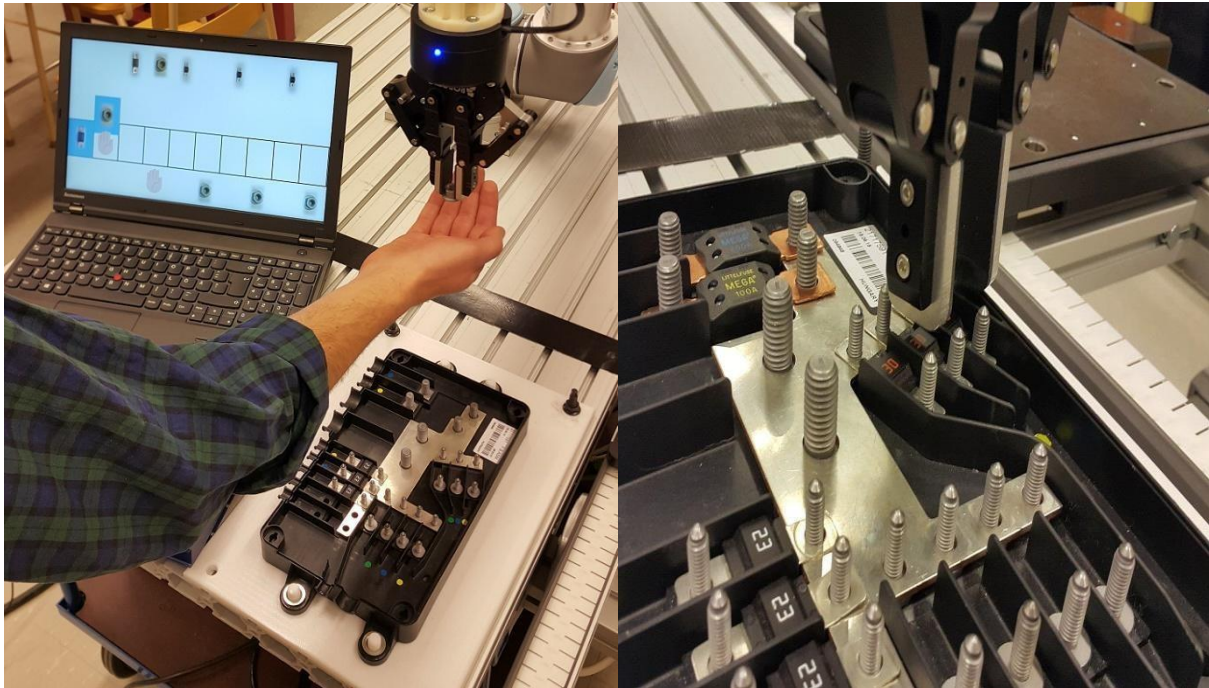




# CHALMERS

---



## **MONTÖR – COBOT KOMMUNIKATION**

**Demonstration och utvärdering av kommunikation mellan montör och cobot i montering.**

**Examensarbete inom maskinteknik**

**Anton Fritzson  
Oskar Enoksson**

---

Avdelningen för produkt- och produktionsutveckling

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige, 2018



## **Förord**

Detta examensarbete har genomförts vid Chalmers tekniska högskola av högskolestudenterna Anton Fritzson och Oskar Enoksson. Bakom projektet står examinator Åsa Fasth-Berglund samt projektets handledare Sandra Mattson och Magnus Åkerman. Arbetet har genomförts i samarbete med Volvo Lastvagnar där Mikael Granbom varit värdefull företagskontakt som bidragit med material, feedback och kontakter. Ett stort tack riktas till samtliga inblandade som bidragit med stöd och kunskap till detta examensarbete.



## Sammanfattning

Detta projekt utförs i samarbete mellan Chalmers Tekniska Högskola och Volvo Lastvagnar. Ett tidigare arbete har skapat en kollaborativ arbetsstation med syfte att utveckla produktionen och studera interaktion mellan montör och cobot. Avsikten med detta påbyggnadsprojekt är att skapa mer trygghet hos montören genom att utforska och demonstrera tydligare kommunikation. Projektet avser besvara frågeställningen:

*“Hur kan kommunikationen mellan människa och cobot se ut för att skapa trygghet hos människan?”*

Projektet grundas i en observationsstudie vars resultat används som underlag till utformningen av en ny arbetsstation med en cobot. Snabb och enkel kommunikation i form av gester och kroppsspråk användes av montörer i verklig produktion för avstämning av intention och taktid. Detta ansågs vara en mycket viktig faktor att använda vid den nya kollaborativa arbetsstationen.

Som stöd till den nya arbetsstationen skapas ett gränssnitt på en skärm som visar cobotens handlingar. På skärmen animeras cobotens program samtidigt som det utförs på ett enkelt sätt och fungerar som översikt och stöd för montören. Den kollaborativa arbetsstation testades av ett antal personer som utförde arbetet och deras upplevelse utvärderades genom intervjuer och diskussion. Det framgick av dessa tester och efterföljande intervjuer att ett grafiskt gränssnitt skapade trygghet hos montören och kunde användas för att visa cobotens intention och takt. Vid överlämningar av material från coboten till montören uppstod ibland stress och montören tappade takten. Därför rekommenderas att sådana överlämningar görs mer flexibla genom en signal från montören som då får mer inflytande över arbetstakten.



## Summary

This project is carried out in collaboration between Chalmers University of Technology and Volvo Trucks. A previous project has created a collaborative workstation with the purpose of developing production and studying interaction between operator and cobot. The purpose of this follow-up project is to create more comfort for the operator by exploring and demonstrating better communication. This project intends to answer the following question:

*"How can communication between operator and cobot look to create comfort for the operator?"*

The project is based on an observation study, whose results are used as the basis for the design of a new workstation with a cobot. Quick and easy communication in the form of gestures and body language was used by operators in the industry to communicate their intention and work pace. Intention and timing between operators or the cobot was considered a very important factor for use at the new collaborative workstation.

To support the new workstation, an interface is created on a screen showing the actions of the cobot. The screen animates the cobot's program while it is performed in a simple way and serves as an overview and support for the installer. The collaborative workstation was tested by a number of people who performed the work and their experience was evaluated through interview answers and discussion. It was apparent from these tests and subsequent interviews that a graphical interface created comfort for the operator and could be used to show the cobot's intention and work pace. When handing over material from the cobot to the operator, sometimes stress occurred and the operator felt lost. Therefore, it is recommended that such interaction points are made more flexible by using a signal from the installer who then gets more influence over the work pace.





# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING .....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Syfte .....	1
1.3 Precisering av frågeställningen .....	2
1.4 Avgränsningar .....	2
2 METOD .....	3
2.1.1 HTA- och DFAA-analys .....	3
2.1.2 Observation av montörers kommunikation .....	3
2.1.3 Nulägesanalys .....	3
2.2.1 Cobotprogrammering .....	3
2.2.2 Utvärdering genom workshop .....	4
2.2.3 Skapa ett HMI .....	4
2.2.4 Analys av arbetsstationen .....	4
3 TEORI .....	5
3.1 Människa-människa .....	7
3.1.1 Observation .....	7
3.1.2 Kommunikation mellan människor .....	7
3.1.3 Människans sinnen .....	8
3.2 Människa-skärm .....	9
3.2.1 Designfaktorer och begränsningar .....	9
3.2.2 Gränssnittets utformning (DFIP) .....	10
3.3 Människa-cobot .....	10
3.3.1 Cobotar i nuläget .....	10
3.3.2 Automationens ironier .....	11
3.3.3 Säkerhet vid kollaborativt arbete .....	11
3.3.4 UR-roboten .....	12
3.3.5 Sensorer .....	12
4 RESULTAT .....	13
4.1 Observation .....	13
4.2 Workshop om utformning av arbetsstationen .....	14
4.3.1 Kollaborativ arbetsstation .....	15
4.3.2 Skärmens utformning .....	16
4.4 Utvärdering av arbetsstationen och enkätundersökning .....	17
5 DISKUSSION .....	19
6 SLUTSATS .....	20
Referenser .....	22

# 1 INLEDNING

## 1.1 Bakgrund

Teknikutvecklingen tar hela tiden steg framåt och skapar möjligheter för företag inom industrisektorn att effektivisera och utveckla produktionen. Nya tekniska lösningar ger möjligheter för framtidens produktionsutveckling men är också kopplade till nya utmaningar. Den globala marknaden efterfrågar idag högre grad av individanpassade produkter men till samma kvalitet, vilket ställer krav på bland annat flexibilitet inom industrin. För att möta dessa ökade krav på såväl kvalitet som flexibilitet krävs en aktiv utveckling av produktionen (Tillväxtverket 2018).

