,4	-21972,0	5,6	-0,0219	-0,0120
<b>6</b>	4,8	28,6	11,0	11,6	-21988,8	18,4	-0,0177	-0,0193
<b>7</b>	2,6	18,8	0,0	13,2	-21977,2	1,0	-0,0276	-0,0026
<b>8</b>	0,0	22,6	-3,8	21,2	-22002,2	-2,2	-0,0552	-0,0042
<b>9</b>	3,8	32,6	-2,2	8,4	-21969,8	-1,6	-0,0120	-0,0016
<b>10</b>	3,0	47,6	9,0	11,6	-21963,2	10,0	-0,0224	-0,0026

<b>Ball Lock mätning Typ 2 - Avvikelser</b>								
Position	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	YX-Vinkel	YZ-Vinkel
<b>Referens</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,0000
<b>1</b>	13,2	9,2	-21,2	13,4	13,6	-15,0	-0,0005	-0,0161
<b>2</b>	1,4	17,6	-18,0	2,2	14,0	-11,8	-0,0021	-0,0161
<b>3</b>	12,6	-4,2	-23,6	15,8	-3,2	-13,0	-0,0083	-0,0276
<b>4</b>	12,0	-2,4	-27,8	10,6	-10,6	-19,4	0,0037	-0,0219
<b>5</b>	5,8	29,6	-40,6	6,6	19,2	-27,0	-0,0021	-0,0354
<b>6</b>	7,6	11,8	-30,6	6,8	2,4	-14,2	0,0021	-0,0427
<b>7</b>	5,4	2,0	-41,6	8,4	14,0	-31,6	-0,0078	-0,0260
<b>8</b>	2,8	5,8	-45,4	16,4	-11,0	-34,8	-0,0354	-0,0276
<b>9</b>	6,6	15,8	-43,8	3,6	21,4	-34,2	0,0078	-0,0250
<b>10</b>	5,8	30,8	-32,6	6,8	28,0	-22,6	-0,0026	-0,0260

## 6.3 V-CUT

### 6.3.1 Montering typ 1 - mätning på adapterplattan

V-Cut mätning Typ 1									
Position	Mätning	X	Y	Z	Position	Mätning	X	Y	Z
Referens position	1	-17	32	-11	Montering 6	1	-4	55	1
	2	-16	36	-14		2	-14	6	33
	3	-14	16	5		3	-19	18	-4
	4	-15	33	-22		4	-27	27	-10
	5	-17	18	-8		5	-27	15	7
	Medelvärde	-15,8	27,0	-10,0		Medelvärde	-18,2	24,2	5,4
Montering 1	1	-26	16	7	Montering 7	1	-17	-1	3
	2	-2	12	2		2	-45	36	-19
	3	-17	30	1		3	-27	67	4
	4	-28	22	12		4	-10	9	-3
	5	-14	8	-9		5	31	32	-7
	Medelvärde	-17,4	17,6	2,6		Medelvärde	-13,6	28,6	-4,4
Montering 2	1	-5	4	5	Montering 8	1	-13	34	13
	2	-19	13	-1		2	-12	38	-6
	3	-13	32	4		3	-23	54	-9
	4	-24	21	2		4	-41	17	-9
	5	-14	22	-3		5	23	61	33
	Medelvärde	-15,0	18,4	1,4		Medelvärde	-13,2	40,8	4,4
Montering 3	1	7	28	-27	Montering 9	1	-22	60	-8
	2	-24	50	0		2	-35	24	-9
	3	-24	37	-13		3	-13	19	-6
	4	-24	26	-5		4	-19	12	0
	5	-11	16	5		5	-21	40	7
	Medelvärde	-15,2	31,4	-8,0		Medelvärde	-22,0	31,0	-3,2
Montering 4	1	82	22	14	Montering 10	1	-16	21	23
	2	-17	23	0		2	-26	40	33
	3	-19	39	-4		3	-20	78	11
	4	-25	34	-1		4	-7	78	8
	5	-21	31	-18		5	-28	40	3
	Medelvärde	0,0	29,8	-1,8		Medelvärde	-19,4	51,4	15,6
Montering 5	1	-15	53	8					
	2	-23	78	-2					
	3	-43	74	22					
	4	5	59	-10					
	5	-14	45	12					
	Medelvärde	-18,0	61,8	6,0					

