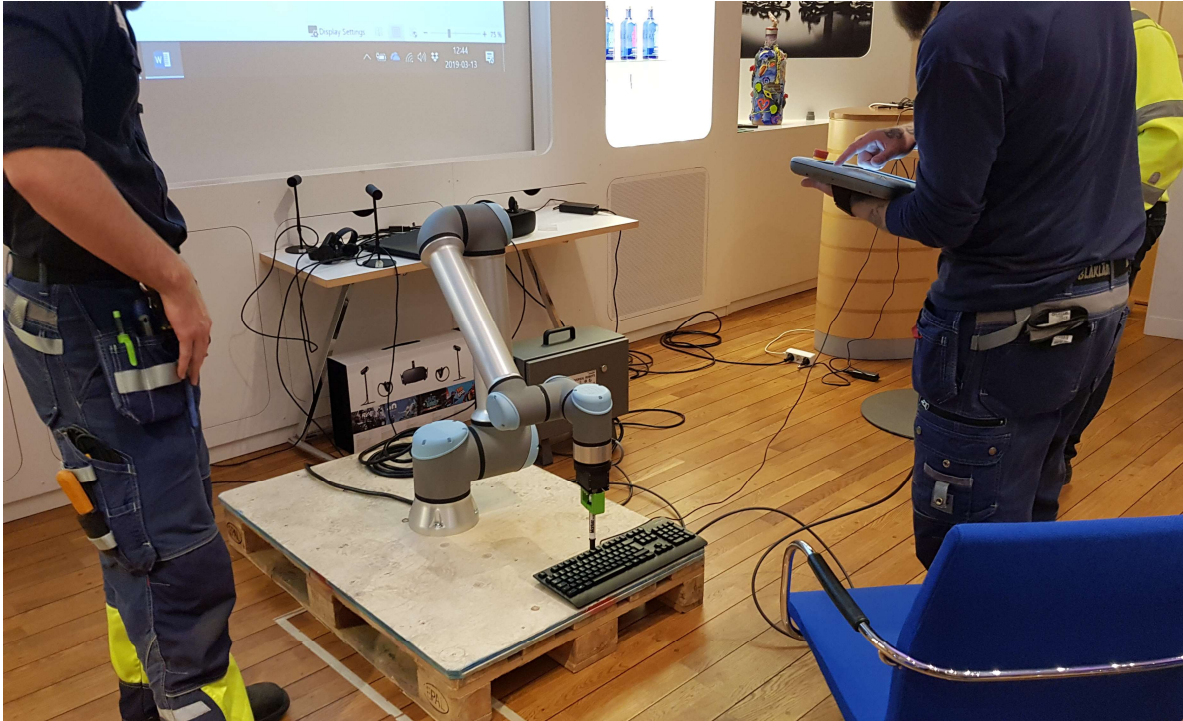




CHALMERS



Framtagande av utbildningsmaterial hos The Absolut Company

För de som ska arbeta med coboten

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Mekanik

GABRIEL JEPPSSON

EXAMENSARBETE

Framtagande av utbildningsmaterial hos The Absolut Company

För de som ska arbeta med coboten

GABRIEL JEPPSSON

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg 2019

Framtagande av utbildningsmaterial hos The Absolut Company

För de som ska arbeta med coboten

GABRIEL JEPPSSON

© GABRIEL JEPPSSON, 2019.

Handledare: Åsa Fasth Berglund, Chalmers tekniska högskola
Hanna Hall, The Absolut Company

Examinator: Åsa Fasth Berglund, Chalmers tekniska högskola

Institutionen för Industri och Materialvetenskap

Chalmers University of Technology

SE-412 96 Göteborg

Sweden

Telephone + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Bild från en av de genomförda workshoppen

Institutionen för Industri- och Materialvetenskap

Göteborg 2019

Sammanfattning:

Hos ett ständigt växande företag på en konkurrenskraftig marknad så gäller det att den tekniska utvecklingen följs. Vad som också är viktigt för företaget är att personalen är kunnig och utbildad på ny teknik. Utan kunskapen kan arbetsplatsens produktion och säkerhet försämrats. För att inte detta ska ske har ett utbildningsmaterial, i detta arbete, skapats för ett svenskt spritföretag. Företaget har börjat använda sig av cobots i produktionen, så det är läge att en utbildning för deras operatörer skapas och sätts i bruk.

Syftet med utbildningsmaterialet är att ge en grundläggande förståelse för vad en cobot är, var och varför den används, hur det kollaborativa arbetet sker, samt att förstå de säkerhetsriskerna som kan uppstå.

Detta utbildningsmaterial har skapats i form av workshop och presentation. Metoder så som ”Problem-Based Learning” och ”Learning pyramid” har använts. Öppna konversationer med operatörer samt enkät i början och slutet av utbildningen har bidragit till bättre förståelse av målgruppen.

Egen inläring av cobotens programmering och säkerhet har gjorts. Detta genom att använda sig av ”Problem-Based Learning” och läsning av en teknisk specifikation. Ett moment där en cobot kan införskaffas har hittats på arbetsplatsen, studerats och exempelprogrammerats.

Det färdiga utbildningsmaterialet innehåller en presentation och workshop därefter. Den har genomförts vid fyra tillfällen och har utvecklats mellan dessa. Materialet för utbildningen har vidarebefordrats till företaget så de kan fortsätta med utbildningen på egen hand.

Utbildningen har anpassats för max 4 operatörer/mekaniker detta på grund av antalet cobotar vid utbildningstillfällena. Upplägget har möjlighet att ändras. Till exempel kan presentationen och workshopen hållas vid separata tillfällen. Därav kan presentationen hållas för fler operatörer samtidigt.

Abstract:

At a constantly growing company in a competitive market, it is important that the technological development is up to date. Another thing that is important for the company is the staffs knowledge and education regarding the newer technologies. Without that knowledge, the production and safety at the workplace can get worse. For this to not occur an education has, in this study, been created for a Swedish liquor company. The company has started using cobots in their production. So, an education is needed for their operators and mechanics.

The purpose of the education is to provide a basic understanding of what a cobot is, where and why it is used, how the collaborative work takes place, and to understand the security risks that may occur.

This education includes a workshop and a presentation. Methods such as "Problem-Based Learning" and "Learning Pyramid" has been used. Open conversations with operators and a survey at the beginning and end of the education, has contributed to a better understanding of the targeted group.

Own learning about the cobots programming and security has been self-taught. This has been done by using "Problem-Based Learning" and reading a technical specification. An operation where a cobot could work has been studied at the factory. And a program has fitting the operation has been done.

The completed education contains a presentation and workshop. It has been implemented four times and has improved each time. The material has been further educated to the company so that they can continue with the education.

The education has been made for a maximum of 4 operators/mechanics this is due to the number of cobots at the workshop sessions. The layout can be changed. For example, the presentation and the workshop can be held on separate occasions. Hence, the presentation can be held for more operators simultaneously.

Förord:

Följande examensarbete har gjorts hos spritföretaget The Absolut Company i Åhus. Företaget producerar en rad olika alkoholbaserade drycker med varierande smak som levereras över hela världen. Allt innehåll är närproducerat och företaget strävar efter full återvinning. Arbetet syftade på att skapa ett utbildningsmaterial om cobots till operatörer och mekaniker på fabriken. Detta eftersom The Absolut Company börjat införskaffa sådan ny teknik som innefattar cobots.

Som tack till alla inblandade vill jag först och främst skänka ett stort tack till The Absolut Company. Detta på grund av den tid och de resurser som de lagt ner på mig, vilket gjort att examensarbetet har fått möjlighet att fullbordas. Speciellt tack till min handledare Hanna Hall (för att hon stått ut med mig) och de operatörer som deltog i utbildningarna. En annan person som ska tackas är verkställande produktionsdirektör Per Oxelgren, som litade på mig och såg att utbildningsmaterialet behövde skapas.

Från Chalmers vill jag tacka min examinator och handledare Åsa Fasth Berglund. Hon har bidragit med goda diskussioner för att hjälpa mig framåt. Hon har också hjälpt mig med rapportskrivningen, vilket synnerligen uppskattats.

Vill även tacka CitroX AB som skapat och hjälpt mig med verktyget till coboten.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	9
1.1 Bakgrund	9
1.2 Syfte	9
1.3 Avgränsningar	9
1.4 Precisering av projektets mål	10
2. Teoretiska referensramen	11
2.1 Varför investera i cobots?	11
2.1.1 De tidigare revolutionerna.....	11
2.1.2 Industri 4.0.....	11
2.1.3 CPS, Cyber-Physical Systems	12
2.1.4 IoT, Internet of Things	12
2.2 Cobot	13
2.2.1 Vad en cobot är	13
2.2.2 Universal Robots och deras olika modeller	15
2.3 Tekniska specifikationen SIS-ISO/TS 15066:2016.....	16
2.3.1 Termer och definitioner.....	16
2.3.2 Hur kollaborativa robotsystem ska konstrueras.	16
2.3.2.1 Kollaborativ tillämpningsdesign.....	17
2.3.2.2 Riskbedömning och identifiering av faror.....	17
2.3.2.3 Uppgiftsidentifiering.....	17
2.3.2.4 Krav för ett kollaborativt robotsystem.....	17
2.3.2.5 Kollaborativa arbetsmetoder.....	18
2.4 Learning pyramid och Problem-Based Learning.....	19
3. Metod	21
3.1 Inläring av programmering och säkerhet.....	21
3.2 Workshopens utformning.....	21
3.3 Enkät.....	21
4. Empiri	22
4.1 Uppstart av arbete.....	23
4.2 Inläring av programmering	24
4.2.1 Universal Robots webbaserade utbildning.....	24
4.2.2 Learn by doing.....	25
4.2.2.1 Det första programmet.....	25
4.2.2.2 Säkerhetsplan och reducerad hastighet.....	26
4.2.2.3 Pallet funktion.....	27
4.2.2.4 Resterande funktioner	27

4.3	Studerat moment och exempelprogrammering.....	28
4.3.1	Studerade moment.....	28
4.3.2	Handpack.....	28
4.3.2.1	Lösningförslag 1.....	29
4.3.2.2	Lösningförslag 2.....	29
4.3.2.3	Exempelprogrammering handpack.....	29
4.4	Slutgiltigt program.....	30
5.	Planering och skapande av utbildningsmaterial	32
5.1	Planering.....	32
5.2	Skapande av workshopens moment.....	32
5.3	Skapande av presentation och den färdiga presentationens utformning 33	
5.3.1	Grundläggande information.....	33
5.3.2	Säkerhet	33
5.3.3	PolyScope och programmeringen	34
5.4	Skapande av enkät.....	35
6.	Workshop och presentation i praktiken	36
6.1	Första presentation och workshopen.....	36
6.1.1	Första presentationen.....	36
6.1.2	Första workshopen	36
6.2	Andra presentationen och workshopen	37
6.2.1	Andra presentationen.....	37
6.2.2	Andra workshopen	37
6.3	Tredje presentationen och workshopen	37
6.3.1	Tredje presentationen.....	37
6.3.2	Tredje workshopen.....	37
6.4	Fjärde presentationen och workshopen	38
6.4.1	Fjärde presentationen.....	38
6.4.2	Fjärde workshopen.....	38
7.	Resultat	38
8.	Diskussion	39
8.1	Diskussion utifrån mål.....	39
8.2	Övrig diskussion:	41
9.	Avslutning.....	41
10.	Referenser.....	43
	Bilagor	45
	Bilaga 1:	45

1. Introduktion

I följande kapitel kommer bakgrunden och syftet av arbetet att beskrivas, samt de mål och avgränsningar som satts.

1.1 Bakgrund

Hos en ständigt växande verksamhet på en konkurrenskraftig marknad så gäller det att man följer den tekniska utvecklingen. Detta gör att man som företag till exempel investerar i nya maskiner eller robotar. För en anställd operatör kan det vara svårt att hänga med i utvecklingen om man inte får tillgång till den utbildning som behövs för att arbeta med det nya på ett säkert och nyttigt vis. Om detta inte fås kan det påverka produktionen och säkerheten på arbetsplatsen.

Projektet utfördes på plats på The Absolut Companys fabrik i Åhus, Skåne. Företaget har börjat med att införa cobots på sin arbetsplats. För att säkerheten ska bibehållas på arbetsplatsen samt att produktionen ska kunna fortgå utan några problem behöver operatörer och mekaniker utbildas.

Vidare som utökning av arbetet kommer det att studeras ett moment på arbetsplatsen där en cobot hade kunnat placeras. Detta för att företaget vill skapa en bättre arbetsplatsergonomi och en snabbare produktion. På arbetsplatsen kan det förekomma tunga lyft av flaskor som i längden inte är så hälsosamt för operatörerna. Det önskas då att sådana moment hittas på arbetsplatsen, samt att förslag på hur detta hade kunnat se ut och påverkat, beskrivs.

På grund av att mekatronikprogrammet inte innehåller bredare programmering av cobots kommer detta behövas studeras under projektets period, samt olika former av utlärningsmetoder.

Utbildningsmaterialet ska testas på ett fåtal personer för att se förbättringsmöjligheter.

1.2 Syfte

Projektets syfte är att sätta ihop ett utbildningsmaterial som för företaget ska kunna vidare användas för att utbilda sin personal. Det ska göras i form av en workshop.

Syftet med utbildningsmaterialets innehåll är att få operatörer och mekaniker att få en grundläggande förståelse för vad en cobot är, var/varför den används, hur man arbetar med den samt att förstå de säkerhetsriskerna som kan uppstå och hänsynen man måste ha när man arbetar med den. Tanken är att kursens deltagare ska få upp ögonen för coboten och se vart den kan användas på deras arbetsplats. Även praktiska kunskaper inom programmering och säkerhet ska finnas med i utbildningsmaterialet för att bidra till den grundläggande förståelsen.

Utökningen av arbetet har för företaget syftet att hitta fler arbetsmoment där en cobot kan användas. Detta i form av att hjälpa de anställda genom att eliminera monotona rörelser och skapa en bättre ergonomi på arbetsplatsen.

1.3 Avgränsningar

För att utbildningsmaterialet ska bli så bra som möjligt ska den färdiga workshopen hållas minst tre gånger. Detta görs för att materialet då kan testas och förändras till det bättre.

Personalen som ska utbildas är mekaniker och operatörer från fabriken som inte har någon tidigare kunskap angående coboten och dess programmering. Detta gör att utbildningsmaterialet ska vara grundläggande och simpelt, men ändå tillräckligt omfattande så den mest väsentliga information framförs.

Hur utlärningsmetoden ser ut är av önskemål från företaget begränsad till någon form av workshop. Gärna där deltagare får chansen att praktiskt arbeta med coboten. Dock är utbildningsmaterial före och efter workshopen inte begränsat. Saker så som föreläsningar inför workshopen är sådant som kan implementeras om det ses att det behövs under projektets gång.

Då utbildningen är en workshop så begränsas utbildningens bredd till hur mycket som kan tas in under den givna tiden workshopen ska vara. För mycket information på en för kort tid är inte positivt, likaså tvärtom. Utbildningen önskas ta ungefär 4 timmar.

Storleken på gruppen som ska testas i praktiken är begränsad till ca 2 till 4 personer åt gången. Detta för att det finns en cobot att arbeta med och större grupper kan bidra med minskad delaktighet per person.

Programmering av specifikt cobots har inte givits av kunskapen från mekatronikprogrammet. Däremot finns det information att lära sig på Universal Robots hemsida. Kunskapen är till viss del begränsad men hjälp finns att ta del av hos Absolut.