Automation med robotar är ett svar på de nya krav och utmaningar som framtidens industri ställs inför. Robotar som arbetar nära inpå och tillsammans med människor kallas cobots och blir allt vanligare inom forskningsmiljö. Cobots kan avlasta och underlätta för människan genom att utföra repetitiva eller farliga arbetsuppgifter och istället låta människan utnyttja sina kognitiva fördelar inom beslutsfattande och flexibilitet. För att kunna flytta ut och använda dessa robotar i produktionssektorn behövs ytterligare utredning om kommunikationen med människan i sådana system (Volvo Group 2018).

På Volvo Lastvagnar utförs idag i stort sett all montering på produktionslinan manuellt och det finns utmaningar med att implementera kollaborativa arbetsstationer på grund av begränsad erfarenhet. Därför efterfrågas kunskap för att utveckla produktionen. Detta projektet utgår från ett verkligt monteringsmoment av en säkringslåda som utförs på Volvo Lastvagnar. Montering innefattar placering av säkringar och muttrar som idag görs manuellt men kan tänkas vara lämpliga arbetsuppgifter vid en framtida kollaborativ arbetsstation. Resultatet av projektet avser kunna användas för att inom två år införa kollaborativa arbetsstationer och skapa goda förutsättningar för framtida utveckling av produktionen (Volvo Group 2018).

## 1.2 Syfte

Projektet har som syfte att undersöka och demonstrera kommunikationen mellan människa och cobot. Med kommunikation avses hur information flyttas från människan till coboten eller från coboten till människan.

Målet är att demonstrera och redogöra hur människa och cobot kan kommunicera på ett enkelt och effektivt sätt. Detta för att senare kunna applicera kollaborativt arbete inom slutmontering där montören är trygg och får en positiv uppfattning om sitt arbete och arbetsmiljö.

### 1.3 Precisering av frågeställningen

Huvudfokus under projektet är att besvara frågan “Hur kan kommunikationen mellan människa och cobot se ut för att skapa trygghet hos människan?” I denna fråga ingår exempelvis vilka signaler coboten förmedlar under pågående arbete och hur dessa uppfattas av montören. Det är också av stor betydelse att studera hur människan generellt uppfattar coboten i sin närmiljö och på arbetsplatsen.

För att kunna besvara frågan “Hur kan kommunikationen mellan människa och cobot se ut för att skapa trygghet hos människan?” avser projektet besvara följande frågeställningar:

- Frågeställning 1: Hur kommunicerar två människor med varandra i en kollaborativ arbetsmiljö och vilka är de viktigaste faktorerna?
- Frågeställning 2: Vilka faktorer från frågeställning 1 kan appliceras på kommunikationen mellan en människa och en robot för att samarbetet skall bli så effektivt som möjligt?
- Frågeställning 3: Hur kan dessa faktorer implementeras i en kollaborativ arbetsstation?
- Frågeställning 4: Hur uppfattas interaktionen och kommunikationen mellan människa-automation av montören?

### 1.4 Avgränsningar

För att begränsa projektet till dess relevanta faktorer har följande avgränsningar gjorts:

- Arbetsstationen och produkten som byggs är endast för demonstration av arbetet.
- Fördelningen av arbetsuppgifter mellan montör och cobot är förbestämda.
- Endast en modell av säkringslådan monteras vid arbetsstationen.
- Montören som arbetar med coboten förväntas ha tillräcklig erfarenhet av montering.
- Andra automationsnivåer än kollaborativ utforskas inte.
- Inga ekonomiska aspekter av projektet behandlas.

### 1.5 Tidigare projekt

Projektet som nu genomförs är en fortsättning på ett tidigare arbete som även det behandlade en kollaborativ arbetsstation. Här genomfördes en HTA- och DFAA-analys med syftet att dela upp hela monteringsprocessen i delsteg och fördela arbetsuppgifterna mellan montör och cobot. Under detta projekt framkom att coboten uppfattades som oförutsägbar och otydlig vilket kunde förbättras (Jakobsson, E-N 2017).

## **2 METOD**

### **2.1.1 HTA- och DFAA-analys**

I föregående projekt genomfördes både en HTA- och DFAA-analys. HTA-analysen delade upp hela monteringsprocessen i delsteg och fördelade arbetsuppgifterna mellan montör och cobot (Jakobsson, E-N 2017).

Detta projektet har återanvänt tidigare HTA-analys och anpassat den efter de nya förutsättningarna då arbetsuppgifterna följer samma princip men är ej exakt samma som tidigare. Genom detta blir det möjligt att istället fokusera på och utvärdera montörens upplevelse av arbetsstationen.

### **2.1.2 Observation av montörers kommunikation**

Först av allt planerades en observation av montörer ute i verklig produktion för att få grundläggande förståelse för vilken kommunikation som var nödvändig att applicera. För att på ett strukturerat sätt kunna samla information om kommunikation mellan montörer skapades en observationsmall utifrån observerbara sätt att kommunicera. Denna mall delades in i två huvudområden, tal och gester, med mer specifika faktorer därtill som syfte, förekomst, utseende och varaktighet. Därefter testades mallen genom att studera filmklipp på olika monteringsarbeten och samtidigt fylla i mallen, se bilaga 1.

Kommunikationen mellan montörer observerades under en dag vid en arbetsstation där fyra montörer samarbetade och behövde kommunicera regelbundet. Två observatörer studerade montörernas kommunikation och fyllde i var sin mall medan montörerna arbetade. Under arbetet noterades tal och gester vid olika arbetsmoment, dess syfte samt hur montörens fokus var riktat samt hur omfattande kommunikationen var och hur ofta den förekom.

### **2.1.3 Nulägesanalys**

Efter observationen analyserades de ifyllda mallarna. Detta gjordes genom att jämföra de två och lyfta fram tydliga mönster av kommunikation som användes mest och ansågs vara viktig för montörens arbete. Den kommunikation som bedömdes nödvändig omformulerades till faktorer som kunde överföras på den nya kollaborativa arbetsstationen.

### **2.2.1 Cobotprogrammering**

Första steget mot en ny kollaborativ arbetsstation var att skapa ett program för cobotens uppgifter. Coboten tilldelades här uppgifter enligt tidigare HTA-analys direkt i cobotens tillhörande styrenhet, det vill säga on-line programmering. Programmet byggdes upp bit för bit och testades allteftersom för att få en jämn takt mellan cobot och tilltänkt montör.

## 2.2.2 Utvärdering genom workshop

Tillsammans med tre experter från Volvo Lastvagnar och två sakkunniga från Chalmers anordnades en workshop om arbetsstationens utformning. Här demonstrerades monteringen av säkringslådan tillsammans med coboten av en van montör och diskuterades sedan under workshopen. Vid workshopen presenterades också ideer på en skärm som visar cobotens program för montören på ett grafiskt sätt. Genom detta kunde nya ideer och tankar framföras om vad som möjligen kunde förbättra arbetsstationen.

## 2.2.3 Skapa ett HMI

En skärm till arbetsstationen utformades för att kunna applicera de faktorer som framkommit från observationen på den kollaborativa arbetsstationen. Genom skärmen ges möjlighet för coboten att kommunicera till montören under arbetet på ett enkelt och samlat sätt.

Utformningen av skärmen utgick från DFIP, “design principles for information presentation” och är en metod för att presentera information och instruktioner på ett effektivt sätt. Här beskrivs vad som är viktigt att tänka på när ett gränssnitt designas för att användaren effektivt ska kunna ta till sig rätt och relevant information. Vid utformningen av gränssnittet kommer alltså DFIP att användas som stöd och för att ta fram ett så effektivt informationsflöde som möjligt (Mattsson 2017).

## 2.2.4 Analys av arbetsstationen

Den färdiga arbetsstationen testades och utvärderades slutligen av fyra studenter från Chalmers, en handledare för projektet samt en sakkunnig från Volvo. Testet syftade till att utvärdera deras upplevelse av arbetet och ge feedback på arbetsstationen.

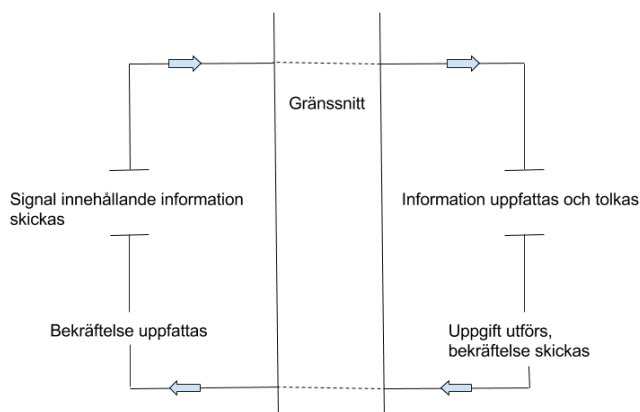
Testpersonerna fick en kort introduktion till hur arbetsstationen var uppbyggd och skärmens olika delar förklarades. Därefter fick de se en van montör demonstrera arbetet innan de själva utförde arbetet två gånger var under observation av projektets ansvariga.