<b>V-Cutmätning Typ 1 - Medelvärden</b>			
<b>Position</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>Referens</b>	-15,8	27,0	-10,0
<b>1</b>	-17,4	17,6	2,6
<b>2</b>	-15,0	18,4	1,4
<b>3</b>	-15,2	31,4	-8,0
<b>4</b>	0,0	29,8	-1,8
<b>5</b>	-18,0	61,8	6,0
<b>6</b>	-18,2	24,2	5,4
<b>7</b>	-13,6	28,6	-4,4
<b>8</b>	-13,2	40,8	4,4
<b>9</b>	-22,0	31,0	-3,2
<b>10</b>	-19,4	51,4	15,6

<b>V-Cutmätning Typ 1 - Avvikelser</b>			
<b>Position</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>Referens</b>	0,0	0,0	0,0
<b>1</b>	1,6	9,4	-12,6
<b>2</b>	-0,8	8,6	-11,4
<b>3</b>	-0,6	-4,4	-2,0
<b>4</b>	-15,8	-2,8	-8,2
<b>5</b>	2,2	-34,8	-16,0
<b>6</b>	2,4	2,8	-15,4
<b>7</b>	-2,2	-1,6	-5,6
<b>8</b>	-2,6	-13,8	-14,4
<b>9</b>	6,2	-4,0	-6,8
<b>10</b>	3,6	-24,4	-25,6

### 6.3.2 Mätning typ 2 – mätning på monterad Pick-up

V-Cut mätning Typ 2									
Position	Mätning	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	YX-Vinkel	YZ-Vinkel
Referens position	1	-9	29	18	-5	-21972	27	-0,0104	-0,0234
	2	0	22	-2	-7	-21959	-1	0,0182	-0,0026
	3	-10	16	0	-1	-21972	7	-0,0235	-0,0182
	4	-14	21	-61	-10	-21985	-24	-0,0104	-0,0963
	5	-9	37	-4	-3	-21990	6	-0,0156	-0,0260
	<b>Medelvärde</b>	<b>-8,4</b>	<b>25,0</b>	<b>-9,8</b>	<b>-5,2</b>	<b>-21975,6</b>	<b>3,0</b>	<b>-0,0083</b>	<b>-0,0333</b>
Montering 1	1	-339	-50	-17	-339	-22040	-19	0,0000	0,0052
	2	-339	-51	25	-345	-22031	32	0,0156	-0,0182
	3	-338	-33	9	-337	-22020	-1	-0,0026	0,0261
	4	-341	-37	4	-338	-22034	-7	-0,0078	0,0287
	5	-340	-37	47	-336	-22036	20	-0,0104	0,0703
	<b>Medelvärde</b>	<b>-339,4</b>	<b>-41,6</b>	<b>13,6</b>	<b>-339,0</b>	<b>-22032,2</b>	<b>5,0</b>	<b>-0,0010</b>	<b>0,0224</b>
Montering 2	1	-337	-50	18	-333	-22029	-12	-0,0104	0,0782
	2	-341	-33	2	-332	-22019	1	-0,0235	0,0026
	3	-332	-26	36	-336	-22038	10	0,0104	0,0677
	4	-335	-43	34	-338	-22029	19	0,0078	0,0391
	5	-342	-34	-6	-345	-22042	-38	0,0078	0,0833
	<b>Medelvärde</b>	<b>-337,4</b>	<b>-37,2</b>	<b>16,8</b>	<b>-336,8</b>	<b>-22031,4</b>	<b>-4,0</b>	<b>-0,0016</b>	<b>0,0542</b>
Montering 3	1	-347	6	9	-336	-22001	7	-0,0286	0,0052
	2	-344	-23	6	-337	-21999	-2	-0,0183	0,0209
	3	-343	-15	-11	-338	-21991	-2	-0,0130	-0,0235
	4	-343	-2	3	-339	-22005	-3	-0,0104	0,0156
	5	-341	-2	-1	-335	-22002	6	-0,0156	-0,0182
	<b>Medelvärde</b>	<b>-343,6</b>	<b>-7,2</b>	<b>1,2</b>	<b>-337,0</b>	<b>-21999,6</b>	<b>1,2</b>	<b>-0,0172</b>	<b>0,0000</b>
Montering 4	1	-343	3	18	-343	-22000	-6	0,0000	0,0625
	2	-346	-7	16	-337	-21992	-3	-0,0235	0,0495
	3	-340	1	19	-338	-21986	-13	-0,0052	0,0834
	4	-345	-17	-6	-335	-22000	-1	-0,0261	-0,0130
	5	-342	-12	18	-335	-21993	35	-0,0182	-0,0443
	<b>Medelvärde</b>	<b>-343,2</b>	<b>-6,4</b>	<b>13,0</b>	<b>-337,6</b>	<b>-21994,2</b>	<b>2,4</b>	<b>-0,0146</b>	<b>0,0276</b>
Montering 5	1	-346	-26	-18	-348	-21934	-16	0,0052	-0,0052
	2	-351	-40	7	-346	-21971	13	-0,0131	-0,0157
	3	-345	-33	10	-339	-22003	10	-0,0156	0,0000
	4	-347	-27	-22	-345	-21990	-17	-0,0052	-0,0130
	5	-332	0	2	-335	-22002	9	0,0078	-0,0182
	<b>Medelvärde</b>	<b>-344,2</b>	<b>-25,2</b>	<b>-4,2</b>	<b>-342,6</b>	<b>-21980,0</b>	<b>-0,2</b>	<b>-0,0042</b>	<b>-0,0104</b>