1.4 **Precisering av projektets mål**

Huvudmål:

- Lära sig cobotens programmering
- Ta fram utbildningsmaterial som kan vidare användas.
- Testning av utbildning

Utbildningsmaterialets mål:

- Visa med olika former av exempel vad en cobot kan göra.
- Visa säkerhetsriskerna som finns vid arbete med en cobot.
- Lära ut programmeringen.
- Kursdeltagare ska prova programmera något moment som är relaterbart till deras arbetsplats.

Testning av utbildningens mål:

- Se vad som kan förbättras i utbildningsmaterialet.
- Se resultat av utbildningen genom enkät före och efter utbildning. Där enkäten ställer frågor som: Vad tycker/kan du om cobots? Var exemplen för komplexa? Var gruppen för stor? och liknande.

Tilläggsarbete:

- Studera ett moment där en cobot skulle kunna behövas
- Skissa exempel på hur det hade kunnat se ut och utgå från den tekniska specifikationen.
- Skriva om den programmering som hade behövts användas.

Personliga mål:

- Lära sig programmera cobots på ett vis som passar de moment som finns på arbetsplatsen.
- Studera olika moment på arbetsplatsen där en cobot kan behövas.
- Läs kring de olika säkerhetsriskerna och riskbedömningarna som behövs göras.

- Läs kring olika former av utlärningsmetoder och skapa utbildningsmaterialet utifrån detta.

2. Teoretiska referensramen

I följande avsnitt beskrivs anledningar till varför en investering av en cobot är bra. Vad som också beskrivs är vad en cobot är, samt säkerheten kring denna utifrån en teknisk specifikation. Sist beskrivs utlärningsmetoder.

2.1 Varför investera i cobots?

Varför skulle man som företag vilja spendera pengar på att ha automatiserade cobotar? Är det för att man vill ha färre anställda vilket sparar pengar? Vill man eliminera operatörernas arbete? Nej, man vill följa utvecklingen. Som företag gäller det att inte hamna i underläge jämte konkurrenterna.

Det påstås att den fjärde revolutionen kommer ske i industrivärlden. Det var i Tyskland, på Hanover mässan år 2011, då termen *Industri 4.0* först yttrades [1]. Termen skapade mycket diskussioner om hur framtidens industri kommer att se ut.

2.1.1 De tidigare revolutionerna

Industrivärlden har genomgått förändringar med tiden. De tidigare versionerna av industrin, 1.0–3.0, har betydelse av hur industrin ser ut idag. Dessa olika revolutioner spänner sig över 200 år [1], och börjar med den mekaniska revolutionen, där maskiner, drivna med ånga skapades som gjorde att mer mekaniskt arbete kunde utföras. Detta gjorde att fabriker skapades och produktiviteten ökade. Nästa revolution kom ungefär 100 år senare vid 1870-talet och brukar kallas tekniska revolutionen [2, s.30]. Det var här elektriciteten ersatte tidigare teknologi och produktionslinjen fick sin start. Detta ledde till massproduktion.

“The development of continuous production lines based on both division of labor and the introduction of conveyor belts resulted in another productivity explosion.” [1]

Den tredje revolutionen kallas digitaliseringsrevolutionen. Det var här som den moderna produktionen sin begynnelse. År 1969 presenterade Modicon den första programmerbara logiska styrenheten [1], även kallad en PLC (programmable logic controller). Dessa förenklade produktionen genom att ersätta tidigare tekniker så som reläer och timers. Utvecklingen av de digitala systemen och den snabbt växande utvecklingen av datorkraft skapade nya vägar att kommunicera, skapa och dela information [3], både mellan maskiner och operatörer. Detta ökade automationsnivån avsevärt. Det är såhär våra fabriker har sett ut och ser ut idag, men det är som sagt är en ny revolution på gång.

2.1.2 Industri 4.0

Industri 4.0 är en påbyggnad på den tredje revolutionen och är snarare en exponentiellt tillväxande revolution än en linjär [4]. Ingen vet exakt hur industrin kommer att se ut under de kommande åren, men att industri 4.0 kommer påverka nästan alla branscher och länder är en självklarhet. Det kommer ske en omvandling av hela system och styrning av produktionen [4].

“Even though Industry 4.0 is one of the most frequently discussed topics these days, I could not explain to my son what it really means” [5].

Industri 4.0 är ett svårt begrepp att förklara. Det är svårt för företag att identifiera och implementera scenarion där industri 4.0 används [5]. Men det som framför allt kommer finnas i

industri 4.0 är en bättre kommunikation. Den kommer vara bättre mellan människor och maskiner, men också mellan maskin och maskin. En tidigare centralt kontrollerad produktion kan skifta och bli en mer ”per-produkt” kontrollerad produktion. En sådan produkt vet sin produktionshistoria, kommunicerar med maskiner och tar sig igenom produktionslinjen genom att informera maskiner om vad som ska ske och utföras på varan [5 s.3929]. Med den nya generationens fabriker kan flexibiliteten i produktionen vara så pass bra att unika produkter kan göras i så små parti som endast en produkt. [11, s.5702]

För att förtydliga vad industri 4.0 är kan det delas upp i olika delar. Dessa kallas ”Enabling technologies” [11] och är alltså de teknologier som behövs för att industri 4.0 ska vara möjligt. Dessa är Internet of things (IoT), Cyber Physical Systems (CPS), Cloud computing, Real-time optimization, Big Data, Machine learning, Augmented reality, Additive manufacturing och cobots.

2.1.3 CPS, Cyber-Physical Systems

Grundtanken med CPS är att den virtuella världen ska slås samman med den verkliga. Så det är med andra ord ett system för databehandling, kommunikation och kontroll [6]. Konceptet definierades år 2006 av Dr. James Truchard. Detta kan användas för att skapa en CPPS plattform (cyber-Physical Production System) som kopplar samman den fysiska och virtuella världen [6]. Detta gör att produktionens utrustning blir mer intelligent vilket i sin tur leder till en smartare fabrik med bättre produktion.

2.1.4 IoT, Internet of Things

Internet har sedan sin början använts som ett sätt för människor att kommunicera med varandra på långa avstånd och har förändrat sättet vi integrerar med varandra. Detta har och kommer vidare påverka den moderna industrin [6, s.2149]. Tysklands strategi kring industri 4.0 pekar på att vi kommer öka användandet av ”internet of things” mellan maskiner och operatörer vilket kommer leda till en smartare tillverkning [6]. Enligt Industry 4.0 Working Group kommer integrationen av IoT vara en extremt viktig del för att den fjärde industriella revolutionen ska kunna ske [5, s.3929]. IoT kommer låta objekt så som sensorer, mobiltelefoner och ställdon som används i tillverkningsprocessen att integrera med varandra och samarbeta för att nå det avsedda målet [5, s.3929]. Med andra ord kommer övervakning av maskiner och besluts som fattas i fabriken att ske via internet [2, s.31].

2.2 Cobot

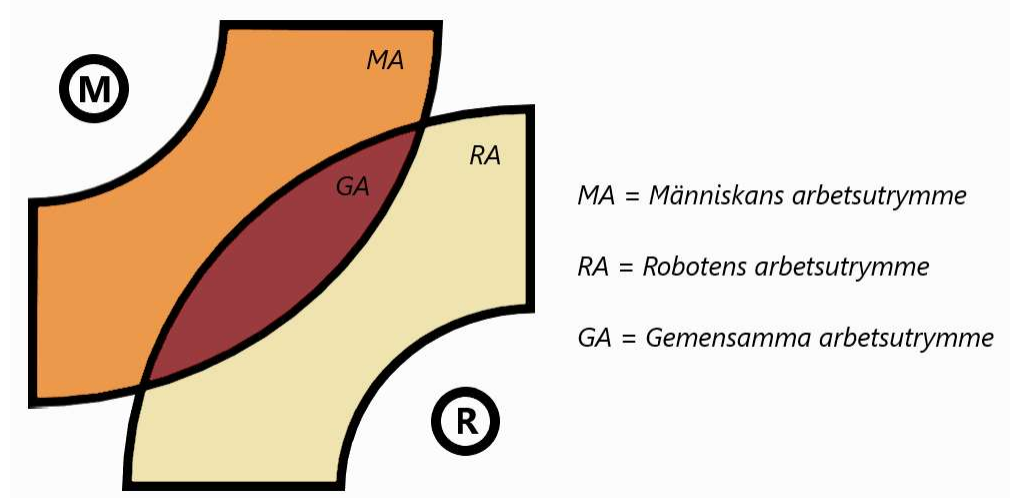
2.2.1 Vad en cobot är

Cobot kommer från det engelska uttrycket ”collaborative-robot” vilket anses vara en robot som samarbetar med operatören för att nå utsatt mål. Den ska vara tillräckligt säker att arbeta i närheten av människor utan behovet av att vara inburad [7]. Ordet myntades först av Michael Peshkin och J. Edward Colgate [8]. Där de presenterade sitt arbete år 1999, och redan då ansåg att förbättring inom ergonomi var att förväntas vid bruk av en så kallad cobot. Säkerhetskraven som ställs på en cobot nås genom att coboten är hastighets- och kraftbegränsad, samt att oplanerad kontakt med coboten kan, med hjälp av mjukvaran, resultera i stop av pågående arbete. Så en cobot kan anses vara säker, men detta beror helt på vilket verktyg som coboten använder. Cobotens verktyg är ofta formad för det specifika arbete som den ska utföra [7]. Detta kan bidra till bristande säkerhet då verktyg som är spetsigt utformade ger en ökad risk för skada vid mänsklig kontakt.

En cobot är tillskillnad från större produktionsrobotar enkel att flytta och sättas i bruk. Mindre i storlek och enkla att programmera. Detta gör den flexibel. Men nackdelen är begränsningen i lyftkapacitet och hastighet i jämförelse med industrirobotar [7]. Detta gör att en cobot inte passar överallt i en produktion, vilket en industrirobot inte heller gör.

Cobots kan användas för att utföra uppgifter själv, automatiskt eller göra vissa rörelser för operatören enklare att utföra. Vid ett samarbete mellan cobot och operatör kan exempelvis tunga lyft delas med coboten så att operatören endast behöver guida det lyfta objektet med nära till inget motstånd [8]. Resultanten av att kombinera styrkan och datoranvändandet av coboten med operatörens smidighet och beslutsfattning ger en bättre ergonomi för operatören samt ökad produktivitet [8]. Cobots kan då bidra genom att ha inprogrammerade begränsningar vilket begränsar och guidar operatörens rörelser [9, s.631].

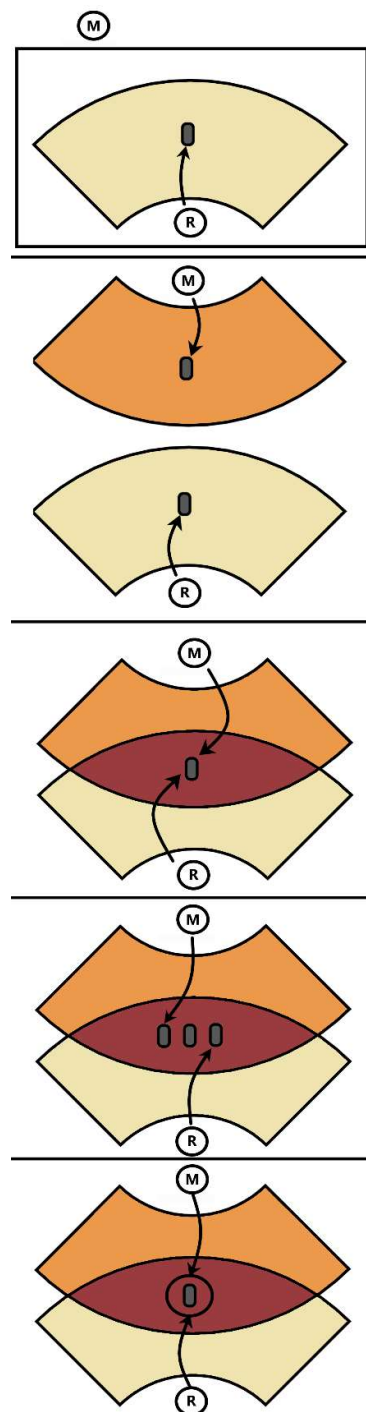
Det finns olika grader av interaktion med en cobot. En tysk studie valde att undersöka landets olika användningssätt av cobotar och definiera dessa. Uppgifter som uppförs av operatören i samarbete med coboten sker i ett och samma arbetsutrymme [10]. Detta gör att arbetet inte är lika strikt uppdelat i vad som är cobotens automatiska- och operatörens manuella arbete. Ett exempel på hur arbetsutrymmet kan se ut finns i figur 1. Där visas människans arbetsutrymme (MA) och arbetsutrymmet för roboten (RA). Området som människan och roboten delar på kallas det gemensamma utrymmet (GA) och är det utrymme där allt gemensamt arbete kan ske.



Figur 1 Människans och robotens arbetsutrymmen illustrerade där ett gemensamt arbetsutrymme (GA) visas. Detta är en alternativ modell av [10, s.8].

De olika sätt att arbeta med en cobot definierades också i studien [10] och beskrivs med hjälp av bilderna till höger (figur 2) enligt följande:

- Cell: Coboten arbetar inom ett inhägnat område. Detta är vanligt för större robotar
- Coexistence: Coboten arbetar utan inhägnat område bredvid operatörens arbetsutrymme
- Synchronized: Coboten och operatören delar arbetsutrymme men är aldrig i det gemensamma arbetsutrymmet samtidigt.
- Cooperation: Båda parter är i det gemensamma arbetsutrymmet men arbetar inte på samma produkt eller del.
- Collaboration: Operatören och coboten arbetar gemensamt på samma produkt eller komponent. Observera att detta kan endast ske i det gemensamma arbetsutrymmet.



Figur 2 De olika integrationsnivåerna. Detta är en alternativ modell av [10, s.9]

Vad studien med visade var att det finns näst intill inga som använder sig av "collaboration"-nivån, utan mestadels används coboten som "coexistence" [10].

2.2.2 Universal Robots och deras olika modeller

Den cobot som har använts i detta projektet är från företaget Universal Robots (UR). De har sedan företagets start (år 2005) jobbat med målet om att göra användandet av robotar i produktion möjligt för små och medelstora företag [12]. Grundarna såg att marknaden var dominerad av stora, dyra och klumpiga robotar och att marknaden behövde ett annat alternativ.

Det var under år 2008 som företaget sålde sin första cobot UR5. Denna vägde 18 kg, hade en lyftkapacitet på 5 kg och ett arbetsområde med radien 85cm räknat från cobotens bas. Det var en 6-axlad robotarm som revolutionerade robotindustrimarknaden [12].

Företaget fortsatte att växa och hade vid 2012 etablerat sig i Europa, Kina och USA. Det var också under detta året som deras andra modell kom ut, UR10. Denna har en lyftkapacitet på 10kg och en räckvidd på 130 cm.

År 2015 släppte företaget UR3 vilket var deras minsta cobot hitintills. Denna marknadsfördes som en lätt cobot att ha på arbetsbänken som kan utföra lätta monteringsuppgifter. Den väger 11 kg, har en lyftkapacitet på 3kg och 50cm räckvidd [13]. Den har också i sin sista led obegränsad rotation, vilket de andra modellerna inte har, detta gör att den lättare kan användas för att skruva.

Företaget lanserade år 2017 en gratis e-utbildning (utbildning på webbsida) på sin hemsida. Under denna utbildning lärs programmering och säkerhetsinställningar ut. Men också hur verktyg monteras på coboten och de olika I/O-portarna konfigureras.