Deltagarna fick därefter svara på ett antal frågor om upplevelsen av arbetsstationen genom en anonym enkätundersökning. Undersökningen bestod av ett antal öppna frågor samt frågor med graderade svarsalternativ enligt Likert-skalan vilket ger deltagarna möjlighet att svara mer än ja eller nej. Därefter sammanställdes deltagarnas svar och jämfördes med det förväntade resultatet för att få fram en slutsats.

### 3 TEORI

Teoriavsnittet delas in i tre delar för att förtydliga de olika områden som ingår i projektet. Första avsnittet kallas människa-människa och behandlar mänsklig kommunikation. Den andra delen handlar om människa-skärm och den tredje om människa-cobot.

För att förstå hur kommunikationen mellan montör och cobot kan se ut utgår projektet från hur människor kommunicerar i verklig produktion. För att förstå informationsöverföringens grunder kan det vara intressant att klargöra hur ett informationsflöde ser ut. Därför togs följande förklarande bild fram, se figur 1.



Figur 1: Informationsflöde (Bohgard et al. 2015).

Det hela börjar med att en signal skickas på ett eller annat sätt. Exempelvis kan det handla om att montör genom en knapptryckning vill ge ett kommando till en cobot om att genomföra en uppgift. Informationen går då genom ett gränssnitt och uppfattas av coboten. För att sedan uppgiften ska kunna genomföras måste den tolkas och bearbetas för att coboten ska förstå vad den ska göra. Montören kan sedan få ett svar om att signalen har uppfattats genom en återkopplande signal, eller att uppgiften börjar att utföras av coboten.

I fallet där coboten skickar en signal kan det istället handla om att montören får en fråga gällande om han/hon är klar med en specifik uppgift. Det kan bero på att robotens nästa arbetsuppgift inte kan genomföras innan montören har placerat ett objekt på rätt plats. Roboten skickar då en signal och information når gränssnittet och montören får genom en skärm frågan om han/hon är klar. En lysdiod kan också tändas för att uppmärksamma montören. Sedan tolkas frågan och om personen är klar ges roboten ett svar genom att trycka på en knapp som talar om att nästa produkt är på plats (Bohgard et al. 2015).

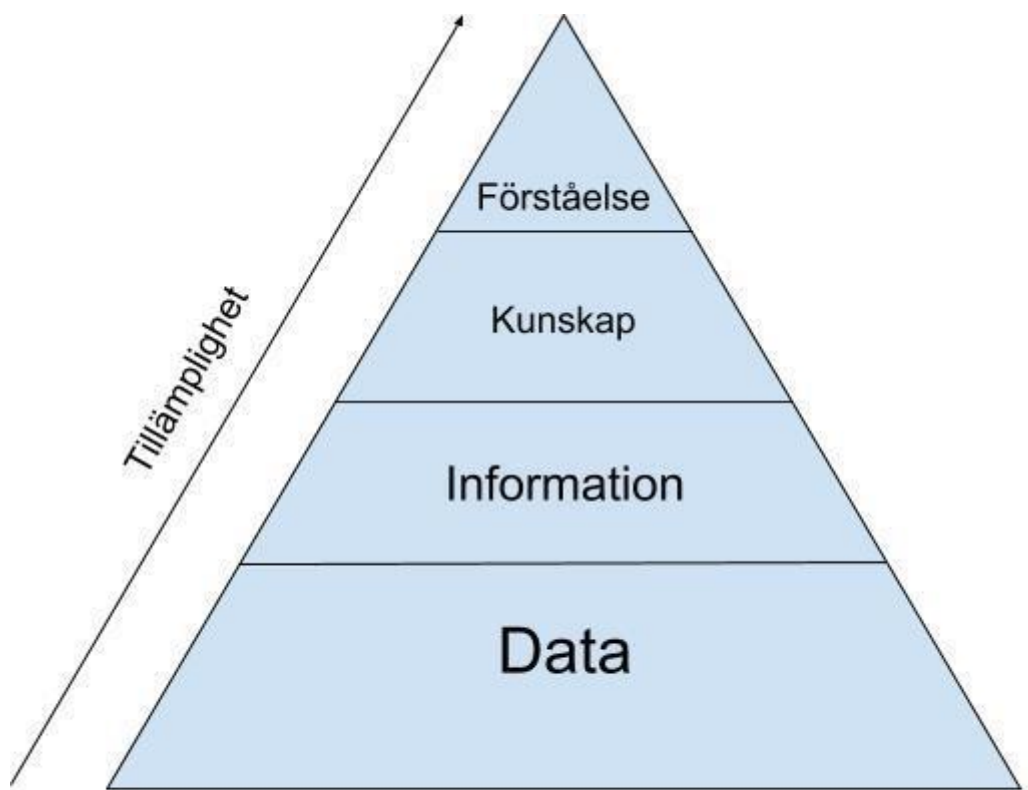
För att beskriva grundläggande informationsbehandling kan också Ackoff's pyramid användas.

*Data* är grunden och innefattar information som ännu inte har blivit strukturerad eller behandlad och måste tydas på något sätt.

*Information* är data som har blivit bearbetad och kan tydas. Denna information har som mening att besvara vem-, vad-, var-, när-, hur- och varför-frågor.

*Kunskap* gör det möjligt att förstå och använda informationen. På samma sätt måste även en robot eller en maskin kunna förstå vad den ska göra med en specifik signal. Det kräver då att operatören "lär" roboten att tolka signaler på ett visst sätt.

*Förståelse* är den högsta nivån och är till stor nytta när det kommer till att använda sig av den givna informationen. Om det sedan tidigare finns erfarenhet av liknande situationer kan all data behandlas och sorteras mer effektivt (Rowley 2006).



Figur 2: Ackoff's kunskapspyramid (Ackoff, 1989).

## **3.1 Människa-människa**

### **3.1.1 Observation**

En observation innebär att iaktta en eller flera individer inom det område som undersöks. Observationen kan genomföras på flera olika sätt. En metod är att en observatör själv studerar en situation och skapar en egen uppfattning med hjälp av sina sinnen. Det går också med hjälp av mätinstrument genomföra en observation för att få fram data. I detta projekt användes direkt observation, vilket betyder att en eller flera observatörer studerar ett händelseförlopp. Sättet som datainsamlingen sker på varierar också beroende på vilken typ av studie som genomförs. I detta fall användes en formell datainsamling, vilket innebär att man på förhand har bestämt vad som ska observeras (Bohgard et al. 2015).

### **3.1.2 Kommunikation mellan människor**

Människans förmåga att kommunicera och samarbeta är den största bidragande faktorn till vår utveckling. Genom att förmedla kunskap och erfarenheter mellan varandra blir det möjligt att åstadkomma mycket mer än vad en enskild individ förmår. Kommunikationen mellan människor är både omfattande och komplex men kan beskrivas som givande och mottagande av information via våra sinnen (Quebral 1972-1973).

Verbal kommunikation är den mest välutvecklade typen av kommunikation mellan människor. Genom tal och hörsel kan information överföras som en signal till mottagaren som tolkar signalen och på så sett tar del av informationen. Denna typ av kommunikation är både snabb, lättanvänd och kan innehålla mycket stora mängder information (Sand et.al. 2004).

Icke-verbal kommunikation omfattar signaler såsom kroppsspråk, gester och ögonkontakt vilka alla har stor inverkan på hur signalen uppfattas av mottagaren. Människans inneboende förmåga att kunna "läsa av" en annan människa mycket snabbt gör att denna typ av kommunikation anses ha större inverkan än den verbala. Detta kommer sig troligen av att den icke-verbala kommunikationen har utvecklats hos människan långt innan den verbala. Text och bilder hör till den visuella kommunikationen som vi använder allt mer. Den viktigaste aspekten av visuell kommunikation är förståelsen av innehållet är det viktigaste för mottagaren och inte nödvändigtvis själva innehållet (Sand et.al. 2004).

Gemensamt för all typ av kommunikation är att det är hur den uppfattas och tolkas av mottagaren som är det avgörande. Denna uppfattning är resultatet av alla samlade intryck vilka tillsammans bidrar till informationsöverföringen. Upplevelsen är det som människan faktiskt känner och är inte nödvändigtvis samma för olika personer. Ett klassiskt exempel på detta är att kroppsspråk, gester och tonläge är viktigare än själva innehållet som överförs genom kommunikationen (Sand et.al. 2004).