Montering 6	1	-339	-35	-15	-335	-22025	-29	-0,0104	0,0365
	2	-338	-64	26	-339	-22037	35	0,0026	-0,0235
	3	-343	-45	6	-351	-22035	-2	0,0208	0,0208
	4	-350	-39	16	-340	-22024	18	-0,0261	-0,0052
	5	-342	-68	-3	-332	-22024	-5	-0,0261	0,0052
	<b>Medelvärde</b>	<b>-342,4</b>	<b>-50,2</b>	<b>6,0</b>	<b>-339,4</b>	<b>-22029,0</b>	<b>3,4</b>	<b>-0,0078</b>	<b>0,0068</b>
Montering 7	1	-334	-60	1	-338	-22044	-7	0,0104	0,0208
	2	-331	-76	14	-336	-22058	20	0,0130	-0,0156
	3	-345	-88	32	-344	-22053	34	-0,0026	-0,0052
	4	-339	-62	14	-339	-22067	-1	0,0000	0,0391
	5	-339	-75	7	-341	-22062	-7	0,0052	0,0365
	<b>Medelvärde</b>	<b>-337,6</b>	<b>-72,2</b>	<b>13,6</b>	<b>-339,6</b>	<b>-22056,8</b>	<b>7,8</b>	<b>0,0052</b>	<b>0,0151</b>
Montering 8	1	-338	-51	-38	-337	-22050	-40	-0,0026	0,0052
	2	-325	-74	11	-330	-22034	10	0,0130	0,0026
	3	-341	-43	-2	-343	-22048	-4	0,0052	0,0052
	4	-333	-46	17	-332	-22051	15	-0,0026	0,0052
	5	-328	-34	2	-333	-22054	3	0,0130	-0,0026
	<b>Medelvärde</b>	<b>-333,0</b>	<b>-49,6</b>	<b>-2,0</b>	<b>-335,0</b>	<b>-22047,4</b>	<b>-3,2</b>	<b>0,0052</b>	<b>0,0031</b>
Montering 9	1	-352	7	-6	-340	-22009	-18	-0,0312	0,0312
	2	-346	9	4	-338	-21998	-16	-0,0208	0,0521
	3	-340	2	25	-333	-22018	35	-0,0182	-0,0260
	4	-338	-13	13	-335	-21996	3	-0,0078	0,0261
	5	-331	-18	-3	-333	-22006	-6	0,0052	0,0078
	<b>Medelvärde</b>	<b>-341,4</b>	<b>-2,6</b>	<b>6,6</b>	<b>-335,8</b>	<b>-22005,4</b>	<b>-0,4</b>	<b>-0,0146</b>	<b>0,0182</b>
Montering 10	1	-336	-51	31	-329	-22065	15	-0,0182	0,0416
	2	-342	-65	33	-349	-22058	32	0,0182	0,0026
	3	-333	-73	38	-333	-22059	38	0,0000	0,0000
	4	-335	-57	5	-327	-22054	-8	-0,0208	0,0339
	5	-323	-67	34	-324	-22052	38	0,0026	-0,0104
	<b>Medelvärde</b>	<b>-333,8</b>	<b>-62,6</b>	<b>28,2</b>	<b>-332,4</b>	<b>-22057,6</b>	<b>23,0</b>	<b>-0,0036</b>	<b>0,0135</b>