Företaget har under den senaste tiden kommit ut med en ny variant till sina tre modeller som de på sin hemsida kallar e-modellen. Så nu finns UR3e, UR5e och UR10e. Den nya serien är en uppdaterad variant av den tidigare och har bland annat nytt mjukvaruprogram (HMI), en kraft- och verktygsvidmoment sensor, samt att den är tystare än de förra [14].

2.3 Tekniska specifikationen SIS-ISO/TS 15066:2016

Denna tekniska specifikation är på engelska och har översatts. All information som nämns i detta avsnittet är taget ur specifikationen SIS-ISO/TS 15066:2016 [15].

Målet med kollaborativa robotar är att kombinera den upprepande förmågan roboten besitter med de individuella skickligheterna och kunskaperna människan har. Människan har problemlösningen och robotarna har precisionen, kraften och uthålligheten.

Vanligtvis, för att uppnå hög säkerhet, har operatören ingen tillgång att befinna sig inom en robots arbetsområde när den är i arbete. Därav blir många olika moment som kräver mänsklig inblandning svåra att automatisera vid användning av ett sådant system.

Denna tekniska specifikation utgår från att coboten och operatören delar arbetsutrymme och bidrar då med guidning för hur arbetsförhållandena ska se ut. Viktigt är att kontrollera vissa variabler för att öka säkerheten. Sådana är till exempel hastighet och kraft. Dessa varierar beroende på vilka kroppsdelar som är i närheten av kontakt med coboten. En riskbedömning ska göras och är viktig inte bara för att robotsystemet ska vara säkert, utan också för den omgivning den placeras i.

Denna tekniska specifikation utgår delvis från de industriella specifikationerna ISO 10218-1 och ISO 10218-2. Så om en cobot ska utgå från denna tekniska specifikation så måste de industriella specifikationerna vara uppfyllda. Detta samband visas grafiskt i figur 3.



Figur 3 Bild från Åsas Fasth föreläsning som visar vad den tekniska specifikationen innehåller

2.3.1 Termer och definitioner

Kollaborativt arbete

Detta sker då en robot designad för att arbeta med människor jobbar i samverkan med en operatör i ett kollaborativt arbetsutrymme.

Kollaborativt arbetsutrymme

Det utrymme där cobot och operatör kan arbeta tillsammans på till exempel en produkt.

Quasi-static kontakt

Den kontakt där operatörs kroppsdel kläms av cobotens diverse delar. Detta kan vara mellan två av cobotens rörliga delar men också mellan cobot och statiskt objekt till exempel vägg eller arbetsbänk.

Transient kontakt

Kontakt mellan operatör och cobot där inget kläms utan krockar med vartannat vilket kan leda till förflyttning på träffad kroppsdel.

Skyddsavstånd

Den sträcka som anses lämplig mellan verktygs farligare delar (t.ex. vassa kanter) som är i rörelse och operatören i det kollaborativa arbetsutrymmet.

2.3.2 Hur kollaborativa robotsystem ska konstrueras.

Faror och risker kan förhindras genom att ha bra information för användning av cobot, utbildning, skyltar och skyddsutrustning, men också säkerhetsmått som förhindrar operatörer från att befinna sig på plats där fara kan ske. Detta kan då leda till skyddsstopp, begränsning av hastighet eller kraft hos coboten. Detta nås genom att ha en bra design på robotsystemet vilket i sin tur görs genom att riskbedöma och identifiera de uppgifter som utförs. Den tekniska specifikationen nämner olika riktlinjer som bör följas vid design för att få en säkrare arbetsplats där cobots är involverade.

2.3.2.1 *Kollaborativ tillämpningsdesign*

En viktig del vid design av layouten gällande coboten och dess omgivning är att eliminera risker och faror. Detta påverkar hur det färdiga arbetsutrymmet blir. Saker som ska tas hänsyn till är:

- Begränsningen i x-, y- och z-led som skapar cobotens arbetsutrymme.
- Det kollaborativa arbetsutrymmet och storleken på det, saker på den ytan så som tillfälliga hinder, åtkomstvägar som operatören tar för att flytta material inom utrymmet, förutsägbar kontakt mellan cobot och operatören.
- Ergonomi och operatörens kontakt med utrustningen ska överses. Detta kan vara saker som klarhet i kontrollerna, möjlig stress, utmattning eller bristande koncentration som uppkommer av den kollaborativa driften, fel av drift som kan förekomma både (avsiktligt och oavsiktligt) av operatör, olika reflexer som kan tänkas uppstå beroende på cobotens arbete och utrustning, relaterade kunskaper som krävs av operatören för att få arbeta med coboten och potentiella konsekvenser av enskilda eller repetitiva kontakter.

2.3.2.2 *Riskbedömning och identifiering av faror*

Integratören ska utföra en riskbedömning på det kollaborativa arbetet. Särskilt hänsynstagande ska tas till de potentiella avsedda eller förutsägbara oavsiktliga kontaktsituationerna mellan operatör och cobot, samt att en förväntad tillgänglighet för en operatör att interagera i det kollaborativa arbetsutrymmet måste inräknas.

Identifiering av de faror som coboten kan tillbringa ska göras. Detta kan vara saker som cobotens olika variabler (till exempel hastighet, kraft, last, moment, vridmoment, geometri, material), cobotens olika tillstånd då klämrisk finns samt operatörens position beroende på cobotens (t.ex. arbete under cobot). Identifiering av de faror som kan ske i hela cobotens arbetsområde ska med göras. Dessa kan vara saker så som ett verktygs vassa och utstickande kanter eller dålig ergonomi, operatörens rörelse och position i förhållande till delar som är i rörelse eller stilla. Det är också viktigt att veta vilken sorts krock/kontakt som kan ske. Därav ska fastställning vid kontakt bestämmas om det är quasi-static eller transient samt vilka kroppsdelar som är i farozon.

2.3.2.3 *Uppgiftsidentifiering*

Integratören ska också utföra en uppgiftsidentifiering där målet är att identifiera och dokumentera arbetet som operatören gör med coboten. Alla farokombinationer som kan uppstå från detta arbete ska identifieras. Dessa kombinationer involverar ofta:

- Hur ofta och hur länge operatören är inom det gemensamma arbetsutrymmet när coboten är i rörelse.
- Hur ofta och hur länge som operatören har kontakt med coboten då den är i normalt driftläge eller handguidnings läge.
- Skiftningen mellan kollaborativt arbete och det ickekollaborativa.
- Den automatiska eller manuella återställningen av cobotens rörelse efter det kollaborativa arbetet har blivit klart.
- Arbeten som behöver fler än en operatör

2.3.2.4 *Krav för ett kollaborativt robotsystem*

Säkerhetsåtgärder som är inprogrammerade i coboten ska kunna avläsas på ett enkelt sätt. Detta kan exempelvis vara en checksumma. Detta för att förändringar i inställningar lättare ska kunna uppmärksammas. Säkerhetsinställningar som förändrar cobotens säkerhetsparametrar ska inte kunna ändras av obehöriga. Det ska finnas lösenord som hindrar denna förändring.

Det ska finnas en stoppfunktion som gör att operatören alltid ska ha tillgång till att stoppa drift av coboten. Att utföra denna funktion ska vara enkelt i form av en enförmig rörelse. Eller ska operatören ha en fri väg att lämna det kollaborativa arbetsutrymmet. Exempel på olika stoppfunktioner är en aktiveringsanordning, nödstopp eller att stoppa coboten för hand. Antalet och placeringen på nödstoppfunktioner ska bestämmas vid riskanalysen.

Enligt ISO 10218:2011 5.8 ska ett robotsystem innefatta en aktiveringsenhet, men detta kan ignoreras om målet som aktiveringsanordningen har kan uppfyllas av säkerhetsåtgärder eller med säkerhetsfunktionerna i cobotens mjukvara.

Skiftning mellan kollaborativt arbete och icke kollaborativt arbete ska ske så att coboten inte utgör större risker för operatören.

2.3.2.5 Kollaborativa arbetsmetoder

Kollaborativa arbetsmetoder kan innehålla en eller fler av dessa:

- a) Safety-rated monitored stop
 - b) Handguidningssystem
 - c) Hastighet och avståndsovervakning
 - d) Effekt och kraftbegränsning
- a) Används för att upphöra cobotens rörelse före operatören stiger in i det kollaborativa arbetsutrymmet för att integrera med coboten för att till exempel byta verktyg på coboten eller utföra andra uppgifter inom det kollaborativa arbetsutrymmet.

Om ingen operatör är i det kollaborativa arbetsutrymmet så kan coboten arbeta icke-kollaborativt både inne och utanför arbetsutrymmet. Men om coboten är i safety-rated monitored stop får den inte träda in i det kollaborativa arbetsutrymmet om operatören är där. Om istället coboten är i det kollaborativa arbetsutrymmet och safety-rated monitored stop är aktivt får operatören stiga in i utrymmet. När operatören sedan lämnar utrymmet så fortsätter coboten, utan ytterligare ingrepp, med sin uppgift. Bilden visar detta samband:

- b) I denna metod använder operatören ett handstyrt-stycke på coboten för att överföra den rörelseriktning som önskas. Innan operatören gör detta ska coboten vara i safety-rated monitored stop. Under tiden som operatören utför rörelserna ska safety-rated monitored stop vara avaktiverad men när coboten släpps fri ska det aktivera detta igen. Coboten ska inte gå att förflytta utanför begränsat område eller utanför det kollaborativa arbetsutrymmet. Det handstyrda stycket ska vara nära eller på cobotens verktyg och ha en nödstoppfunktion och en aktiveringsenhet, men bara om detta behövs. Handguidningssystemet kan ha ytterligare funktioner som till exempel kraft amplifierar som hjälper operatören flytta coboten och det lyfta föremålet, annat exempel är virtuella styr zoner som hjälper operatören flytta i rätt riktning.

c) I denna metod arbetar coboten och operatören samtidigt i det kollaborativa utrymmet. Säkerheten bibehålls genom att coboten alltid befinner sig på ett säkert

Cobotens rörelse eller stoppfunktion		Operatörs position m.a.p kollaborativa arbetsutrymmet	
		Utanför	Innanför
Cobotens position m.a.p det kollaborativa arbetsutrymmet	Utanför	Fortsätt	Fortsätt
	Innanför	Fortsätt	Skyddsstopp
	Innanför med safety-rated monitored stop aktivt	Fortsätt	Fortsätt

Figur 4 Visar cobots relation till operatör. Avritad från [15]

avstånd från operatören. Detta avstånd är det kortaste möjliga säkerhetsavstånd som är möjligt för att säkerheten ska bibehållas. Om operatörens och cobotens avstånd blir mindre än säkerhetsavståndet så stannar coboten. Den fortsätter sedan automatiskt när avståndet mellan dem ökar igen och blir längre än säkerhetsavståndet. Om hastigheten på coboten är hög så är också säkerhetsavståndet högt, lika så om hastigheten är lägre är avståndet lägre. Om någon farlig del av coboten och/eller cobotens verktyg kommer för nära operatören ska skyddstopp och säkerhetsrelaterade funktioner initieras till exempel stänga av farliga verktyg. För att coboten inte ska komma för nära operatören kan hastighets minskning följt av en övergång till safety-rated monitored stop användas, eller kan coboten programmeras att ändra sin riktning för att ta en alternativ väg vilket leder till att säkerhetsavståndet inte överskrids.

Den maximala tillåtna hastigheten och det minimala säkerhetsavståndet får lov att vara konstant eller varierande. Om konstanta värden väljs ska det under riskanalys fungera utöver hela cobotens drift.

I den tekniska specifikationen finns formler som beräknar säkerhetsavståndet som bör användas vid visst arbete. Det är inget som kommer användas i detta arbete och nämns därav inte.

- d) För att ha ett effekt- och kraftbegränsat kollaborativt arbete krävs det att coboten är designad för den typ av arbete. För att uppnå reducerad risk kan antingen skapa en fullt säker cobot eller skapa ett säkerhetsrelaterat system genom att de olika riskerna som operatören kan utsättas för hålls under gränsvärdena som fastställs under riskbedömningen. Kontakt mellan operatör och cobot kan ske både avsiktligt och oavsiktligt. Delar av arbetsutförandet kan till exempel involvera kontakt mellan cobot och operatör vilket då är en avsiktlig kontakt. Men om arbetsutförandet inte följs kan kontakt ske av olyckshändelse, då alltså utan tekniska problem. Sist så kan också fellägen leda till oavsiktliga kontaktsituationer. De två olika kontakttyperna har nämnts tidigare i avsnitt 2.3.1 (quasi-static kontakt och transient kontakt) tas hänsyn till för att riskreduceringen ska bli lyckad och utgår ifrån att operatören inte ska skadas vid kontaktsituationer. Detta nås genom att identifiera fall där sådan kontakt sker och beräkna sannolikhet att det uppstår. Efter detta utformas cobotsystemet och det kollaborativa arbetsutrymmet för att göra kontaktarna undvikbara och ovanliga. Dock betyder detta inte att kontakter kan ske, så gränsvärden för kraft och effekt tillämpas för att öka säkerheten. Dessa gränsvärden bestäms med avseende på riskbedömningen och innefattar: operatörens utsatta kroppsregioner för den specifika arbetssituationen, vilken typ av kontakt (quasi-static eller transient kontakt), anledning till kontakt uppstod, sannolikhet eller frekvens av förekomst och kontakt area, hastighet, kraft, tryck, moment och andra storheter som utmärker kontaktsituationen. I den tekniska specifikationen finns tabeller som visar gränsvärdena för de olika kroppsdelarna. Vid quasi-static kontakt finns gränsvärden för maximal kraft per area [N/cm^2] och maximal kraft [N]. För transient kontakt står den faktor som utgör gränsvärdet. Faktorn multipliceras med quasi-static kontaktens gränsvärden och ger då den transienta. För att reducera risken för skador kan även olika designmetoder av exempelvis cobotens verktyg användas. Detta kan nås genom att öka kontaktytan genom att ha rundade kanter och hörn, jämna ytor. Det kan också nås genom att ha ytor som tar åt sig kraften så som kuddar, formbara ytor.

2.4 Learning pyramid och Problem-Based Learning

Vid användande av Problem-Based Learning (PBL) måste studenten vara aktiv, kunna arbeta i lag, formulera problem, hitta information, förklara för andra och göra val som leder till slutsatser [20]. Detta är annorlunda jämfört med att memorera information vilket mer vanliga utlärningsmetoder brukar baseras på.

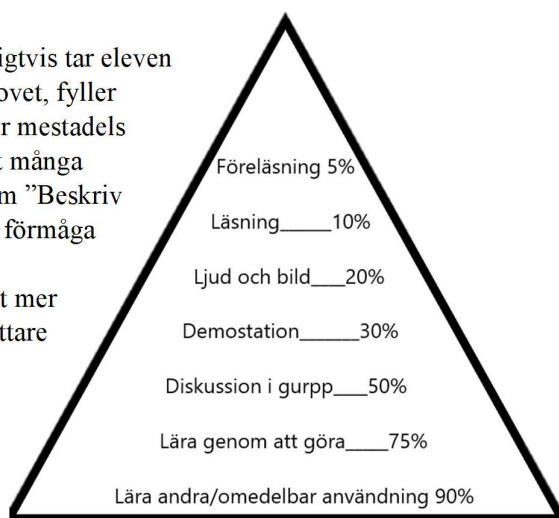
En PBL lektion kan se ut på följande sätt. En grupp av varierande storlek från 6 till 8 får ett problem som ska lösas. Information kring ämnet måste hittas. Gruppen blir övervakad och kontrolleras av läraren för att guida och ge råd för att hålla gruppen på rätt spår i arbetet. Det läraren inte ska göra är att bidra med information, gruppen ska själva åstadkomma lösningen. Gruppen är fri att fördela arbete mellan varandra.