### **3.1.3 Människans sinnen**

För att kunna uppfatta och behandla information använder sig människan av sina sinnen. Vid kommunikation är det framförallt syn- och hörselsinnet som gör det möjligt att skapa en uppfattning av omgivningen runt omkring.

Synsinnet är människans mest dominanta sinne och tar in 80% av alla sinnesintryck. Med hjälp av synen är det möjligt att skapa sig en uppfattning om omgivningen utan att använda några andra sinnen. Människans synfält sträcker sig 170 grader i den horisontella riktningen och ett objekt som befinner sig utanför kräver en vridning av antingen huvudet eller kroppen (Sand et.al. 2004).

Hörselsinnet används för att uppfatta ljud i den omgivning människan befinner sig i. Ljud är det mest effektiva sättet att fånga uppmärksamhet och kan bland annat användas för att rikta synsinnets uppmärksamhet åt ett visst ställe. Människan är utrustad med två öron vilket gör det möjligt att lokalisera ljuden runt omkring (Sand et.al. 2004).

## 3.2 Människa-skärm

### 3.2.1 Designfaktorer och begränsningar

Utformningen av en användarvänlig skärm är avgörande för hur den uppfattas och används av montören vid arbetsstationen. Gould & Lewis (1985) beskriver tre principer att följa vid utveckling av en skärm:

- Fokus på användaren och uppgiften  
För att kunna ta fram ett gränssnitt som har en specifik uppgift måste man förstå vem användaren är och hur denna resonerar. Uppgifterna som användaren utför bör tydligt reflekteras i skärmens utformning så att dessa blir tydliga och enkla att följa.
- Empiriska mätningar  
Den andra principen handlar om att ta fram prototyper som testas och utvärderas tidigt i utvecklingen av skärmen.
- Iterativ design  
Denna del handlar om att cykliskt göra förbättringar när problem eller brister uppkommer.

Något som är av intresse när man utformar system som ska innehålla varningslampor i olika färger är hur människans färgseende fungerar samt att en liten del av befolkningen lider av ett defekt färgseende. Det innebär att det finns en svårighet att skilja på vissa färger, vilket kan skapa problem för användaren som lider av detta. Det är vanligt att man i olika typer av sammanhang använder sig av färgerna rött och grönt för att symbolisera och informera om olika saker. Den röda färgen används ofta för att varna för något eller förhindra olika händelser. Ett exempel är trafikljus där en röd lampa betyder stanna. I samma exempel har vi den gröna färgen som istället symboliserar att det är fritt fram att köra. Så brukar dessa färger användas, men personer med ett defekt färgseende kan ha svårigheter att skilja dessa åt. Vid uppbyggnad av en arbetsstation och ett gränssnitt är det därför viktigt att ha detta i åtanke och vid användning av varningslampor göra det tydligt vad varje signal betyder för att förhindra missförstånd (Bohgard et al. 2015).

I en industrimiljö används ljud framförallt för att varna eller uppmärksamma en särskild händelse. Nackdelen med att använda sig av stimuli som ska uppfattas av hörselsinnet är att det är svårt att inkludera mycket information i ljudet som avges. I en larmsituation kan ljudet därför behöva kompletteras med visuella stimuli i form av instruktioner angående hur situationen ska lösas i textform eller varningsskyltar/varningstecken. Utöver detta är användandet av ljudsignaler inom industrin och instruerande gränssnitt i form av ett HMI begränsad (Volvo Group 2018).

En av anledningarna till varför ljudsignaler inte används i så stor utsträckning är att vid för mycket ljudliga sinnesintryck blir det svårt för hörselsinnet att uppfatta informationen som anges. Vid för mycket ljud från maskiner och kontrollsystem kan det till och med försvåra kommunikationen mellan arbetskollegor vilket kan leda till missförstånd. Att arbeta i bullriga miljöer för länge kan även resultera i hörselskador, något som ska undvikas i största möjliga utsträckning (Bohgard et al. 2015).

### **3.2.2 Gränssnittets utformning (DFIP)**

Vid framtagning av ett gränssnitt vars syfte är att ge stöd åt en montör i sitt arbete finns det vissa riktlinjer att följa när designen tas fram. I projektet som har genomförts användes DFIP (design principles for information presentation) som stöd för att skapa ett så tydligt och instruerande gränssnitt som möjligt. Här framgår att användandet av bilder är centralt och ett bra sätt att förmedla information. Text bör undvikas i så hög utsträckning som möjligt och istället fokusera på stora och tydliga bilder. Genom att använda hög kontrast och utesluta skuggor blir det även lättare för användaren att effektivt kunna använda gränssnittet i sitt arbete (Mattsson 2017).

## **3.3 Människa-cobot**

### **3.3.1 Cobotar i nuläget**

De traditionella industrirobotorna har sedan många år tillbaka varit en viktig del i större tillverkande företag. Skillnaden mellan denna typ av robot och den vi kallar cobot är att en cobot är tänkt att kunna arbeta nära inpå montören och de båda ska kunna samarbeta med varandra (Peshkin et.al 2001). Säkerhet är en viktig faktor att ha i åtanke vid implementering av denna typ av arbetsstation. Men en cobot kan se ut på många olika sätt beroende på vilket typ av arbete som ska genomföras. I vissa fall kan stora industrirobotar agera cobot om rätt förutsättningar finns tillgängliga. Det kan exempelvis vara en situation där roboten behöver assistans med en uppgift av en operatör. När operatören då kliver in i cobotens arbetsyta måste denna stanna och vänta på att operatören blir klar. Detta kan uppnås genom olika typer av sensorer som ger roboten en "broms-signal" så fort någon tar sig in i det riskfyllda området. Vid användande av cobots där mer interaktion krävs kan man istället använda sig av en minskning i rörelsehastighet när någon arbetar eller befinner sig i den kollaborativa zonen. Om operatören kommer för nära stannar även coboten (Robotiq 2015).

En cobot är användbar till att utföra riskfyllda, repetitiva eller uttråkande arbetsmoment utan att tröttna. Den kan även assistera vid uppgifter som inte är möjliga att helt automatisera och kräver samarbete med en montör till vissa arbetsmoment. Montörens fördelar mot coboten är att exempelvis upptäcka defekter, anpassa arbetet efter små avvikelser eller flytta saker som är i vägen (Peshkin et.al 2001).

En annan stor fördel med en cobot är flexibiliteten då den kan placeras i många olika miljöer. En industrirobot kräver ofta djupare kunskap inom programmering, medans en cobot ofta kan programmeras via ett gränssnitt (Hannover messe 2016).

### **3.3.2 Automationens ironier**

Automationens ironier handlar om att mer problem kan uppstå för människan i en process då denna automatiseras, vilket är tvärt emot syftet med automationen. Detta grundas dels i att problem vid utformningen av processen överförs på montören och dels av att montören behöver utföra de uppgifter som ej kunnat automatiseras (Bainridge 1983).

Vid en automatiserad process blir montörens uppgift att övervaka och säkra processen för att avhjälpa fel eller kalla på mer kvalificerad hjälp, vilket ökar arbetsbördan på montören som ofta ställs mot en stor variation av uppkomna problem. Människans förmåga att övervaka en process visuellt någon längre tid är starkt begränsad [Mackworth,1950], och det finns en annan ironi med att montören övervakar processen. Om automationen utför ett arbete med större krav betydligt snabbare än montören har denna ingen möjlighet att övervaka processen i real-tid utan endast på en generell nivå. Alltså om automationen ska göra helt rätt måste också en helt rätt bedömning göras av montören, vilket då blir en omöjlig uppgift (Bainridge 1983).

En möjlig fördel för att arbeta kollaborativt med en cobot är att montören blir en viktig del i processen när denna utformas. Genom att arbeta nära coboten kan montören arbeta i processen och samtidigt förstå den bättre. Detta kan ge bättre förutsättningar för montören att då också övervaka och felsöka.

### **3.3.3 Säkerhet vid kollaborativt arbete**

För att man på ett säkert sätt ska kunna arbeta med kollaborativa robotar har det tagits fram tekniska ISO-standarder som måste följas vid implementering av cobot-stationer i verkliga situationer. Dessa omfattar exempelvis lasten på coboten, verktygets utformning och hastighet och krav på säkerhetssystem så som automatiska stopp. Detta projekts som genomförts i en testmiljö har tillgodosett de flesta av dessa krav men kan inte användas i verklig produktion i nuvarande tillstånd (ISO/TS 15066:2016, IDT)

### **3.3.4 UR-roboten**

Roboten som används i arbetet är en UR-5, vilken produceras av företaget Universal Robots. UR-5 roboten väger 18,4 kg, klarar en nyttolast på 5 kg och har en total räckvidd på 0,85 meter (Universal Robots 2018).