<b>V-Cut mätning Typ 2 - Medelvärden</b>								
<b>Position</b>	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>	<b>X2</b>	<b>Y2</b>	<b>Z2</b>	<b>YX-Vinkel</b>	<b>YZ-Vinkel</b>
<b>Referens</b>	-8,4	25,0	-9,8	-5,2	-21975,6	3,0	-0,0083	-0,0333
<b>1</b>	-339,4	-41,6	13,6	-339,0	-22032,2	5,0	-0,0010	0,0224
<b>2</b>	-337,4	-37,2	16,8	-336,8	-22031,4	-4,0	-0,0016	0,0542
<b>3</b>	-343,6	-7,2	1,2	-337,0	-21999,6	1,2	-0,0172	0,0000
<b>4</b>	-343,2	-6,4	13,0	-337,6	-21994,2	2,4	-0,0146	0,0276
<b>5</b>	-344,2	-25,2	-4,2	-342,6	-21980,0	-0,2	-0,0042	-0,0104
<b>6</b>	-342,4	-50,2	6,0	-339,4	-22029,0	3,4	-0,0078	0,0068
<b>7</b>	-337,6	-72,2	13,6	-339,6	-22056,8	7,8	0,0052	0,0151
<b>8</b>	-333,0	-49,6	-2,0	-335,0	-22047,4	-3,2	0,0052	0,0031
<b>9</b>	-341,4	-2,6	6,6	-335,8	-22005,4	-0,4	-0,0146	0,0182
<b>10</b>	-333,8	-62,6	28,2	-332,4	-22057,6	23,0	-0,0036	0,0135

<b>V-Cut mätning Typ 2- Avvikelser</b>								
<b>Position</b>	<b>X1</b>	<b>Y1</b>	<b>Z1</b>	<b>X2</b>	<b>Y2</b>	<b>Z2</b>	<b>YX-Vinkel</b>	<b>YZ-Vinkel</b>
<b>Referens</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0000	0,0000
<b>1</b>	331,0	66,6	-23,4	333,8	56,6	-2,0	0,0073	0,0557
<b>2</b>	329,0	62,2	-26,6	331,6	55,8	7,0	0,0068	0,0875
<b>3</b>	335,2	32,2	-11,0	331,8	24,0	1,8	-0,0089	0,0333
<b>4</b>	334,8	31,4	-22,8	332,4	18,6	0,6	-0,0063	0,0610
<b>5</b>	335,8	50,2	-5,6	337,4	4,4	3,2	0,0042	0,0229
<b>6</b>	334,0	75,2	-15,8	334,2	53,4	-0,4	0,0005	0,0401
<b>7</b>	329,2	97,2	-23,4	334,4	81,2	-4,8	0,0135	0,0485
<b>8</b>	324,6	74,6	-7,8	329,8	71,8	6,2	0,0135	0,0365
<b>9</b>	333,0	27,6	-16,4	330,6	29,8	3,4	-0,0062	0,0516
<b>10</b>	325,4	87,6	-38,0	327,2	82,0	-20,0	0,0047	0,0469