Eleven lär sig mer effektivt vid aktiv inläring än passiv [20]. Saker som bidrar till att eleven är aktiv är inte att sitta i klassrummet och anteckna utan att använda sig av *lära genom att göra*. Detta är generellt mer effektivt än att läsa eller lyssna [20]. Genom att använda sig av detta är det en större sannolikhet att eleven kommer ihåg vad de har lärt sig. Men också det viktigaste, att göra ett sammandrag av den inlärd informationen och reflektera över den. Det här bidrar också till att de ser relevansen till vad de lär sig och kan koppla det till sammanhang.

De olika utläringssätten och deras effektivitet visas i figur 5. Denna kallas "learning pyramid" och visar hur effektiv utläringen är i form av hur mycket information eleven bibehåller.

Som figuren visar är föreläsning den sämsta rankade. Vanligtvis tar eleven anteckningar på föreläsningen och granskar dessa innan provet, fyller informationen till det kortvariga minnet och sedan glömmet mestadels efter [20]. Föreläsningar ses som ett effektivt sätt att lära ut många personer samtidigt på, men ofta så innefattar provfrågor som "Beskriv detta..." eller "Förklara...". Dessa frågor syftar på elevens förmåga att minnas, och uppmuntrar mer en mindre djup inläring "ytinläring" [20]. Att lära sig av att göra något är generellt mer effektivt än att läsa eller lyssna, och det tenderar att vara lättare att minnas vad som inlärs.

Det hjälper att reflektera över sin egen stil att lära sig. Lär du dig mer av att bli undervisad/utbildad, genom att lyssna på professorer, eller att läsa om dem? [20].



Figur 5 Learningpyramid avritad från [20]

3. Metod

I detta avsnitt beskrivs de metodval som gjorts i mål om att lyckas skapa ett bra utbildningsmaterial. För att göra detta krävs att förstå målgruppen. Detta har gjorts genom att ha öppna konversationer med en del operatörer. Likaså innehöll workshopen två enkäter, en i början av workshopen och en i slutet. Detta med målet att se om operatören fått en ny synvinkel på cobot som ämne och om utbildningen visade sig vara givande. Denna data samt konversationer med deltagande på workshopen har som mål att användas för att förbättra utbildningen.

I detta avsnitt beskrivs också utlärningsmetoder för att få workshopen att bli så intressant för operatören som möjligt.

För att kunna lära ut måste läraren kunna sitt ämne. Därför beskrivs också metoderna för den egna inläringen av programmering på cobot, säkerhet och utlärningsmetoder.

3.1 Inläring av programmering och säkerhet

Arbetet började med deltagande i Universal Robots webbaserade utbildning. Därefter skapades simpla program med det lilla som inlärts. För att sedan utvidga kunskaperna lästes cobotens användarmanual [17] för att förstå sig på cobotens olika mjukvarufunktioner som används i programmeringen men också de olika säkerhetsfunktionerna som går att tillämpa. Här skapades olika problemscenarion och mål som skulle programmeras. Till exempel användning av en viss funktion i kombination med en annan, men innan utförandet ställa användaren en fråga, osv. Allt i mål om att förstå sig på programmeringen så bra som möjligt. En teknisk specifikation [15] lästes i mål om att förstå sig på säkerhetskrav som ställs. Därefter skapades inställningar så som begränsade hastigheter och krafter, men också säkerhetsplan i mål om att testa och se hur coboten och programmet reagerade vid de olika inställningarna. Rundvandring på företaget gjordes och programmeringsexempel skapades baserat på problem i verkligheten. Tekniska specifikationen lästes och kunskapen om säkerheten ökade.

3.2 Workshopens utformning

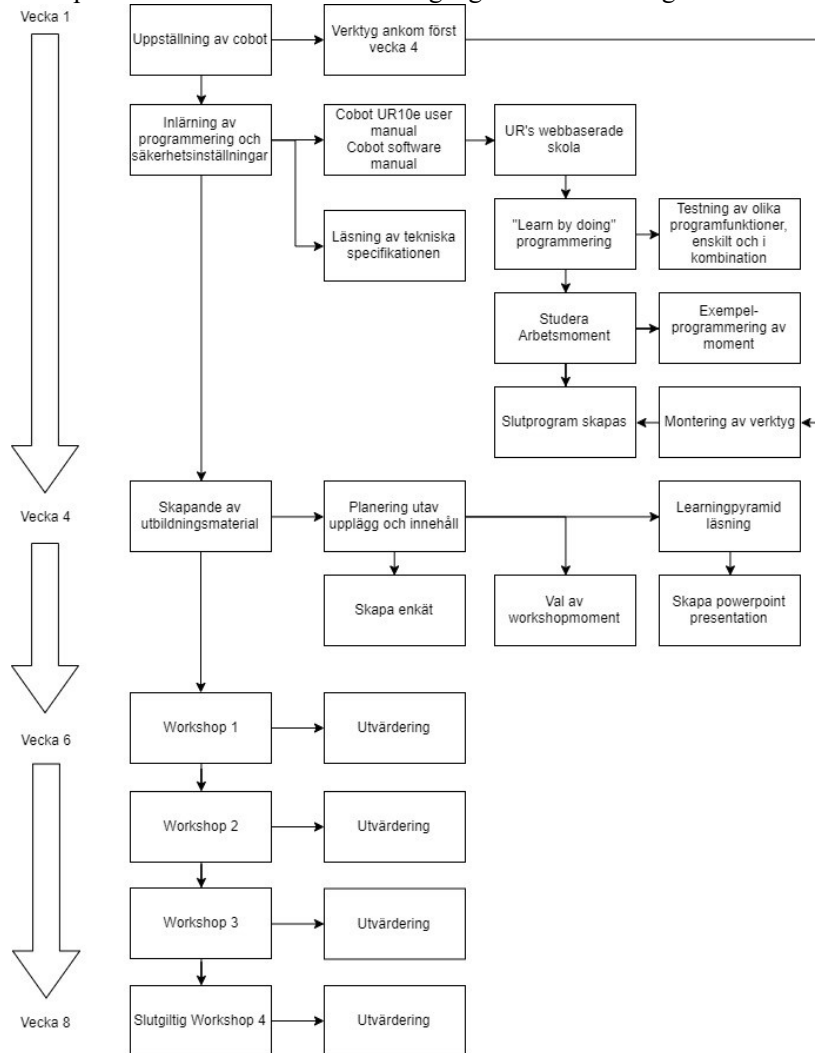
Företaget önskade ett utbildningsmaterial som innehöll en workshop. En workshop (om man inte tänker sig en verkstad) definieras som en träningssession där flera deltagare gör praktiska övningar med problemlösning som kräver att deltagarna är involverade [16]. Det är en blandning av lektion, diskussion och demostation. Då jag själv varit på olika workshops hade jag en bild av hur en sådan ser ut, men anledningen till varför det ser ut som det gör var inte känt sedan tidigare. Så för att utvidga dessa kunskaper och göra workshopen så bra som möjligt lästes en artikel om "Problem-Based Learning" och "Learning pyramid" [20]. Detta påverkade hur resultatet av workshopens utformning blev. Bland annat innehöll den en presentation i början av workshopen. Denna presentation utgick från inlärd programmering och innehåll av den tekniska specifikationen.

3.3 Enkät

Frågor som ansågs vara relevanta i syfte med att förbättra workshopen samt frågor för att förstå sig på operatörerna, ställdes i början och i slutet av varje workshop. Här fick operatörerna kommentera och svara på saker som vilka tankar de har kring cobots, varför de finns och hur säkra de anser att den är. I slutet av workshopen fick de svara på liknande frågor för att kunna se om de har ändrat uppfattning kring ämnet. Frågor som ställdes då var saker som om de har ändrat uppfattning om coboten, om de har något moment där de skulle kunna tänka sig att en cobot skulle kunna arbeta och återigen frågan om hur säkra de uppskattar att coboten är.

4. Empiri

Följande kapitel kommer att beskriva arbetsgången som visas i figur 6.



Figur 6 Flödesschema på arbetsprocessen

4.1 Uppstart av arbete

Första arbetsdagen på The Absolut Company startade med en rundtur på företagets olika lokaler och produktionslinjer. Detta för att lära känna företaget bättre men också för att hitta lämplig lokal där arbetet kunde utföras, hälsa på arbetskamrater och bilda mig en förståelse kring hur företagets produktion ser ut.

Den lokal som passade bäst för att utföra arbetet på var en av de verkstäder som fanns. Där skulle coboten få plats för att kunna programmeras på. Dock för mekaniker in och ut från verkstaden vilket ledde till arbetsutrymmet för coboten var delvis begränsat. Detta togs i åtanke senare in i arbetet då säkerhetsplan satts upp.

Coboten kom i två lådor och hämtades från lagret in till verkstaden. I lådorna fanns coboten, kontrollskåpet, pedanten och medföljande sladdar (se figur 7, 8). Coboten monterades på, vad som i tanken var en provisorisk lösning, en lastpall med ett tunt lager trä över (se figur 9). Detta gjorde att coboten var lite ostabil men endast på grund av pallen. Tunna träskivor under pallen stabiliserade tillräckligt mycket för att vältricken skulle vara noll. Detta gjorde att cobotens stabilitet var mindre bra ju längre från basen munstycket var. Dock tillräckligt bra för att användas i utbildningssyfte.

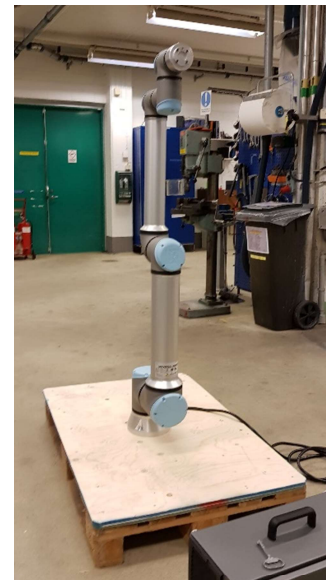
Coboten kopplades direkt in i kontrollskåpet vars strömsladd sedan sattes i väggen. Pendanten, vilket är den panel som man intrigerar med cobotens mjukvaruprogram på, sitter direkt fast i kontrollskåpet.



Figur 7 Kontrollskåp och pendant



Figur 8 Cobot så som den levererades



Figur 9 Cobot monterad och redo för att programmeras

Efter ett antal veckor monterades ett greppverktyg på i cobotens endfaktor (se figur 10, 11). Detta var ett elektriskt greppverktyg med 3D-printade detaljer anpassade för att lyfta The Absolut Companys flaskor. Verktöget styrdes av cobotens mjukvaruprogram genom en sladd mellan endfaktor och greppverktyg. För att detta skulle vara möjligt användes cobotens- [17, I-41] och greppverktygets användarmanual [18] för att rätt utgångar från coboten skulle matcha med greppverktygets ingångar. Utav endfaktorns åtta in/utgångar användes jord, 24V och den digitala 24V utgången som signal. Vid användande av verktöget varierade 24V utgången mellan 0 och 24V för att öppna och stänga verktöget. Med verktöget tillkom magnetiska sensorer som kunde monteras på för att få signal om verktöget var öppet eller stängt. Detta monterades inte dit för att det ansågs inte behövas i utbildningssyfte.



Figur 10 3D-printade grippfingrar



Figur 11 Elektrisk greppverktyg monterat

4.2 Inläring av programmering

För att ett utbildningsmaterial som innehåller programmering ska vara möjligt att skapa behövs grundläggande kompetens och kunskap kring hur man programmerar just på Universal Robot's UR10e cobot. Detta har åstadkommit med hjälp av cobotens mjukvarumanual och Universal Robots webbaserade utbildning. Kunskaper inom java- och C programmering sedan tidigare har underlättat för att förstå. Kunskap kring de olika funktionerna i ett programs uppbyggnad är alltså känt sedan tidigare. Detta betyder dock inte att programmeringen för en UR-cobot inte är likadan som annan programmering. Därför lades de tre första veckorna på att programmera och lära sig hur coboten fungerar.

Till en början programmerades coboten utan ett verktyg. Då programmerades mest rörelser och mönster för att förstå sig på hur programmet byggs upp och hur man handskas i mjukvaran.

4.2.1 Universal Robots webbaserade utbildning

En utbildning på Universal Robots (UR's) hemsida fick jag rekommenderat att göra av min handledare på The Absolut Company. Detta var ett bra sätt för att få en allmänbildning kring hur coboten fungerar, hur man skapar sitt första program och hur man kopplar in givare. Sakerna så som säkerhetsinställningar genomgicks också i denna utbildningen.

Utbildningen innehöll moduler som man gick igenom. Dessa var interaktiva instruktionsvideor där man fick lära sig moment och sedan i slutet genomgå ett test för att klara av modulen. På så sätt fick man fortsätta i till nästa modul.

Så den egna inläringen av programmeringen började med UR's utbildning. Denna startade med att ge en grundlig förståelse kring cobotens fysiska egenskaper. Till exempel hur många axlar den har och hur man kopplar in och startar den. Vidare fortsätter utbildningen med att visa hur man startar coboten, hur man startar sitt första program, flyttar coboten med sin hand för genom att hålla ner en knapp på pendenten och hur den kan flyttas genom programmets mjukvara. Vidare avancerades instruktionerna

genom utläring av hur man kopplar in givare och namnger dem i cobotens inställningar. De olika ”move”-funktionerna visades och skillnaderna mellan dessa. Hur säkerhetsinställningar ändrades visades också. Till exempel då hur plan lades till och agerade med avseende på verktygets position.

Efter denna utbildning var det lätt att gå vidare och fördjupa sig inom programmeringen.

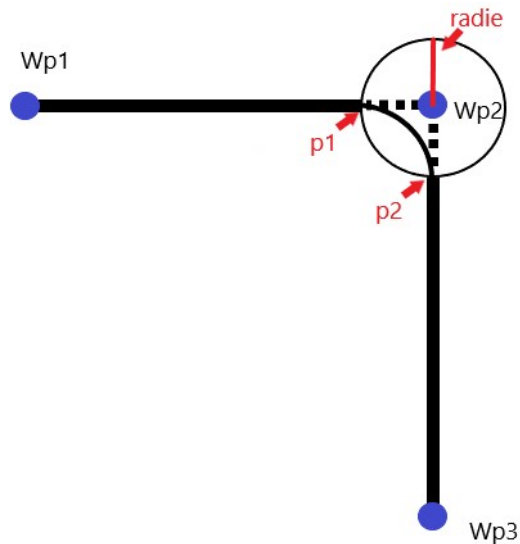
4.2.2 Learn by doing

För att lära sig programmera användes learn by doing metod. Detta användes på så sätt att olika funktioner testades och sedan kombinerades. En rad olika testprogram skapades och gav en bredare förståelse hur cobotens mjukvaruprogram fungerade.