En fördel med att använda sig av en UR-roboten är enkelheten vid programmering och skapandet av program. Programmet som styr roboten byggs upp med hjälp av punkter i rymden vilka montören bestämmer. Själva programmeringen kräver inte några förkunskaper av något specifikt programmeringsspråk, vilket gör det möjligt för i stort sett vem som helst att skapa ett program efter en kort genomgång av hur roboten opererar.

Verktyget som användes för att plocka och placera säkringarna var en elektrisk gripper företaget Robotics. Denna gripper kan öppnas och stängas med ställbar kraft nästintill steglöst och tillsammans med UR-roboten vridas och vinklas fritt i rymden (Robotiq 2018).

### **3.3.5 Sensorer**

För att robotar och maskiner ska kunna ta emot information krävs i vissa fall sensorer. Det finns många olika typer av sensorer allt från kameror till ljusbrytarsensorer. I fallet kollaborativ arbetsmiljö är det av intresse för roboten att kunna läsa av sin omgivning av säkerhetsskäl. Det kan finnas ett visst område på arbetsytan där montören ej bör befinna sig när roboten utför sina arbetsuppgifter. Ett övervakningssystem med hjälp av kameror kan då användas som skickar en signal till roboten när någon befinner sig inom området och då kräver att roboten stannar eller saktar ner. Sensorer är därför ett sätt för människan att kommunicera med tekniken i realtid (Robotics 2014).

## 4 RESULTAT

### 4.1 Observation

Resultaten som framgick efter att observationen genomförts användes som grund för det fortsatta arbetet och för att förstå hur effektiv kommunikation mellan människa och maskin kan se ut. Det som framförallt söktes var faktorer ur ett kommunikations-perspektiv, i detta fall mellan två eller flera mänskliga montörer. Faktorer som undersöktes var gester och tal, med andra ord hur detta användes vid kommunikation kollegor emellan.

Det framgick snabbt under observationen att den vanligaste typen av kommunikation som förekom var i form av gester, medvetna som omedvetna. Vid de tillfällen där en av montörerna behövde vänta på att en kollega skulle utföra en arbetsuppgift riktade man kroppen och fokus mot personen som fortfarande arbetade för att uppmärksamma honom/henne på att man väntar. Detta kan även kallas intention, att man visar vad som händer och vad som kommer att hända. En mer medveten gest som förekom var små huvudrörelser i form av nickningar för att ge bekräftelse.

I de fall där kommunikation i talform förekom handlade oftast om situationer där något oväntat eller felaktigt hade inträffat. Bli det fel i produktionen och montören inte vet hur detta ska lösas krävs det mer omfattande kommunikation för att tillsammans med någon annan kunna lösa problemet. Detta var dock de enda tillfällen där långvarig kommunikation förekom.

Annan verbal kommunikation som observerades var framförallt bekräftelse eller påkallande av uppmärksamhet. Det skedde allt som oftast genom att ropa någons namn för att rikta personens fokus åt sitt håll. I vissa fall kunde även kort verbal kommunikation kombineras med gester för att minska risken för missförstånd då ljudvolymen i en industri lokal många gånger är ganska hög. När någon då behövde bekräfta något av en kollega kunde frasen "Är du klar?" kombineras med exempelvis en handgest för att förtydliga vad man menade.

Summering:

- Kommunikation mellan montörerna sker hela tiden genom kroppsspråk och gester.
- Ljud användes i mindre utsträckning, som korta svar eller vid avvikelser i arbetet.
- Syftet med kommunikationen var oftast att stämma av takten tillsammans med kollegor eller bekräfta montörer i sin omgivning.
- Mestadels av tiden är montörens uppmärksamhet riktad på arbetet som utförs med händerna.
- Frågor som förekom handlade ofta om nästa arbetsmoment.
- Då problem uppstod krävdes mer omfattande kommunikation för att avhjälpa felet.

## 4.2 Workshop om utformning av arbetsstationen

Under workshoppen framkom följande förslag och önskemål från deltagarna. Dessa punkter diskuterades gemensamt och därefter bestämdes vilka som var viktigast att tillgodose vid den kollaborativa arbetsstationen.

- Ha möjlighet att kunna följa hela processen och de olika stegen.
- Tydligt se vem som utför vilken uppgift, något likt stödinstruktioner.
- Se vad som händer och ska hända.
- Undersöka och utveckla överlämningarna av muttrar.
- Att ha ett kollaborativt utrymme på en skärm var en god ide.
- Tidsblock som fylls under arbetet riskerar skapa stress och svåra att följa pga. dess storlek.
- Att kunna hitta tillbaka till arbetet snabbt om man blir distraherad.
- Hur skapar man trygghet? Genom lagom takt, att kunna uppfatta cobotens intention och möjlighet att stoppa/pausa.
- Att människan väntar på coboten är troligtvis en generellt dålig ide.

Viktigast var intention i form av att tydligt kunna förutse hur coboten kommer att röra sig och vilken typ av uppgift som ska utföras. Detta bör ske genom delsteg som kan visas på en skärm samtidigt som coboten utför arbetet. Att kunna hitta tillbaka till arbetet vid distraktion var också viktigt, och det bestämdes att under de utvärderande testerna skulle införas ett distraktionsmoment där montören skulle behöva gå iväg för att hämta kablarna från ett annat ställe.

För att inte stressa montören i onödan bör allt rörligt på skärmen ske långsamt och tydligt för att undvika att man skapar ett race mot klockan. Taktningen mellan montören och coboten är troligtvis viktig för att skapa en trygg och bekväm arbetsplats. Överlämningarna av muttrar blir snabbt frustrerande enligt tidigare arbete (Jacobsson Nilsson 2017) och därför bör detta moment utvecklas. Den totala taktiden för arbetet är förbestämd men det kan vara fördelaktigt att låta montören påverka när delmoment påbörjas och avslutas för att få viss flexibilitet i takten.

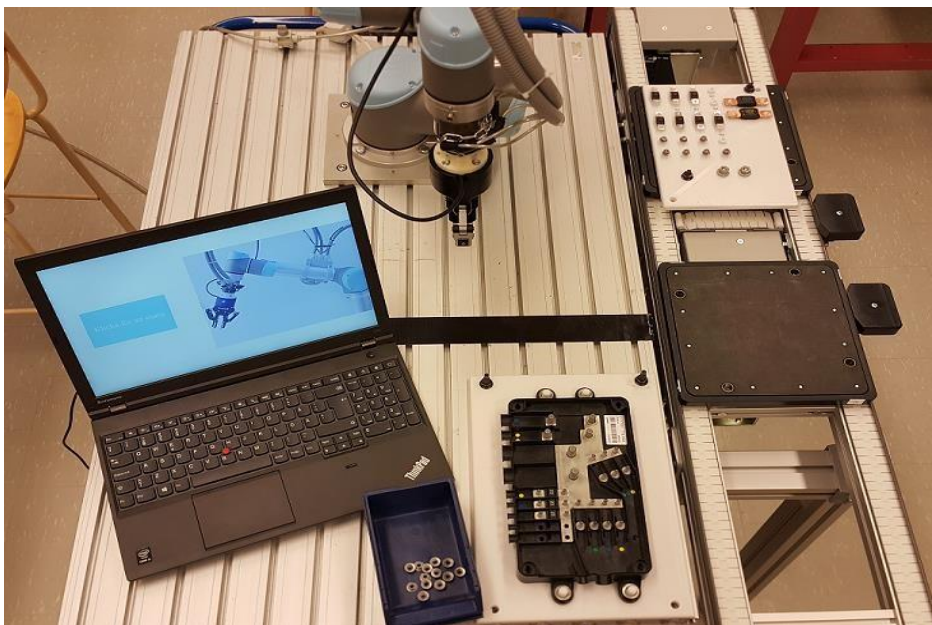
### 4.3.1 Kollaborativ arbetsstation

Först placeras UR-5 coboten långt bak på bordet för att lämna så mycket plats som möjligt till montören och annan utrustning. Coboten har därifrån tillräcklig räckvidd för att nå alla nödvändiga positioner för monteringen utan att någon led sträcks till sitt maxläge. Paletten med material placeras vid sidan av bordet på en tillhörande transportbana och upptar därför inget arbetsutrymme. Vidare placeras fixturen på vilken monteringen sker vid bordets högra framkant vilket ger montören enkel åtkomst och underlättar för montering av kablar som annars skrapar mot kanten av bordet. Skärmen placeras i vänster framkant vilket gör den lättåtkomlig för montören som då endast behöver förflytta blicken mellan denna och säkringslådan. Intill skärmen finns även en behållare med muttrar som montören själv plockar och monterar.