## 6.4 ZERO POINT

### 6.4.1 Mätning typ 1 – mätning direkt på adapterplatta

Zero Point mätning Typ 1									
Position	Mätning	X	Y	Z	Position	Mätning	X	Y	Z
Referens position	1	27	-24	-12	Montering 6	1	39	-26	2
	2	12	-54	-3		2	36	-23	2
	3	19	-35	6		3	31	-45	2
	4	38	-19	-4		4	41	-41	-2
	5	15	-29	16		5	19	-38	3
	Medelvärde	22,2	-32,2	0,6		Medelvärde	33,2	-34,6	1,4
Montering 1	1	25	-25	17	Montering 7	1	43	47	-1
	2	30	-34	11		2	21	-32	-1
	3	31	-18	-11		3	5	-53	10
	4	14	-29	16		4	36	-50	7
	5	28	-42	12		5	45	-42	5
	Medelvärde	25,6	-29,6	9,0		Medelvärde	30,0	-26,0	4,0
Montering 2	1	18	-42	3	Montering 8	1	13	-36	-2
	2	14	-20	-10		2	25	-31	12
	3	37	-19	-5		3	31	-54	20
	4	37	-26	-10		4	19	-37	29
	5	37	-61	11		5	13	-38	6
	Medelvärde	28,6	-33,6	-2,2		Medelvärde	20,2	-39,2	13,0
Montering 3	1	30	1	12	Montering 9	1	31	-47	1
	2	-10	-30	-3		2	18	-35	11
	3	39	-5	15		3	22	-39	16
	4	41	-40	0		4	21	-29	15
	5	22	-42	2		5	50	-12	2
	Medelvärde	24,4	-23,2	5,2		Medelvärde	28,4	-32,4	9,0
Montering 4	1	38	-32	-30	Montering 10	1	38	-29	1
	2	7	-18	0		2	27	-38	5
	3	16	-23	-3		3	20	-54	-13
	4	19	-13	55		4	17	-53	15
	5	34	81	38		5	20	-54	-12
	Medelvärde	22,8	-1,0	12,0		Medelvärde	24,4	-45,6	-0,8
Montering 5	1	16	-9	0					
	2	130	-18	14					
	3	42	-47	14					
	4	20	-39	-2					
	5	95	-34	-8					
	Medelvärde	60,6	-29,4	3,6					

<b>Zero Point mätning Typ 1 - Medelvärden</b>			
<b>Position</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>Referens</b>	22,2	-32,2	0,6
<b>1</b>	25,6	-29,6	9,0
<b>2</b>	28,6	-33,6	-2,2
<b>3</b>	24,4	-23,2	5,2
<b>4</b>	22,8	-1,0	12,0
<b>5</b>	60,6	-29,4	3,6
<b>6</b>	33,2	-34,6	1,4
<b>7</b>	30,0	-26,0	4,0
<b>8</b>	20,2	-39,2	13,0
<b>9</b>	28,4	-32,4	9,0
<b>10</b>	24,4	-45,6	-0,8

<b>Zero Point mätning Typ 1 - Avvikelser</b>			
<b>Position</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
<b>Referens</b>	0,0	0,0	0,0
<b>1</b>	-3,4	-2,6	-8,4
<b>2</b>	-6,4	1,4	2,8
<b>3</b>	-2,2	-9,0	-4,6
<b>4</b>	-0,6	-31,2	-11,4
<b>5</b>	-38,4	-2,8	-3,0
<b>6</b>	-11,0	2,4	-0,8
<b>7</b>	-7,8	-6,2	-3,4
<b>8</b>	2,0	7,0	-12,4
<b>9</b>	-6,2	0,2	-8,4
<b>10</b>	-2,2	13,4	1,4