4.2.2.1 Det första programmet

Efter UR's utbildning skapades det första programmet. Målet med detta program var att använda de olika move-funktionerna för att rotera coboten flera varv längst med pallen som coboten var monterad på. Programmet började i ett av pallens hörn och följde kanten runt nästan ett varv. Precis innan ett varv stannade coboten och texten på pendanten sa ”Protective stop”. Coboten hade alltså säkerhetsstoppas. Anledningen var att basen inte kan rotera mer än 360 grader åt samma håll. För att lösa detta problem vändes programmet så att de tidigare positionerna kopierades och skapade en kontinuerlig loop där coboten for fram och tillbaka längst med pallens kanter. På detta sätt överskreds inte basens rotation och säkerhetsstopp införträffades inte längre. MoveJ, som är den rörelse som gör att cobotens alla axlar roterar i olika hastigheter för att bli klara med sin rotation exakt samtidigt, användes till en början. Med denna move-funktion studerades rörelsen av cobotens TCP (tool-center point, vilket är den punkt som är verktygets exempelvis grepppunkt, limpunkt eller svetspunkt. Denna beror på vilket verktyg det är och des dimensioner). Här noterades det att hastigheten var hög och att rörelsen var böjd mellan alla punkterna. Vidare testades MoveL, vilket är den linjära funktionen vilket resulterar i att cobotens TCP flyttas ”fågelvägen” mellan två waypoints. Alltså den kortaste möjligaste vägen. För att detta ska vara möjligt får cobotens mjukvaruprogram använda mer avancerade beräkningar för att åstadkomma den linjära rörelsen. Det syntes i drift av programmet att rörelsen var mer kontrollerad och långsammare. Till sist testades den sista move-funktionen, MoveP, vilket är lik MoveL med sin linjära rörelse med konstant hastighet. Skillnaden med denna är att funktionen skapar ett avrundat hörn vid varje waypoint vilket skapar (vad som ser ut som) en rörelse av TCP som är mer kontinuerligt [17, II-41]. En radie kan ställas in i MoveP funktionen vilket avgör hur stort avrundad rörelsen ska vara. Skillnaden mellan MoveL och MoveP syntes här vara att MoveL var mer ”hackig” mellan waypointsen. Detta gör att MoveP används vid processer så som limning och dispensering [17, II-41].

Vidare utforskades hur UR's mjukvaruprogram räknar ut MoveP's rörelse. Figur på sidan II-45 i användarmanualen [17] visar detta på ett bra sätt och har avritats nedan i figur 12. Stoppet vid Wp2 undviks genom att införa en radie kring punkten vilket skapar två nya punkter p1 och p2. Så när TCP kommer i kontakt med radien inleds förbigången och avviker från originalbanan [17, II-45]. Detta gör att coboten inte behöver bromsa och accelerera igen vilket ger en mjukare rörelse.



Figur 12 Hur MoveP rörelsen avgörs beroende på radie. Avritad från [17, 11-45]

Vad som senare i arbetet inlärdes var hur man använde relative waypoint. Detta används i det slutgiltiga programmet som beskrivs i avsnitt 5.4. Relative waypoint är en waypoint som utgår ifrån var cobotens TCP befinner sig. Detta används om man har en rörelse som upprepas flertal gånger men är relativ till var coboten arbetar. Det till exempel användas vid lämning av ett föremål. Då gripklon släpper föremålet kan det användas för att gripklon ska få en fri yta att förflytta sig på utan att välta produkten. Den relativa waypointen är i detta fall en förflyttning rakt upp och kan användas vid lämningar av samma produkt fast på andra positioner.

4.2.2.2 Säkerhetsplan och reducerad hastighet

Vidare fördjupades kunskaperna om säkerhetsplanen och reducerade hastigheter då detta är en viktig faktor i de sammanhang där cobot ska arbeta i samarbete med operatör. Från UR's utbildning erhöles en del kunskap. Dessa var hur man skapade plan och de olika planens betydelser.

Det finns fyra olika sorters plan som kan skapas var som helst kring coboten. Den första är Normlplan. Detta plan kan inte passeras då cobotens säkerhetssystem är i normalt driftläge. Normalt driftläge innebär att coboten utgår från de inställningar den har i det läget. Vidare finns reducerat driftläge där coboten då har minskade hastighet, kraft osv. enligt vad inställningen säger. Det andra planet är det reducerade planet. Coboten kan här inte passera planet då den är i reducerat säkerhetsläge. Vidare är den tredje plansorten en kombination av det normala och reducerade planet. Vid ett sådant plan kan inte cobotens TCP passera planet oavsett säkerhetsinställning. Det är så planen fungerar, coboten vet var verktygets TCP är samt cobotens armbåge. Dessa två kan inte passera planen. Det finns undantag dock, i mjukvaruprogrammet kan inställningen av planet ändras för att få cobotens armbåge att bortses från att inte få passera planet.

Det fjärde planet kan kallas en utlösning av det reducerade läget. När coboten passerar detta plan går den från normalt läge till reducerat läge. Hastigheten och kraften minskar alltså vid förbi passering av planet. Detta är bra att använda då coboten förflyttar sig in i det kollaborativa arbetsutrymmet.

Då arbetet utfördes i en verkstad med både maskiner och mekaniker i, skapades säkerhetsplan så coboten inte kunde komma i kontakt med maskiner, samt att den gick i reducerad hastighet då den färdades där mekaniker hade kunnat befinna sig. Detta var bra då det inte alltid var säkert att full

säkerhetskontroll kunde uppnås. Det var konstant "trafik" av mekaniker som for ut och in genom verkstaden och stundtals stannade mekaniker och andra anställda och tittade på coboten. Det var då viktigt om i fall att coboten skulle befinna sig i en farlig zon, så skulle den vara i reducerad hastighet eller till och med vara begränsad från att befinna sig där.

Vid ett tillfälle kom coboten i kontakt med ett normalplan vilket resulterade i ett nödstopp. Detta var under programkörning där coboten i slutet av programmet gick från den sista waypointen till den första. Programmet loopas automatiskt och vägen mellan den sista och första waypointen är utförd alltid med en MoveJ. Detta gjorde att TCP banan inte var beräknelig mellan de två punkterna. I detta fallet resulterade det i att coboten inte for in i närliggande arbetsbänk.

Vidare testades den reducerade hastigheten med olika inställningar för att se hur känslig coboten kunde vara. Den lägsta inställningen var 10N, vilket innebar att coboten stannade om den kände ett motstånd av 10N i sitt munstycke.

4.2.2.3 *Pallet funktion*

Vid inspektion av de olika funktionerna som finns i cobotens mjukvaruprogram hittades Pallet. Om denna funktion lades till i programmet tillkom en rad olika punkter i programträdet. Detta undersöktes närmare i användarmanualen [17, II-60] och pallet funktionen visade sig vara en bra funktion att använda då rörelser med mönster ska utföras. Till exempel kan man med denna funktionen få coboten att placera föremål på rät linje, i rutform, kubform eller i listform. Dessa kallas på engelska och i programmet, line, square, box och list. Med "line" placeras föremål längst en linje, exempelvis sätta ut konor på fotbollsplan. Med "square" rutmönster, exempelvis spelpjäserna i schack. Med "box" exempelvis sätta klossar till en kub. Och till sist "list" där man lägger till egna punkter där coboten ska agera. List kan därav användas då det inte har att göra med symmetriska placeringar men placeringar i mönster.

Ett program skapades med mål att låtsas plocka upp flaskor från samma ställe och sedan placera flaskorna i ett mönster (3x2). I praktiken kunde detta jämföras med att flaskor flyttades från produktionens band ner i kartonger. Innan Pallet funktionen användes så programmerades själva "plocka upp" sekvensen. Detta för att varje gång programmet börjar om så ska det plocka upp en ny flaskor. Pallet funktionen sparar ett värde i en variabel så den vet antalet flaskor den ska plocka upp innan den börjar om igen. Så i praktiken kan detta jämföras med att hela mönstret är uppfyllt, alltså att kartongen är full med flaskor, sedan nollställs variabeln och palletfunktionen börjar göra mönstret på nytt.

Vidare lades Pallet till i programträdet. Det första som väljs är vilket sorts mönster som ska användas. Detta görs under ett av Pallets underrubriker Pattern. Här valdes då det rutiga mönstret med 3 x 2 flaskor. Det som palletfunktionen sedan kräver är de positioner som skapar rutan. Dessa markeras med hjälp av cobotens TCP och läggs in som waypoints under Pattern. Mjukvaruprogrammet fördelar sedan flaskorna jämnt mellan med avseende på det ifyllda antalet (3x2) alltså 3 i längd och 2 i bredd. Sedan måste den andra underrubriken PalletSequence fyllas i. Hos denna finns waypoints som Approach_1, PatternPoint_1 och Exit_1, men också andra kommandon som Set och Wait. "Approach" är där TCP ska vara innan den börjar röra sig mot positionen där flaskan ska stå. Denna position experimenterades det med vilket resulterade i att den kan användas som infallsvinkel inför nerplaceringen. Sedan är "Patternpoint" hur långt ner flaskan ska placeras. Alltså hur nära flaskan ska släppas från underlaget. Set är vad verktyget ska göra, öppna/stänga. "Wait" är en paus i programmet, detta kan behövas för att gripklo ska hinna släppa. Och sedan "Exit", som är den position efter TCP ska flyttas till efter placeringen är klar.

4.2.2.4 *Resterande funktioner*

Andra funktioner som också användes i programmeringsexemplena men som redan var kända sedan tidigare var till exempel if-satser, tilldelning av variabler, loop, kommentarer, popup-fönstret.

Funktioner som dessa är ofta förekommande vid programmering. Därav fanns redan kunskap kring detta sedan tidigare och har därav valts att inte förklara mer i detalj.

4.3 Studerat moment och exempelprogrammering

Vidare studerades moment på fabriken där en cobot hade kunnat implementeras. Detta med mål om att kunna applicera den inlärd programeringen i verkligt sammanhang. Detta dock inte med avsikten att implementeras i verkligheten utan endast teoretiskt. Den tekniska specifikationen hade vid detta laget lästs, vilket togs i åtanke kring de lösningar som föreslogs.

4.3.1 Studerade moment

Rundtur med handledaren på fabriken bidrog till att två moment studerades och ansågs vara rimliga att använda sig av cobots. Det ena var handpacken. Vid denna arbetsplats placerades mindre detaljer på flaskorna. Dessa flaskor produceras i mindre omgångar, relativt sällan, endast vid speciella sammanhang. Vid inspektion var det "halsband" som placerades kring flaskans hals av montörer. Detta moment hade en bit lyft av flaskor som kan elimineras med cobot. Det andra momentet som studerades var flexlinjen. Detta är en linje som är till för att producera de större flaskorna. Dessa flaskor görs inte i stora omgångar och kan inte produceras i de befintliga "vanliga" maskinerna (de maskiner som producerar de andra mer vanliga storlekarna). Vid detta moment var det också lyftmoment som kunde elimineras.

Handpacken valdes att exempelprogrammeras då det innebar mer avancerad programmering än flexlinjen. De båda var "pick and place"-moment, dock var skillnaderna mellan dessa essentiell.

4.3.2 Handpack

En pall ställs vid bord. Lock på kartonger skärs av. Flaskor lyfts ur och placeras på bordet. Detaljer, som strumpor, halsband, sätts på flaska. Flaska sätts ner i kartong. Kartong förs ner på bandet.

Så ser arbetsprocessen ut för handpacken. Det var framförallt förflyttningen av flaskor från pall till bordet som ansågs vara ersättningsbart av en cobot. Detta hade gjort att operatörer inte behöver flytta/lyfta flaskor vilket i sin tur förbättrar den ergonomiska arbetsplatsen. I dagsläget förs kartonger från pallen över till bordet. Där öppnas kartonger och flaskor lyfts ut. Efterhand som pallen töms så höjs den med en palltruck för att kartongerna på nästa lager också ska kunna försas över.

För att en cobot ska kunna jobba på denna plats behövs vissa krav vara uppfyllda. Med konversation med en av operatörerna samt diskussion med handledare kom dessa krav fram till att vara:

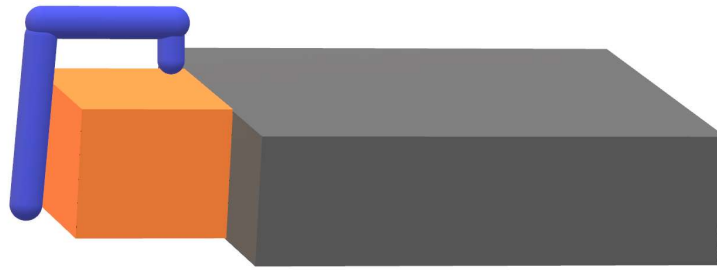
- Det måste gå snabbt. Coboten får inte ta längre tid på sig än tidigare.
- Det får inte anses som ett besvär. Rörelsen på coboten får inte störa operatörer.
- Göra hela jobbet. Alltså ta bort momentet från operatören så mycket som möjligt.

För att dessa ska kunna uppfyllas måste coboten kunna:

1. Lyfta flera flaskor åt gången.
2. Inte arbeta på för stor yta, för då begränsas operatörer.
3. Arbeta med så lite hjälp som möjligt

Med dessa problem i åtanke framtogs två olika lösningar. De båda innefattar att coboten lyfter fler flaskor än en flaska åt gången. Detta för att få upp hastigheten. De innefattar också att kartongerna måste öppnas innan coboten kan lyfta ut flaskor. De olika fallen har olika position på coboten, vilket har sina för- och nackdelar.

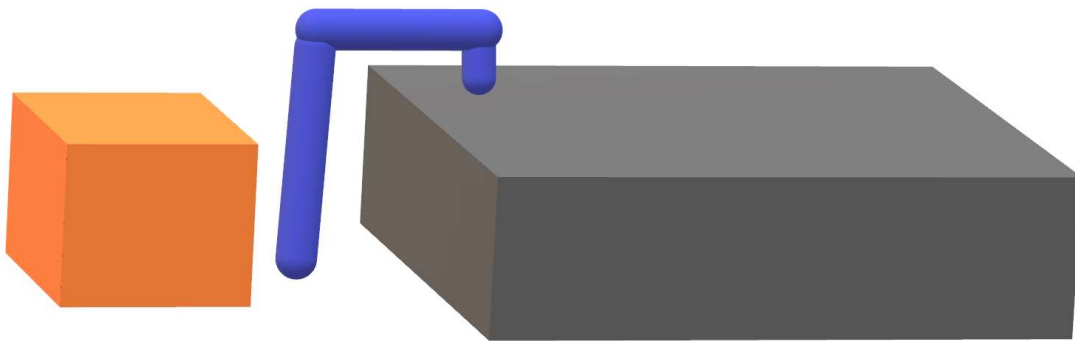
4.3.2.1 Lösningförslag 1



Figur 13 Lösningförslag 1. Coboten är blå i figuren. Pall är orange. Bord grå.

Här (i figur 13) är coboten placerad bakom pall och lyfter flaskor över pall och placerar de på bordet. Fördelarna med detta är att coboten rör sig i en riktning, detta gör att arbetsområdet blir mindre och det kan anses lättare att förstå vart coboten kommer röra sig. Nackdelen med denna lösningen är att coboten kanske saknar räckvidd. "Kanske" bara för att detta inte testats i verkligheten. En pall har bredden 80 cm (EU-pall). Så om bredden på pallen ställs emot bordet så är när coboten då räckvidden för den är 130cm. Pallen har dock en höjd vilket gör att coboten måste sträcka sig runt pallen. Detta kan lösas genom att coboten monteras i höjd med pallens högsta läge. Då får coboten utrymme att röra sig fritt på samt att pallen inte behövs höjas mellan alla lager.

4.3.2.2 Lösningförslag 2



Figur 14 Lösningförslag 2. Coboten är blå i figuren. Pall är orange. Bord grå

Här (i figur 14) är coboten placerad mellan bord och pall. Fördelar med denna är att coboten har bättre förutsättningar för att nå. Det kan också vara lättare att placera pallen här jämfört med förra lösningförslaget. Nackdelen med denna lösning är att coboten måste roteras. Detta gör att cobotens arbetsutrymme blir större och därav begränsas operatörens. Coboten är inte lika förutsägbar som förra lösningen och kan också ta längre tid att lyfta flaskorna då sträckan är längre.