Arbetsbordet delas sedan av med tejp till två områden, det bakre tillhör endast coboten och det främre blir den kollaborativa arbetsytan där både cobot och montör arbetar. Detta görs för att kunna arbeta säkert tillsammans med coboten som kör med högre hastighet i sitt eget område och för att ge montören en tydlig gräns för sitt arbetsområde. Då skärmen tar upp ena halvan av det kollaborativa området där coboten aldrig kan vistas blir detta montörens egna yta för kommunikation med coboten.

För att skapa trygghet hos montören går coboten efter varje moment via hemmaläget, samt vrider upp verktyget mot montören inför överlämningar av muttrar. Genom denna typ av upprepade rörelser vet montören hela tiden hur coboten kommer förflytta sig, även om denna plockar olika typer av säkringar eller muttrar.

Cobotens hastighet är en sak som är viktig att ha i åtanke vid kollaborativa arbetsstationer. Det finns även vissa begränsningar i form av ISO-standarder som måste tas i beaktning, och kollaborativa robotar får inte röra sig snabbare än 250 mm/s i de kollaborativa zonerna. I detta fall användes en rörelsehastighet på maximalt 150 mm/s, vilket är långt under det tillåtna värdet.

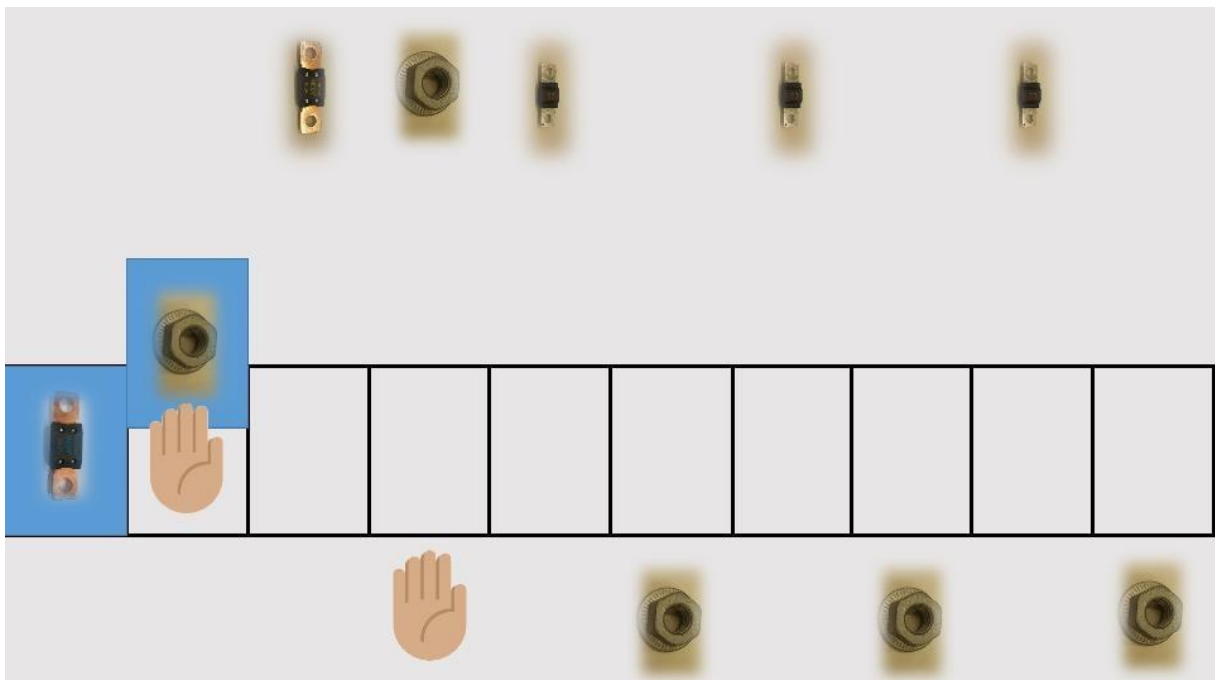


Figur 3: Översikt av arbetsstation, författarnas egen bild.



### 4.3.2 Skärmens utformning

På skärmen visas en animerad översikt av både cobotens och montörens arbetsuppgifter ordnat längst en tidsaxel. Bilder på material som används eller händelser under arbetsgången återfinns i över och underkant av skärmen och representerar cobotens respektive människans material eller uppgifter. Den övre delen av programmet visar cobotens material, och den undre vilka material som ska plockas av montören. Medan coboten hämtar eller lämnar material visas detta samtidigt på skärmen intill montören, där cobotens gripdon syns som en rörlig ruta vilken hämtar material från överkanten på skärmen och fyller på med dessa längst tidsaxeln.



Figur 4: Exempel från skärmens gränssnitt, författarnas egen bild.

På den bild som ovan visas kan man se att under denna process kommer det att användas fem säkringar och fem muttrar. Händerna som syns på montörens del av gränssnittet talar om för henne/honom att en mutter ska tas emot från coboten och ännas i säkringslådan.

## 4.4 Utvärdering av arbetsstationen och enkätundersökning

Samtliga deltagare som genomförde montörstesterna kände sig trygga genom hela processen. På en skala mellan 1-5, där 1 är osäkert och 5 mycket säkert, fick deltagarna avgöra hur tryggt arbetet kändes. Majoriteten svarade en 4, ett resultat som visar att det inte fanns några moment under monteringsprocessen som kändes osäkert. Det visar också att ingen kände sig osäker i att arbeta så pass nära roboten, vilket tydligt kunde iakttas under testerna. Trots att roboten var påväg att lämna en säkring i den kollaborativa zonen var det ingen som tvekade att fortsätta äntra muttrar ända tills roboten var framme.

Majoriteten svarade att de visste vad som skulle göras genom monteringsprocessen. Det som framgick av intervjuerna efteråt var att det ibland var otydligt när en mutter från den egna lådan skulle användas och när den skulle tas emot från roboten.

En annan fråga som ställdes efter testerna hade genomförts var om arbetstakten kändes bra. Samtliga deltagare angav en 4 som svar, där 1 innebar "för snabb" och 5 "för långsam". Alla upplevde alltså att arbetet gick lite för långsamt.

Överlämningarna av muttrar upplevdes enligt deltagarna som överlag bra, men i vissa fall att det tog lite lång tid. I några fall uttrycktes dock åsikten att överlämningarna var jobbiga/stressiga. Det berodde i många fall på att kabelmattan var svår att få på rätt plats, vilket gjorde att man hamnade efter i monteringen och missade att ta emot en mutter.

Frågan om när översikten användes besvarades också. Något som framgick var att den användes i början av processen när arbetet var lite lugnare. I vissa fall gav den också stöd till montören i form av instruktioner och användes för att få personen att förstå vad som skulle göras. Den användes också för att veta när kabelmattan skulle hämtas.

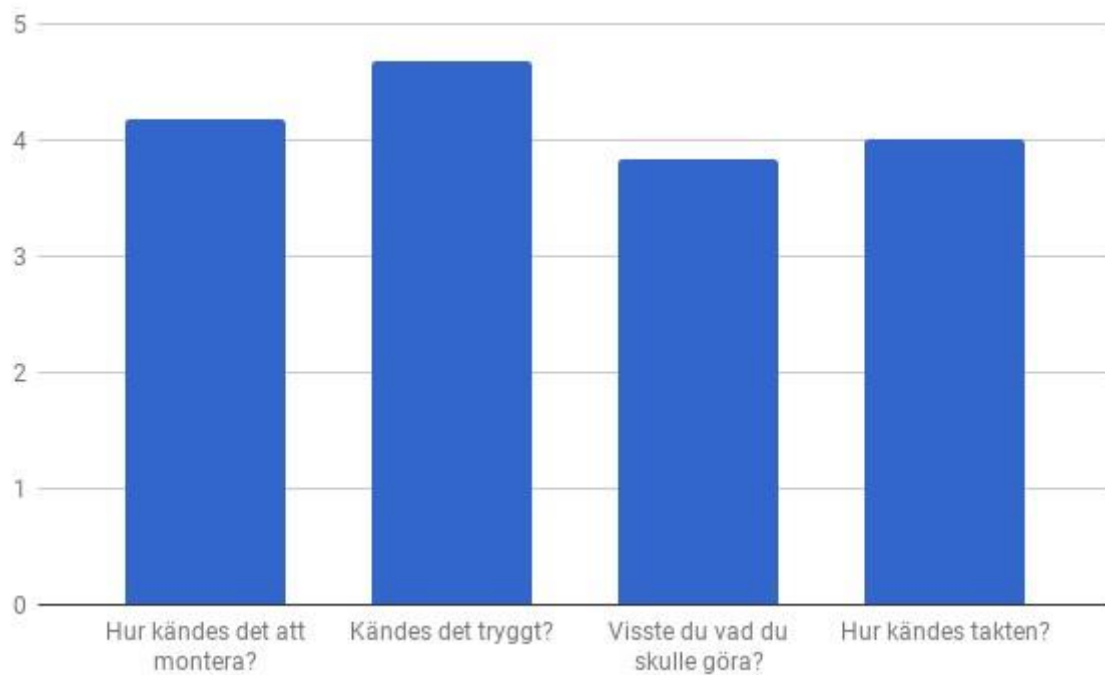
Till sist fick deltagarna svara på om det var något som saknades i översikten. Ett svar som kom från flera håll var att det skulle vara tydligare vilka muttrar som skulle användas, alltså när en mutter från sin egna låda skulle användas.