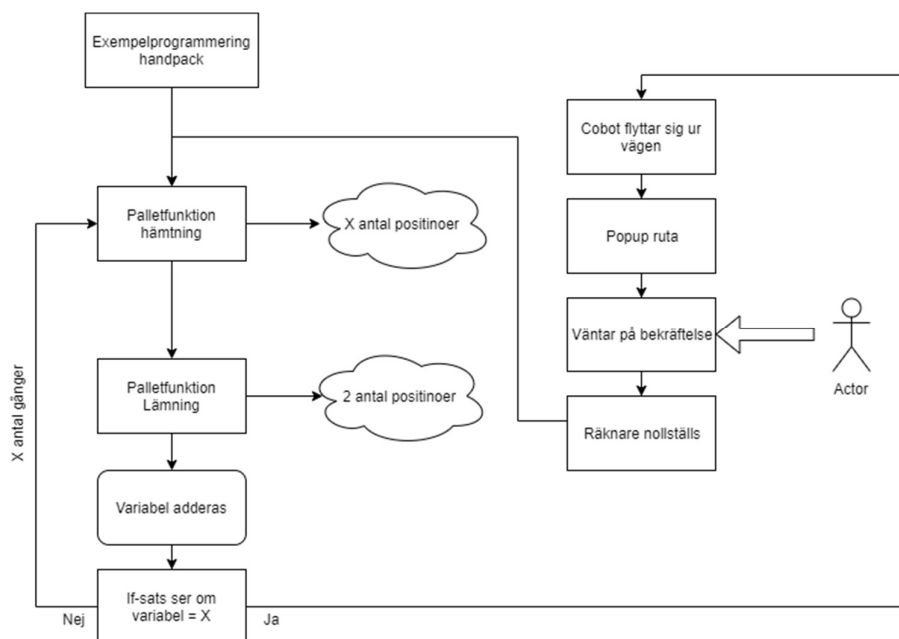
4.3.2.3 Exempelprogrammering handpack

Lösningförslag 1 ansågs bättre och valdes därför att exempelprogrammeras. Men för att exempelprogrammeringen inte skulle bli allt för detaljerad ignorerades pallmönster och hastigheter

som krävs för att det ska gå tillräckligt snabbt för att kunna användas i verkligheten. Det var själva programmeringen som var det huvudsakliga i denna del av arbetet.

För att plocka upp flaskor användes palletfunktionen. I denna användes "list" där alla positioner som coboten skulle plocka upp flaskor på lades in. Direkt efter denna användes en ytterligare palletfunktion. Denna då för placering av flaskor inte ska ske på samma ställe. Det står operatörer på båda sidorna av bordet så två positioner valdes att placera på.

I programmet lades också till en räknare som vid varje placering adderades. Då denna nådde antalet positioner i "list" ansågs pallens lager vara tomt. Programmet gick då in i en if-sats som gjorde att coboten flyttade sig för att inte ta plats och använde sig av en "pop-up" ruta som lydde "Bekräfta nytt pallager redo". Tanken var här att operatören tar bort tomma lådor, öppnar nya och sedan bekräftar att coboten kan börja tömma nästa lager. Programflödet beskrivs i figur 15.



Figur 15 Programflöde hos exempelprogrammering för handpack. Actor till höger på bilden är en operatör.

4.4 Slutgiltigt program

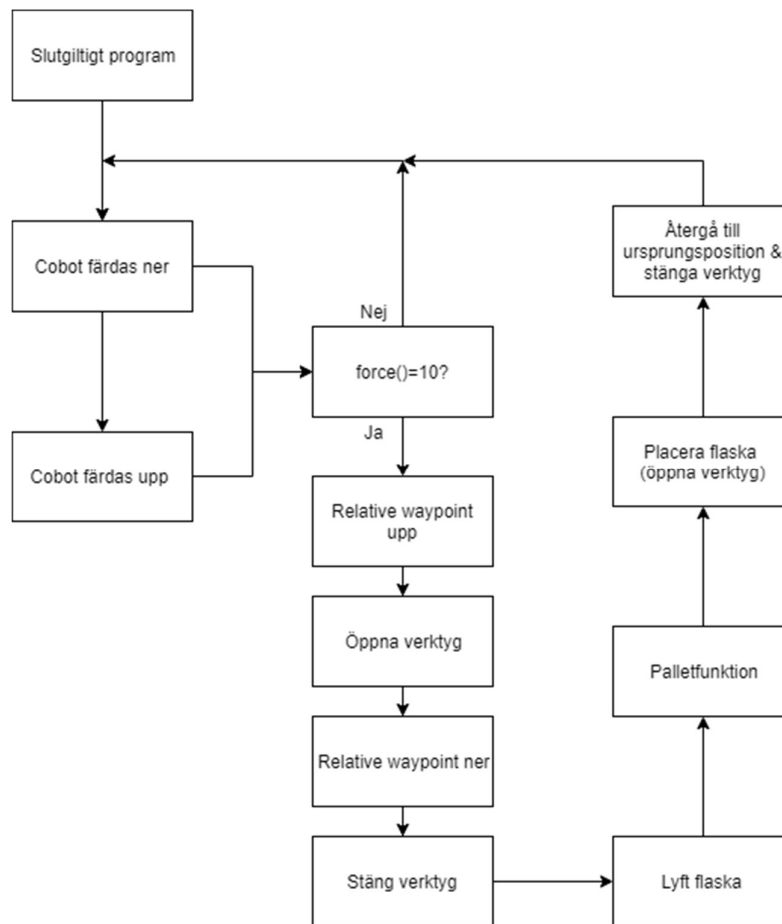
Vid skapandet av det slutgiltiga programmet hade planeringen av hur utbildningsmaterialet startat och greppverktyg (som nämndes i avsnitt 4) monterats. Tanken var att det i början av utbildningen skulle vara en demonstration av ett program som skulle intressera och samtidigt visa en del av cobotens potential.

För att uppnå detta studerades en rad olika videos på YouTube tills en som handlade om upplockning med hjälp av cobotens känslighet i slutfaktorn [19] funnits. I videons beskrivning står det att de använder cobotens "force" funktion. Med denna skapades det slutgiltiga programmet.

För att förstå sig på force-funktionen provkördes den och med hjälp av variabeldeklarering till denna insågs det att returvärdet funktionen gav var antal newton som TCP utsattes för. Detta insågs genom att force-funktionen placerades inne i en if-sats villkor. Då force() $=$ 10 (10 Newton) skulle programmet gå in i if-satsen. Då exempelvis tryck av handen mot cobotens TCP inträffades, gick programmet in i if-satsen.

Det slutgiltiga programmet börjar med att coboten färdas upp och ner lodrätt relativt långsamt så att den nästan nuddar pallen som den är monterad på. Den gör detta hela tiden tills if-satsen med force-funktionen uppfylls. Denna uppfylls då force() \geq 10, alltså då 10N känns av vid cobotens TCP. När detta sker används relative waypoint för att backa från flaskan, öppna verktyg, sänkas runt flaskhalsen och sedan stänga verktyget. Den har nu greppat fast flaskan. Med hjälp av relative waypoint får man alltid samma resultat som tidigare oberoende av i vilken höjd flaskan står. Om man till exempel skulle ställa flaskan på en kloss skulle coboten ändå kunna plocka upp flaskan som tidigare. Efter detta placeras flaskan med en palletfunktion på tre olika ställen. Flaskan som lyftes i detta fall var en 200ml flaska, vilket användes bara för ifall flaskan skulle gå sönder så skulle inte lika mycket innehåll spillas ut.

För enkelhetens skull beskrivs det slutgiltiga programmet i ett flödesdiagram i figur 16.



Figur 16 Programflöde för det slutgiltiga programmet. Om force() \geq 10 är det en flaska som har upptäckts och lyfts därefter bort.

5. Planering och skapande av utbildningsmaterial

I följande kapitel kommer arbetsprocessen för skapandet av utbildningsmaterialet att beskrivas. Detta så som planering, skapande av workshopmoment och presentationen. Även innehållet i presentationen beskrivs.

5.1 Planering

Planeringen av utbildningsmaterialet började med ett möte med handledaren på The Absolut Company. Vid detta möte diskuterades hur upplägget på utbildningen skulle se ut, hur lång, hur många som skulle delta per gång och var det skulle utföras.

Eftersom det fanns en cobot tillgänglig för att arbeta med så begränsades antalet som kunde utbildas per workshop. Det uppskattades att max 4 personer, detta skulle dock testas. Då skulle inte gruppen bli för stor för att någon skulle hamna vid sidan och inte vara delaktig, vilket i sin tur hade lett till att hen tar mindre del utav utbildningen. Att gruppen inte är större bidrar också positivt på arbetsflödet då utbildningen sker på arbetstid och det inte kan vara för många operatörer som lämnar sina produktionslinjer samtidigt.

Utbildningen planerades att ta ca 4 timmar med mat inräknat. Då det finns en stor mängd väsentlig information kring coboten och dess säkerhet, mjukvaruprogram, valdes det att ha en presentation i workshopens början. Detta valdes också för att olika människor lär sig på olika sätt, samt att fakta angående "leaning pyramid" (avsnitt 2.4) lästes och punkterna, demostation, ljud och bild, gick att få in i en presentation. Detta skulle följas med olika arbetsmoment för att ge operatören en ökad förståelse kring att arbeta med en cobot.

En enkät planerades att användas då det skapar ett bra sätt för operatörerna att tycka till om utbildningen, men samtidigt skapa en bra bild på operatörens förkunskaper och om utbildningen givit någon ny kunskap.

5.2 Skapande av workshopens moment

Redan från första början var det tydligt att operatörerna måste testa att utlösa cobotens säkerhetsstopp genom att "krocka" med coboten. I själva verket trycka emot någon av cobotens axlar så stop inträffar. Detta är inget som är obligatoriskt. Vill inte operatören, så ska ingen tvingas. Om det ska infinna sig fler cobotar på arbetsplatsen i framtiden och många arbetsuppgifter innefattar arbete med cobot, så lär det vara viktigt att lita på att coboten stannar när krock inträffar. Så det första momentet valdes att vara "krock med cobot".

Efter detta måste operatörerna lära sig att programmera de grundläggande rörelserna och funktionerna som att öppna och stänga verktyget. Detta för att vara redo för att bygga på den kunskapen inför nästa moment.

Nästa moment valdes att vara något som var arbetsrelaterat till operatören. Detta med anledning av att få operatören att se att cobotens nytta. Detta gjordes med ett "pick and place" moment på en Absolut-flaska. Tanken var då att operatörerna skulle programmera coboten så att en flaska plockas upp från pall och placeras på en annan höjd (exempelvis bord).

Då dessa tidigare moment byggt på kunskaper kring programmeringen av en cobot tänktes det att operatören nu ska få utmanas, men samtidigt inse att det kan vara svårt att få coboten att göra vissa saker, vilket i sin tur kräver mycket tid. Dock skulle kommande övningar inte ha någon seriös stämpel på sig, utan vara lite av mer avslappnade exempel. Detta för att inte ge intrycket över att det är något viktigt som måste programmeras.

Två moment, som skulle utföras parvis, valdes. Dessa var att få coboten att skriva på tangentbord och

rita på tavla. Andra alternativ som föreslogs men valdes bort i planeringsprocessen var, bygga med lego och bläddra i bok. Tanken med att operatörerna skulle jobba parvis var för att jobba, två och två, bidrar till mer tid per person vid pendenten (mer delaktighet), plus att de två andra kan, och får, hjälpa till och diskutera för att lyckas med uppgiften.

För att de två moment som valts skulle vara möjliga. Togs en whiteboardpenna och eltejp. Detta virades runt pennan för att skapa en tillräckligt tjock greppbar yta för verktyget. Med hjälp av detta kunde de ritas på tavla och skrivas på tangentbord med korken på.

5.3 Skapande av presentation och den färdiga presentationens utformning

Presentationen skapades genom att utgå från egna värderingar kring vad som var värt för operatören att veta. För att operatören ska kunna känna sig trygg vid en cobot på sin arbetsplats behöver hen veta vilka bakomliggande tankar som skapats vid implementeringen av coboten. Dessa baseras på de kunskaper som införskaffats i läsning av den tekniska specifikationen. En annan sak som operatören måste veta inför workshopen är hur programmeringen går till, samt hur mjukvaruprogrammet ser ut. En introduktion till vad en cobot är för något och vem som producerat den specifika cobot som används ger en bra bakgrund. Så detta har också skapats. Utifrån detta formades materialet och följande punkter beskrivs i presentationen:

- Mål med utbildningen
- Grundläggande information om coboten
- Säkerhet
- PolyScope (Mjukvaruprogrammet)
- Hur programmeringen går till

Presentationen börjar med att berätta för operatörerna varför de tar del av utbildningen. Målet är att operatören ska få komma i kontakt med coboten och programmera samt testa olika funktioner hos coboten. Detta för att bli tryggare med att jobba i närheten av en, bredda kunskaperna och förstå den bakomliggande säkerheten som finns hos coboten.

5.3.1 Grundläggande information

Vidare fortsätter presentationen med att prata mer generellt om Universal Robots (företaget som skapat coboten) och anledningen till att idén om att skapa en cobot kom till. De olika modellerna som företaget i dagsläget har beskrivs, samt de olika lyftkrafter och räckvidd. Här genomgicks också vilka av dessa som The Absolut Company har i sin fabrik idag. Därefter beskrivs några snabbfakta om UR10e, som är den cobot som används vid workshopen. Snabbfaktan innefattar, vikt, lyftkraft, antal digitala ingångar/utgångar och vad coboten är gjord av för material. Här nämns också lite information om kontrollskåpets antal ingångar och strömförbrukning.

5.3.2 Säkerhet

Vidare börjar säkerhetsavsnittet av PowerPointen presenteras. Detta börjar med att förklara de olika arbetsutrymmen som nämns i avsnitt 2.2 *Vad en cobot är*. Här beskrivs de olika sätt som operatören kan förväntas att arbeta med coboten, coexistence, synchronized, cooperation och collaboration, samt exempel på dessa. Här demonstrerades också hur plan fungerar. Detta gjordes genom att ett plan (skapat innan workshopen) testas genom att hålla in knappen på baksidan av pendenten, vilket sätter coboten handguidat läge, och med detta föra coboten mot planet. Coboten gör allt för att inte passera planet. Här förklarades då TCP, plan och det handguidade läget.

Vidare förklarades de saker som installatören ska tänka på vid installation av coboten, alltså vad riskbedömningen innebar. Denna information togs från den tekniska specifikationen [15]. Det som togs upp att installatören tänker på var: avgränsning av arbetsutrymmet, saker som kan påverka

arbetsytan, tillgänglighet för operatören, de avsedda och rimligen förutsebara kontakterna mellan cobot och operatör, åtkomstvägar, olycksmoment kring coboten, människans kontakt med coboten, klarhet för operatören i hur man styr coboten, möjlig stress, utmattning, bristande av koncentration och konsekvenserna av reaktioner som kan uppstå på grund av detta, de kunskaper som operatören behöver för att arbeta med coboten, konsekvenser av enskilda eller repetitiva kontakter. Samtliga punkter förklarades och en del av dem beskrevs med exempel. Till exempel ”olycksmoment kring coboten” kan vara saker som sladdar eller liknande föremål som kan bidra till fall mot coboten.