Av testet framkom:

- Det kändes tryggt med coboten.
- Programmet fyllde sin uppgift väl.
- Tydligt program, förutom då montören förväntades ta egna muttrar.
- Arbetet kändes lite långsamt som väntat, skapade troligtvis trygghet.
- Överlämning av mutter från cobot till människa fick inga negativa anmärkningar.
- Programmet kan användas som endast översikt.
- Mycket av montörens fokus låg på coboten.

Nedan följer ett utdrag och en sammanställning av de viktigaste frågorna som besvarades i enkäten. Skalan 1-5 hade olika betydelse beroende på vilken fråga som besvarades.

“Hur kändes det att montera?”	Dåligt 1-5 Bra
“Kändes det tryggt?”	Inte tryggt 1-5 Tryggt
“Visste du vad du skulle göra?”	Nej 1-5 Ja
“Hur kändes takten?”	För snabb 1-5 För långsam



Figur 5: Genomsnittliga enkätsvar

## 5 DISKUSSION

Observationen var det arbetsmoment genom hela processen som gav mest stöd för det fortsatta arbetet, vilket också Gould & Lewis beskrev som sin första princip. Eftersom deltagarna i observationen inte var insatta i varför den genomfördes kunde de heller inte påverka resultatet genom att bete sig annorlunda på något sett.

Under demonstrationen av cobotens program framkom flera förslag och önskemål. Montören och cobotens uppgifter kan organiseras och mötas vid interaktionspunkter som exempelvis överlämningar av muttrar. Olika förslag till detta moment var kameran på coboten, knappar och sensorer. Den inneboende fördröjningen i tillgängliga kameran gör att detta passar sämre till överlämningarna. Däremot kan coboten med ett system identifiera och plocka oordnade muttrar på egen hand. Det finns många olika möjligheter att testa som exempelvis en IR-sensor som utlöser en signal som överlämnar muttern.

Överlämningarna som alltid skedde med viss fördröjning från cobotens sida visade sig ha två sidor. I de fall där montören väntade på cobotens överlämning upplevdes denna som långsam och tråkig. Att behöva aktivt fokusera på när coboten kommer släppa muttern blir snabbt ansträngande då det kan liknas vid ett reaktionstest. Trots att tiden som montören fick vänta hade förkortats upplevdes det inte som bra, vilket även Jacobsson & Nilson belyst i sitt arbete.

Det andra fallet uppkom då montören inte han med att ta emot muttern och coboten släpper den på bordet. Montören blir då genast påtagligt stressad och begår andra misstag. Detta beror troligtvis på att montören är medveten om att coboten aldrig väntar på montören vilket skapar press då enda sättet är att arbeta ikapp. Genom att istället ge montören förmågan att antingen påverka tiden för överlämningen eller själva arbetstakten får denne möjlighet att vara något flexibel och kunna hitta tillbaka till arbetstempot, vilket skapar bättre balans för montören.

Samspelet mellan montörens och cobotens takt tycks vara av mycket stor vikt för att montören ska kännas sig trygg och avslappnad. Som beskrivet tidigare kommunicerar montörer detta ofta och snabbt mellan varandra vilket bör efterliknas även vid kollaborativt arbete med en cobot. Skärmen utformas enligt DFIP på ett sätt som gör den tydlig med relevant information och med långsamma rörelser vilka är lätta att se och tyda för montören. Genom skärmen får montören möjlighet att snabbt och enkelt uppfatta var i arbetet denne befinner sig och förstå cobotens avsikter. På så sätt har montören alltid ett stöd i arbetet även om denne inte måste följa skärmen på detaljnivå. Montörens energi och fokus kan på så sätt riktas mot själva arbetsmomentet och användandet av kommunikation sparas till avvikande situationer.

## 6 SLUTSATS

Syftet med detta examensarbete var att besvara frågan:

*Hur kan kommunikationen mellan människan och cobot se ut för att skapa trygghet hos människan?*

För att besvara detta delades frågeställningen upp i fyra delfrågor:

*Frågeställning 1: Hur kommunicerar två människor med varandra i en kollaborativ arbetsmiljö och vilka är de viktigaste faktorerna?*

Från observationen framgick att kort och enkel kommunikation användes hela tiden i form av gester och tal. Informationen som förmedlades handlade om människans intention och avstämning om arbetets gemensamma takt. När något oväntat eller felaktigt händer används mer ingående kommunikation genom diskussion.

*Frågeställning 2: Vilka faktorer från frågeställning 1 kan appliceras på kommunikationen mellan en människa och en robot för att samarbetet skall bli så effektivt som möjligt?*

De viktigaste faktorerna var förmedlingen av intention och avstämning av arbetets takt. Människan behöver kontinuerlig och lättillgänglig information för att kunna anpassa sitt arbetssätt till omgivningen och sina kollegor. En cobot behöver på liknande sätt visa för människan sin intention och takt då den saknar anpassningsförmågan som människan har naturligt.

*Frågeställning 3: Hur kan dessa faktorer implementeras i en kollaborativ arbetsstation?*

För att visa cobotens intention programmerades coboten att röra sig på ett förutsägbart och upprepade sätt. Genom att låta coboten efter varje utfört moment gå via hemmaläget blev det enkelt att följa och förutse dess rörelser. Hemmaläget var också placerat precis innan den kollaborativa zonen för att förbereda montören på att roboten var på väg in i samma arbetsområde. Vid överlämningar vänder coboten tydligt upp sitt verktyg mot montören vilket förbereder denne på att överlämningen snart sker. Skärmen visar kontinuerligt åt vilket håll coboten skall gå samt vilket material som används och vem som skall utföra vilket arbete.

*Frågeställning 4: Hur uppfattas interaktionen och kommunikationen mellan människaautomation av montören?*

Interaktionen uppfattades enligt utvärderingen som tydlig, enkel och trygg. Skärmens gränssnitt kunde förbättras med avseende på när montören förväntades plocka och montera eget material. Takten upplevdes överlag som långsam och skärmen mer som ett komplement då montören lärt sig mer om arbetsordningen.



## Referenser

Ackoff, R.L. From data to wisdom, *Journal of Applied Systems Analysis* 16 (1989) 3–9.

Bainbridge, L. (1983). Ironies of automation. *Automatica* 19, 775-77.

Bohgard et al. (2015) Arbete och teknik på människans villkor. Prevent.

Gould, J D., Lewis, C. (1985) Designing for Usability: Key principles and what designers think. *Communications of the ACM*, 28 3.

Hannover messe (2016) Robot or cobot: The five key differences.

<http://www.hannovermesse.de/en/news/robot-or-cobot-the-five-key-differences.xhtml>  
(201801-23).

ISO-standard:

ISO/TS 15066:2016, IDT. ISO 10218-1:2011 & ISO 10218-2:2011

Jakobsson, J., Ernström-Nilsson, N. (2017) Operator - Robot collaboration

Mattsson, S., Fast-Berglund, Å., Thorvald, P. (2006) A relationship between montör performance and arousal in assembly. *Procedia CIRP*, 44, 32 – 37.

Mattsson, S. (2017). Smart Automation – Metoder för slutmontering.

Robotiq. (2015). What Does Collaborative Robot Mean?

<https://blog.robotiq.com/what-does-collaborative-robot-mean> (2018-02-14)

Robotiq. (2014) 7 Types of Industrial Robot Sensors.

<https://blog.robotiq.com/bid/72633/7-Types-of-Industrial-Robot-Sensors> (2018-01-23).

Robotiq. (2018) 2-Finger adaptive robot gripper.

<https://robotiq.com/products/2-finger-adaptive-robot-gripper> (2018-02-13)

Rowley, J. (2006). The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. *Journal of information science*, 33 (2) 2007, pp. 163-180.

Sand, O., Sjaastad, Ö-V., Haug, E. (2004) *Människans fysiologi*. Liber.

Specialpedagogiska skolmyndigheten. (2012) Naturliga reaktioner och signaler.