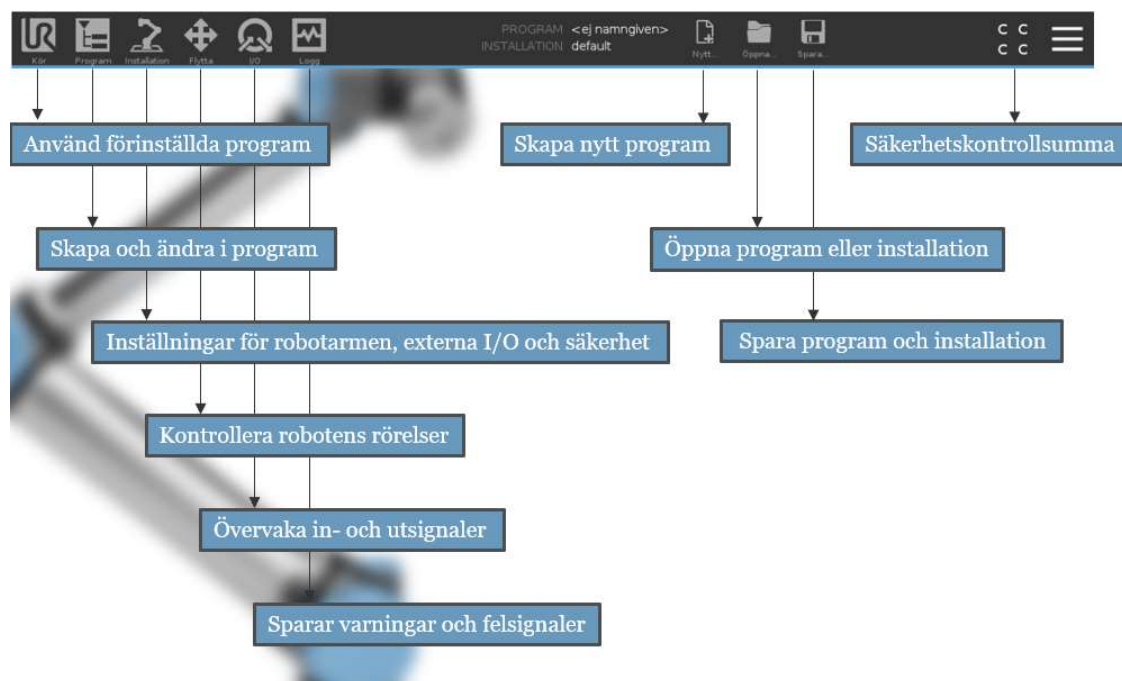
Efter detta visades en video från Youtube [21]. I denna visades en operatör på en bilfabrik som arbetade med detaljer i samarbete med en cobot. Denna cobot var inte en av UR's, men klippet visade många av de punkter som precis tagits upp.

Vidare beskrevs de olika användarbegränsningarna samt de två lägena som coboten kan befinna sig i. Där den ena är det manuella läget som tillåter en att programmera, och den andra är den automatiska där du endast kan köra befintliga program. Här nämns också att säkerhetskod krävs för att byta till det manuella läget, samt att koden också behövs för att ändra säkerhetsinställningar.

Därefter förklaras de olika sätt installatören kan göra coboten säkrare. Det som syftas på då är kraft och effektbegränsning, momentbegränsning, positionsbegränsning så som plan (vilket redan demonstrerats tidigare) och sist orienteringsbegränsning av verktyg. Vid förklaring av dessa ges exempel, så som: vid kraftbegränsning att klämrisker minskar, momentbegränsning att stötkrafter minskar och vid orienteringsbegränsning att vassa kanter av ett verktyg kan riktas från operatören.

5.3.3 PolyScope och programmeringen

Vidare visas startskärmen på mjukvaruprogrammet PolyScope. Här demonstreras hur man startar coboten samt att coboten läser axlarna vid avstängning. Sedan åskådliggörs vad de olika rubrikerna i programmet gör och vad de betyder, se exempel ifrån presentationen i figur 17. Här påpekas de rubriker som operatören kommer att använda i workshopen extra noga. Tanken är inte att operatören ska komma ihåg samtliga.



Figur 17 Programmet PolyScopes olika rubriker från presentationen.

Vidare visar presentationen bilder på hur de olika inställningarna ser ut i programmets installationsrubrik. Robotbegränsningar, säkerhetsplan, funktioner för att skapa plan, TCP inställningar, verktygets position och riktning, I/O-inställningar för både cobotens och dess verktyg, samt hur man stänger av och sätter på verktyget i I/O-rubriken visades och förklarades. Dessa förklarades dock inte med så stor vikt då det inte var så väsentligt för operatören att veta exakt denna fakta. Detta nämns mer om i diskussionsavsnittet.

Fortsättningsvis började programmeringen förklaras och demonstreras. Här visades hur man arbetar i programmeringsfliken. Till exempel visas hur man lägger in, kopierar, klistrar in, raderar och flyttar kod upp och ner i programmet. Vidare beskrivs de olika rörelsetyperna, MoveJ, MoveL, MoveP, samt hur programmeringen med dessa ser ut. Ett programmeringsexempel visa hur ett program byggs och hur de olika rörelsetyperna ser ut i drift. Skapandet av waypoints genom att hålla i handguidningsknappen på baksidan visas, men också hur den digitala förflyttningen av TCP används.

Wait och Set funktionerna visas sedan och förklaras att de behövs innan och efter coboten ska stänga eller öppna verktyget. Vidare förklaras också loop- och if-funktionen. Detta inte för att operatören ska kunna använda funktionerna utan för att hen ska veta att de finns att användas om så önskas under workshopens gång.

Efter detta börjar workshopen.

5.4 Skapande av enkät

Vid skapandet av enkäten ställdes frågan, "Vad vill vi ha reda på av operatören?". Svaret på denna frågeställning blev: Vi vill veta deras förkunskaper kring cobots, vad de tycker om dem och hur säkert de uppskattar att den är. Detta för att kunna se om de känner sig mer trygga med att arbeta med en cobot, samt vilka åsikter och tidigare kunskaper. Är det så att någon redan kan mycket om cobots så kanske inte workshopen var så givande, och därför ansågs deras tidigare kunskaper viktiga att veta. Följande tre frågor framtoogs och ställdes i början av workshopen:

1. Vad har du för tankar kring cobots?
2. Varför finns coboten?
3. Hur säker uppskattar du att coboten är från skala 1-10? Där 10 är extremt säker och 1 är extremt osäker.

Vidare ställdes dessa andra tre frågor efter workshopen:

1. Har du ändrat uppfattning om coboten? Vad har i så fall ändrats?
2. Om du utgår från ditt arbete. Finns det något moment där du skulle vilja ha en cobot? Detta kan vara moment som du tycker är monotona, dåligt ergonomiska.
3. Hur säker uppskattar du att coboten är nu efter workshopen, från skala 1-10? Där 10 är extremt säker och 1 är extremt osäker.

I slutet av enkäten fanns ett övrigt fält samt fråga om vad de tyckte om utbildningen.

6. Workshop och presentation i praktiken

I detta avsnitt beskrivs de olika workshops som hölls och vad som togs med från varje för att förbättra materialet. Totalt var det fyra workshops, där den sista var en vidareutläring till nästkommande som ska hålla i undervisningarna på The Absolut Company.

6.1 Första presentation och workshopen

På denna workshop var tre operatörer och en mekaniker inbjudna. I början av presentationen fick dock mekaniker gå på grund av ett plötsligt problem på någon av fabriken linjer. Presentationen fortsatte med de tre operatörer som var kvar.

6.1.1 Första presentationen

Presentationen genomgicks utan större problem och mycket improviserades när det gällde visa saker på pendanten. Totalt tog presentationen 1 timme och 20 minuter.

En sak som vid denna presentation glömdes att tas upp var att verktyget har en stor betydelse på hur säker coboten är. Om till exempel ett vasst föremål sitter i cobotens endfaktor så blir konsekvenserna större vid krock. Då detta glömdes i denna presentation kommenterades det för att kommas ihåg till nästa.

En operatör frågade om man behövde lösenord för att komma in och ändra på inställningarna. Detta var en sak som i denna presentation glömdes tas upp så detta kommenterades inför nästa.

Gruppen märktes var oroliga angående "Checksumman". Alltså den summa som visas uppe i det högra hörnet. De var oroliga om detta var något de skulle behöva komma ihåg utantill. Vad som hade förklarats tidigare var att denna summan endast ändras om någon inställning ändras, och ifall att man som operatör såg att denna summan ändrats skulle kontakta någon ansvarig.

Som svar på oroligheterna svarades de med att de inte behöver komma ihåg de olika checksummorna, utan att sådan information ska finnas tillgänglig för dem vid stationen/arbetsplatsen där coboten befinner sig.

Checksumman valdes att förklaras bättre i nästkommande presentationer.

6.1.2 Första workshopen

En del saker fick visas praktiskt, till exempel hur man lägger till move-funktionerna och waypoints. Allt som i början av workshopen visades praktiskt hade nämnts under presentationen men inte demonstrerats förens nu i workshopens början. Detta gjorde att kommande presentationer innefattade demonstration av hur detta gick till, istället för att endast prata om hur.

Vid "krocktest" delen av workshopen var de vissa operatörer som tryckte i axiell riktning med coboten. Så inget moment togs upp i någon av axlarna. Detta bidrog till att coboten inte stannade. Förklaring på detta gavs och togs i åtanke att berättas vid nästkommande presentation och workshop.

"Pick and place" övningen genomgicks utan att de var uppdelade i par, detta på grund utav att de var tre. I denna övning fick operatörerna tänka på cobotens rörelsebanor så inte krock med bord inträffade. Hur de först tänkte var att det räckte med en waypoint från där flaskan plockas upp till där den ska placeras. Att förklara eller ge exempel på detta hade inte gjorts i presentationen och gjordes därför det i nästkommande. Då operatörerna var klar med övningen ville de flera gånger testa så att programmet fungerade. Detta visade på att de var stolta över vad som åstadkommits.

Sedan fick de i uppgift att skriva på tangentbord. De fick själva välja och valde en av deras namn. Här fick de lära sig att använda relative waypoints samt hur man "fininställer" verktyget med

millimeterprecision. Detta för att de som grupp ville få en ”perfekt” knapptryckning. Då gruppen efter lite felsökning i sin kod blev klara med sin programmering blev resultatet ”ingoingoingo...”. De hade då glömt att lägga in mellanslag. De började då manuellt försöka slå in mellanslaget. Det nämndes då att detta kunde tolkas som ett kollaborativt samarbete. Denna liknelse antecknades och togs med till kommande workshops.

6.2 Andra presentationen och workshopen

På denna workshop var tre operatörer och en mekaniker inbjudna. Samtliga var kvar under hela presentationen och workshopen. Totalt tog denna undervisning 4 timmar med 1 timmes presentation.

6.2.1 Andra presentationen

Denna presentation gick som förväntat och de punkter som kommenterats från föregående presentation beskrevs nu under denna.

Inför denna presentation hade Youtubevideon, som nämndes i avsnitt 6.2.2, lagts till. Detta gjordes för att få ett avbrott i snackandet då det kan bli enformigt för lyssnaren att endast lyssna.

Annars var det inga kommentarer på presentationen.

6.2.2 Andra workshopen

Denna workshop började med att samtliga deltagande fick skapa en waypoint var och sedan namnge denna efter sitt eget namn. Det var en ren slump att det blev så, men det visade sig vara pedagogiskt då deltagarna kunde se hur de olika move-funktionernas agerade samt i vems punkt i programmet coboten var vid. Detta moment kommenterades och togs med i de kommande workshopen.

Då det var totalt fyra som utbildades under denna workshop så användes de båda momenten med att rita på tavla och skriva på tangentbord. Detta upplägg fungerade bra att använda sig av. Då frågan ställdes till en av deltagarna tyckte hen att det var bra att se hur några andra tänkte kring problem, samt hur de löste det och höra diskussionerna som kunde uppstå vid problemlösningen.

Som kommentar inför nästkommande workshop togs det att ”rita på tavla övningen” var svår att få till då det inte var lätt för operatörerna att få coboten att arbeta mjukt mot tavlan. Samt att det hade varit bättre om tavlan varit fast monterad vid vägg istället för att ha hjul som låstes med bromsar. En annan sak som också togs i åtanke var att det inte är så lätt att rita det man vill. De fick nämligen i uppgift att rita en streckgubbe, men detta resulterade i en glasstrut istället. Så ett enklare motiv bör ges i uppgiften.

De tidigare förbättringspunkterna från föregående workshop togs i bruk i denna.

6.3 Tredje presentationen och workshopen

Det var svårt att få ihop folk inför denna workshop, så det deltog en operatör och en mekaniker. Dock så lyssnade nästkommande utbildningsansvarig. Detta i mål om att hen skulle se och ta del av utbildningen. Workshopen och presentationen tog totalt 3.5 timmar.

6.3.1 Tredje presentationen

Kring denna presentation togs det inga kommentarer då det inte fanns något märkvärdigt som glömdes nämnas.

6.3.2 Tredje workshopen

Eftersom endast två deltog på denna så märktes det att de båda var mer delaktiga än andra grupper hade varit. De fick mer tid med coboten och lärde sig mycket i jämförelse med andra grupper.

Vid ”pick and place”-övningen så kom den nästkommande utbildningsansvariga på att flaskan ska sättas tillbaka där den plockades upp. Detta var en bra idé inte bara på grund ut av att de som programmerar får använda sig av att kopiera och klistra in waypoints baklänges, utan för att detta kan användas i större grupp med exempelvis fyra personer. Då kan två programmera placeringen på bordet och två programmera tillbakavägen.

6.4 Fjärde presentationen och workshopen

Inför denna workshop hade presentationen kommenterats (vad som ska sägas vid samtliga bilder). Detta för att nästkommande utbildare skulle hålla i denna presentation och workshop.

Inför denna workshop deltog en operatör och en mekaniker. Dock skrev endast en av dem enkäten då den andra behövde avbryta workshopen tidigare.

6.4.1 Fjärde presentationen

Denna presentation gick bra, vissa saker fick tilläggas/fyllas i. Presentationen kommenterades på dator och lämnades sedan till kommande utbildningsansvarig för att se vilka punkter som var bra och vilka som behövdes förklaras mer.

6.4.2 Fjärde workshopen

Denna workshop gick som planerat den nästkommande utbildaren höll i workshopen på ett bra och riktigt vis. Annars finns inga väsentliga kommentarer att nämnas angående workshopen.

7. Resultat

En workshop har skapats och satts i praktik vid fyra tillfällen. Ett av tillfällena var utbildning av kommande utbildningspersonal. Workshopen innehöll en presentation och en praktisk del där den praktiska delen tog upp mest av tiden.

Presentationsdelen innehöll information och säkerhetsfunktioner hos coboten. Under den praktiska delen av workshopen fick deltagande operatörer lära sig programmera och lösa uppgifter med hjälp av coboten. Uppgifter var bland annat en pick-and-place övning, skriva på tangentbord och rita på tavla.

Denna workshop har skapats genom att använda sig av ”Problem-Based Learning” och delar av ”Learning pyramid”. Detta har bidragit till att presentationen valts att hållas. Vid skapande av denna presentationen har information från en teknisk specifikation används, samt kunskaper av egen tidigare inläring av cobotens programmering och säkerhet. En enkät besvarades vid början och slutet av workshopen. Denna, och konversationer med operatörerna, har påverkat workshopens utveckling mellan de olika utbildningstillfällena.

Den egna inläringen av cobotens programmering och säkerhet har baserats på Universal Robots webbaserade utbildning, cobotens användarmanual och den tekniska specifikationen. Dock fanns kunskaper kring programmering sedan tidigare och dessa har underlättat processens gång. För att lära sig användes programmeringsfunktioner i kombination med varandra i olika problemscenario. Vidare skapades program baserat på verkligt moment från The Absolut Companys fabrik. Denna egenutbildning gav goda kunskaper i hur cobotens mjukvaruprogram hanteras, samt hur programmeringen sköts och hur säkerhetsfunktioner används. Slutligen skapades ett demonstration diagram som kände av om flaska var i vägen, plockade upp, och placerade flaskan på annat ställe.