<https://www.spsm.se/stod/specialpedagogiskt-stod/sprak-och-kommunikation/alternativ-ochkompletterande-kommunikation/manuell-och-kroppsnara-akk2/naturliga-reaktioner-ochsignaler/> (2018-01-23).

Tillväxtverket (2018) Så arbetar vi för förnyelse i industrin

<https://tillvaxtverket.se/aktuella-amnen/naringar-i-forandring/sa-arbetar-vi-for-fornyelse-iindustrin.html> (2018-02-13)

Universal Robots. (2018) UR5-robot.

<https://www.universal-robots.com/sv/produkter/ur5-robot/> (2018-01-23).

Volvo Group (2018) Collaboration is key

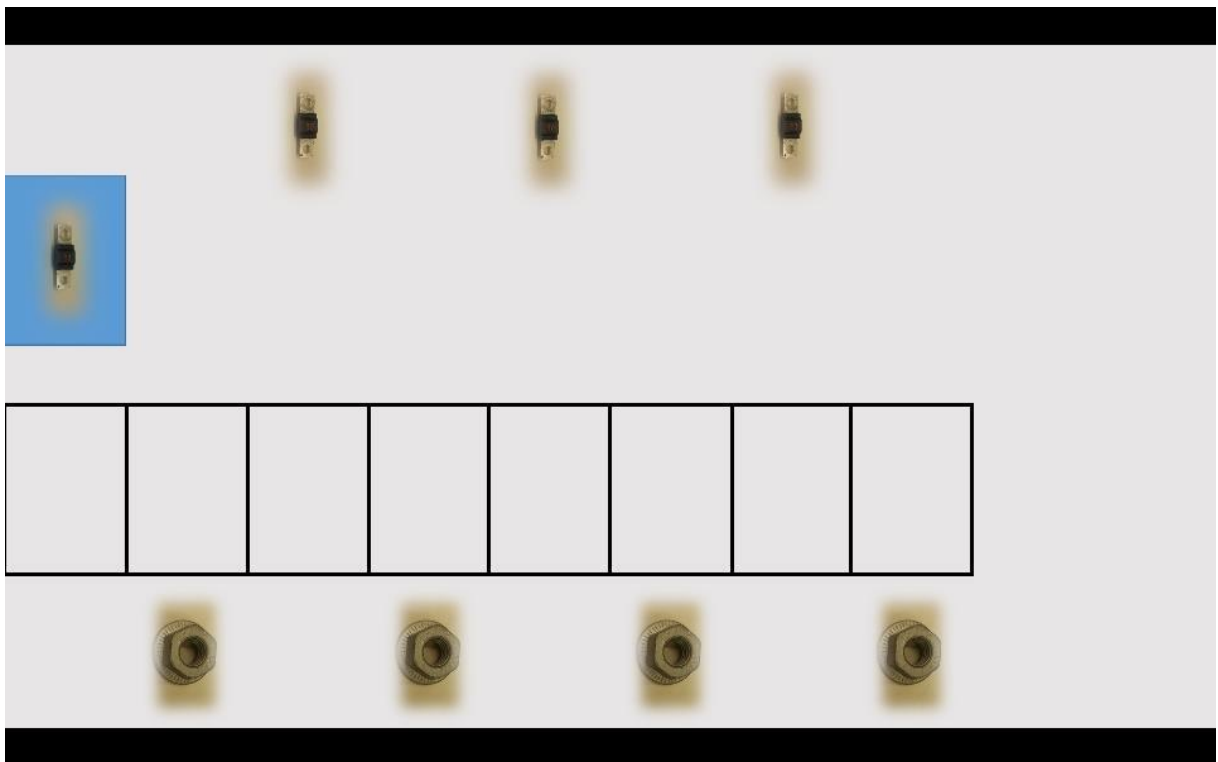
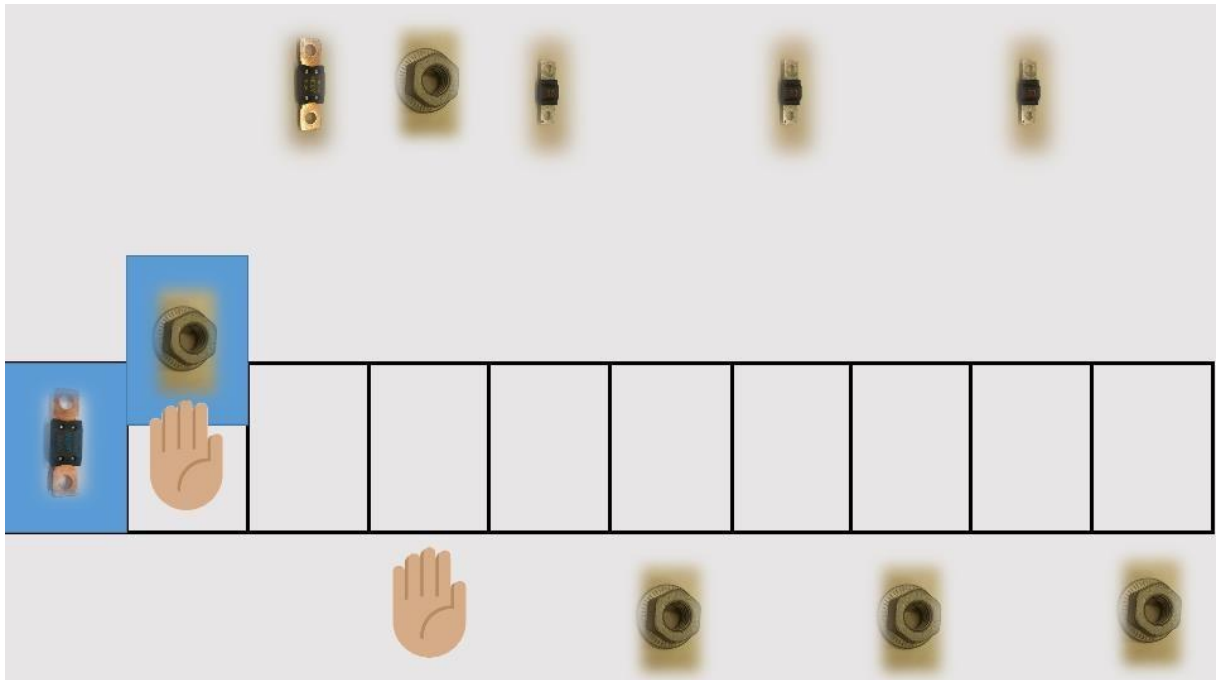
<http://www.volvogroup.com/en-en/about-us/r-d-and-innovations/collaboration-is-key.html>  
(2018-02-13)

Quebral, Nora C. (1972–1973). "What Do We Mean by 'Development Communication'?".  
International Development Review 15





### Bilaga: 2 Översikten på skärmen


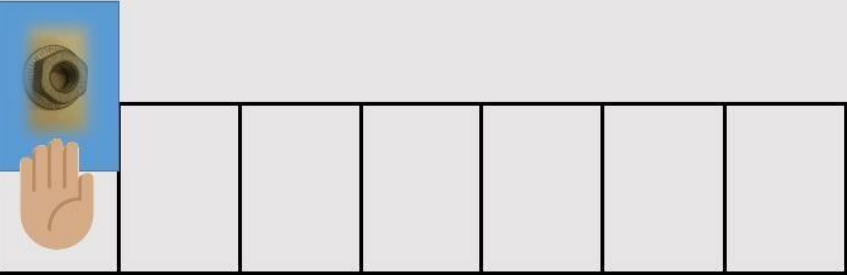





Hämta kablar och  
börja placera

Cobot väntar

🔍 📏 📐 📏 📐 📏



## Bilaga: 3 Utvärderingsenkät

Utvärdering av cobot med demo

2017-12-13

Montering med cobot

- Hur kändes det att montera?

Dåligt 1 2 3 4 5 Bra

---

- Visste du vad du skulle göra?

Nej 1 2 3 4 5 Ja

---

- Hur kändes takten?

För snabb 1 2 3 4 5 För långsam

---

- Kändes det tryggt att arbeta nära coboten?

Inte tryggt 1 2 3 4 5 Tryggt

---

Hur upplevde du överlämningen av muttrar?

---

- Var något irriterande eller frustrerande?

---

Utvärdering av cobot med demo

2017-12-13

Demoprogrammet

- Förstod du översikten?

Dåligt 1 2 3 4 5 Bra

---

- Vad tyckte du om layouten?

Dåligt 1 2 3 4 5 Bra

---

- Visades relevant information?

Ej relevant 1 2 3 4 5 Relevant

---

- I vilka situationer använde du översikten?

---

Var det något som saknades på översikten?

---

---