8. Diskussion

8.1 Diskussion utifrån mål

Detta diskussionsavsnitt går tillbaka till de mål som skapats i arbetets början och diskuterar vissa av dessa punkterna.

Huvudmål:

- ✓ *Ta fram utbildningsmaterial som kan vidare användas.*

Detta åstadkoms. Den utbildare som skulle ta över materialet var med och studerade en utbildning samt höll i en själv och fick feedback på denna. I idealfallet kanske fler utbildningar med kommande utbildare skulle hållits, men då The Absolut Company har fria tyglar till att forma detta utbildningsmaterial som de vill så hade detta inte bidragit.

- ✓ *Testning av utbildning*

Utbildningen genomfördes fyra gånger och hade under tiden en bra utveckling. Ju fler genomgångar ju fler saker adderas eller tas bort. I detta arbete har mestadels saker lagts till med tiden. Antalet operatörer som deltog på workshopen varierade från gång till gång. Detta sågs som positivt då utbildningen även passar för mindre grupper. Det negativa med detta är att det endast en gång var fullt antal (4 operatörer) vid ett tillfälle. Detta resulterade i att workshopen vid fyra deltagande inte fick testas så många gånger som kanske önskats. Dock vid det enstaka tillfället gick det enligt planen och operatörerna var nöjda.

- ✓ *Lära sig cobotens programmering*

Detta kan göras på olika sätt. Personligen så passade detta sätt att lära sig på för mig. Att även anknyta verkligheten till programmeringen gav ett nytt perspektiv till hur ett program kan se ut.

Utbildningsmaterialets mål:

- ✓ *Visa med olika former av exempel vad en cobot kan göra.*

Det slutgiltiga programmet kunde sett ut på olika sätt. I detta fallet visades coboten kan använda kraftkänslighet, loopas, placera flaskor i mönster och använda relative waypoints. Programmet gav mycket uppmärksamhet då coboten färdas upp och ner i en loop tills en flaska sätts under den. Detta bevisades då operatörer var intresserade och ville provplacera flaskan, samt se vad som hände om man tog sin hand där istället för flaskan.

- ✓ *Visa säkerhetsriskerna som finns vid arbete med en cobot.*

- ✓ *Lära ut programmeringen.*

Det diskuterades med handledaren på företaget att UR's utbildning kan användas vid utbildningstillfället. Teorin va då att om det deltog fyra operatörer på workshopen och två av dem fick uppgiften att skriva på tangentbord skulle de andra två sitta och gå igenom UR's utbildning. Detta var ett bra förslag. Vid den andra workshopen (då det var fyra deltagare) ställdes frågan om de hade önskat att göra UR's utbildning istället för att titta på de två andra när de gjorde sin uppgift. Svaret var då att det var intressant att se hur andra tänkte kring problemet, samt se hur de löste det och höra diskussionen som uppstod. Detta anknyter i sin tur till "Learning Pyramid" då det är diskussion i grupp och delvis en demostation, vilket är två bra sätt att lära sig på.

- ✓ *Kursdeltagare ska prova programmera något moment som är relaterbart till deras arbetsplats.*

Testning av utbildningens mål:

- ✓ *Se vad som kan förbättras i utbildningsmaterialet.*
- ✓ *Se resultat av utbildningen genom enkät före och efter utbildning. Där enkäten ställer frågor som: Vad tycker/kan du om cobots? Var exemplen för komplexa? Var gruppen för stor? Etc.*

Enkäten skapade ett sätt för operatören att säga vad de tyckte om utbildningen på ett anonymt sätt. Den gav också ett sätt för mig att se vad för sorts kunskaper operatörerna har sedan innan, samt deras åsikter kring cobotsen. Det var några operatörer som påpekade att cobotsen är bra men att de tar deras jobb, bland annat Deltagare3, Deltagare5, se bilaga 1. Därav förklarades det tydligare på nästkommande presentationer att coboten är ett hjälpmedel för att förbättra ergonomin och är i tanken inte skapad för att ersätta jobb.

Enkäten visar också att samtliga operatörer kände sig mer trygg eller lika trygg i att vara i cobotens närhet. Som helhet tyckte operatörerna att utbildningen var intressant och spännande. Många gillade att det var praktiska övningar och tyckte det var kul att få lära sig programmera. Som exempel skrev deltagare8 (se bilaga 1): ”Tycker att utbildningen var mycket rolig och bra genomförd. Vi själva har kanske ingen nytta av programmering, men har fått en bättre förståelse hur den arbetar.”

Enkäten har dock inte använts så mycket som var tänkt. Mestadels av förbättringarna mellan workshopen har varit mer grundade i att göra den smidigare. Detta är sådant som märks under utbildningens gång. Till exempel saker som glömdes nämnas vid första presentationen. Lika så har inte deltagarna svarat i enkäten med att de önskar någon förändring. Så enkäten fallerade delvis när det gällde målet om att förbättra workshopen enligt vad deltagarna önskade. Dock har enkäten bidragit till att förståelsen för hur de deltagande tänker kring coboten. På detta vis har den undervisande gruppen förstått bättre vilket är en viktig del i att kunna lära ut.

Tilläggsarbete:

- ✓ *Studera ett moment där en cobot skulle kunna behövas*
- ! *Skissa exempel på hur det hade kunnat se ut och utgå från den tekniska specifikationen.*

Detta mål har inte direkt uppnåtts. Skissade exempel har framtagits, men de som har tagits fram har inte baserats på något säkerhetskrav från den tekniska specifikationen. Under arbetets gång insågs det att detta skulle bli för komplicerat, omfattande och tidskrävande. Så detta bortsågs.

- ✓ *Skriva om den programmering som hade behövts användas.*

Även om tidigare mål inte helt uppfyllts hade dock en form av denna programmering använts i ett verkligt scenario. Det som dock inte tagits hänsyn till i är flaskornas varierande position. Så som det är programmerat nu måste pallen placeras på samma ställe varje gång för att coboten ska kunna greppa ordentligt. I verkligheten hade detta inte riktigt fungerat utan någon form av sensor eller kamera som tar bild på hur flaskorna står borde användas.

Personliga mål:

- ✓ *Lära sig programmera cobots på ett vis som passar de moment som finns på arbetsplatsen.*
- ✓ *Studera olika moment på arbetsplatsen där en cobot kan behövas.*
- ✓ *Läsa kring de olika säkerhetsriskerna och riskbedömningarna som behövs göras.*
- ✓ *Läsa kring olika former av utlärningsmetoder och skapa utbildningsmaterialet utifrån detta.*

Det har inte lästs så mycket om olika utlärningsmetoder utan studien om ”Learning Pytamid” har varit den enda. Denna innefattar dock många olika sätt att lära sig på. Så målet är fortfarande uppfyllt av denna anledning.

8.2 Övrig diskussion:

Upplägget på utbildningen hade kunnat ändras. Att ha presentationen för flertal operatörer samtidigt och sedan kalla in de i grupper av tre eller fyra hade gjort att presentationen inte behövts hållas lika många gånger. Detta hade varit en lösning på att bespara tid. Nackdelen med detta är dock att det inte får dröja för länge mellan presentationen och workshopen då detta kan leda till att viss information måste upprepas. En annan nackdel med att ha presentationen med flera operatörer samtidigt är att det i så fall försvinner mycket folk från linjerna samtidigt vilket kanske inte är det bästa för produktionen. Med detta sagt hade dock presentationen kunnat ske efter arbetstid, men i så fall betald, annars finns det nog inte många operatörer som vill gå på utbildningen.

”Två moment, som skulle utföras parvis, valdes. Dessa var att få coboten att skriva på tangentbord och rita på tavla. Andra alternativ som föreslogs men valdes bort i planeringsprocessen var, bygga med lego och bläddra i bok.”- Avsnitt 6.1.

De alternativ som valdes bort var i själva verket bra alternativ. Dock passade inte cobotens verktyg till att kunna greppa legobitar eller bläddra i en bok. Dessa två hade också varit betydligt svårare att utföra än de valda alternativen. Till exempel hade bläddra i bok krävt en mer komplicerad rörelse för att bläddra sidan utan att förstöra eller vika bladet.

Snabbfaktan i presentationen är inte till för att operatören ska memorera eller liknande. Utan är mer ett sätt att snabbt ge operatören intressant fakta och samtidigt mjukstarta presentationen.

Det finns inget speciellt sätt att skapa en presentation på. Det som kändes mest naturligt var att försöka bibehålla en röd tråd genom hela presentationen. Därav börja med grundläggande information, snabbfakta. Sedan fortsätta med att avancera tänkandet kring coboten i säkerhetsavsnittet. Och till sist visa mjukvaruprogrammet och hur säkerhetsinställningarna i detta beskrivs.

I presentationen genomgicks vad som installatören gör vid riskbedömning. Detta togs upp för att visa operatören hur mycket som tänks ut för att försöka skapa en säker arbetsplats, men samtidigt påpeka att coboten inte är 100% säker på grund av detta.

Den videon som valdes att användas i presentationen passade bra för då fick operatörerna på utbildningen se hur det kan se ut att jobba tillsammans med en cobot och samtidigt visa vissa riskmoment som kan ske.

”Vidare visar presentationen bilder på hur de olika inställningarna ser ut i programmets installationsrubrik. Robotbegränsningar, säkerhetsplan, funktioner för att skapa plan, TCP inställningar, verktygets position och riktning, I/O-inställningar för både cobotens och dess verktyg, samt hur man stänger av och sätter på verktyget i I/O-rubriken visades och förklarades.”- Avsnitt 6.2.3. Detta var det i presentationen som var mest överkurs. Detta hade inte behövt tas med, men gjorde det ändå då det i början av examensarbetet diskuterades att elektriker och tekniker även skulle ta del av kursen. Så blev det inte dock. Men genom att visa detta ändå så blev det en kort upprepning av vad som tidigare beskrivits men denna gången med bilder på hur det ser ut i PolyScope. Detta gör att de som ska använda sig av mer avancerade inställningar, så som elektriker och tekniker, kan ta del av kursen även om så inte var tänkt.

9. Avslutning

Upplägget på utbildningen Avslutningsvis sammanfattas detta arbete genom att beskriva hur syftet med detta arbete har uppfyllts.

Syftet var att skapa ett utbildningsmaterial som företaget The Absolute Company ska kunna vidare använda i sin verksamhet för att utbilda personal kring ämnet ”Cobot”. För att detta skulle vara möjligt

var, jag som antog uppgiften, tvungen att vara påläst kring ämnet och programmeringen i fråga. Utan detta är det svårt att vidare sprida sin kunskap. Vidare var en annan del av syftet med arbetet att deltagande av utbildningsmaterialet skulle "få upp ögonen för coboten och se var den kan användas på deras arbetsplats". Det är såklart svårt att veta om varje deltagare har uppfyllt detta och därav svårt att veta om syftet nåtts, men utbildningsmaterialet innehöll beståndsdelar som visar olika arbetsmoment där coboten kan användas på deras arbetsplats. Detta i mån om att de ska "få upp ögonen" för coboten.

Vidare utökades arbetet genom att hitta, studera och planera kring ett arbetsmoment på företaget där en cobot skulle kunna användas. Detta gjorde att en själv fick tänka, med den säkerhetskunskap som inlärts, kring vad som krävs för att en cobot ska kunna sättas i bruk. Detta gav en bredare förståelse kring alla de detaljer som krävs för att skapa en säker och bekväm arbetsplats som involverar cobots.

10. Referenser

- [1] R. Drath, A. Horch "Industrie 4.0: Hit or Hype?" IEEE Industrial Electronics Magazine, s.56, 2014.
- [2] E.B. Kottas "Implementation and intergration of a collaborative robot in a production line", degree project, Production and Management Engineering, KTH Royal Institute of Technology, 2018.
- [3] N. Davis, "What is the fourth industrial revolution." Jan 2016, [Online] Tillgänglig: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/what-is-the-fourth-industrial-revolution/>, hämtad 2019-05-27.
- [4] K. Schwab "The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond", Jan 2016, [Online] Tillgänglig: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>, hämtad 2019-05-27.
- [5] M. Hermann, T. Pantek, B. Otto, "Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios", i *Hawaii International Conference on System Sciences*, Hawaii, USA, 2016, ss. 3928-3937 [Online] Tillgänglig: [http://resolver.ebscohost.com/openurl?sid=EBSCO%3aedb&genre=book&issn=&ISBN=9780769556703&volume=&issue=&date=&spage=3928&pages=3928-3937&title=2016+49th+Hawaii+International+Conference+on+System+Sciences+\(HICSS\)&atitle=Design+Principles+for+Industrie+4.0+Scenarios.&aulast=Hermann%2c+Mario&id=DOI%3a10.1109%2fHICSS.2016.488&site=ftf-live](http://resolver.ebscohost.com/openurl?sid=EBSCO%3aedb&genre=book&issn=&ISBN=9780769556703&volume=&issue=&date=&spage=3928&pages=3928-3937&title=2016+49th+Hawaii+International+Conference+on+System+Sciences+(HICSS)&atitle=Design+Principles+for+Industrie+4.0+Scenarios.&aulast=Hermann%2c+Mario&id=DOI%3a10.1109%2fHICSS.2016.488&site=ftf-live), hämtad 2019-05-27
- [6] K. Zhou, T. Liu, L. Zhou, "Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges", i *International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, Zhangjiajie, Kina, 2015, [Online] Tillgänglig: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7382284>, hämtad 2019-05-27
- [7] P. Zelinski, "Cobots Are Coming", *Modern Machine Shop*, feb 2019, s.62-66 [Online] Tillgänglig: https://modernmachineshop.mydigitalpublication.com/publication/?i=562847#%22issue_id%22:562847.%22page%22:64}, hämtad 2019-05-27
- [8] M. Peshkin, E. Colgate "Cobots", *Industrial Robot: An International Journal*, Vol. 26 Iss 5 pp. 335 - 341 [Online] Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.1108/01439919910283722>, hämtad 2019-05-27.
- [9] J. Krüger, T.K. Lien, A. Verl "Cooperation of human and machines in assembly lines", *Manufacturing Technology* 58, 2009, s. 628-246 [Online] Tillgänglig: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850609001760?via%3Dihub>, hämtad 2019-05-27.
- [10] W. Bauer, M. Bender, M. Braun, P. Rally, O. Scholtz, "Lightweight robots in manual assembly – best to start simply!", 2016, [Online] Tillgänglig: <https://www.produktionsmanagement.iao.fraunhofer.de/content/dam/produktionsmanagement/de/documents/LBR/Studie-Leichtbauroboter-Fraunhofer-IAO-2016-EN.pdf>, hämtad 2019-05-27.
- [11] M. Bortolini, E. Ferrari, M. Gamberi, F. Pilati, M. Faccio, "Assembly system design in the Industry 4.0 era. a general framework", 20th IFAC World Congress, Volume 50. Issue 1, s. 5700-5705, [Online] Tillgänglig: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2017.08.1121>, hämtad 2019-05-27
- [12] Universal-robots, "About Universal Robots" [Online] Tillgänglig: <https://www.universal-robots.com/about-universal-robots/>, hämtad 2019-05-27
- [13] Universal robot UR3, "About Universal Robots" [Online] Tillgänglig: <https://www.universal-robots.com/products/ur3-robot/>, hämtad 2019-05-27

- [14] I. Maw ” Cobot Comparison: New UR e-SERIES vs. 3rd Gen UR Robots”, jun 2018 [Online] Tillgänglig: <https://www.engineering.com/AdvancedManufacturing/ArticleID/17151/Cobot-Comparison-New-UR-e-SERIES-vs-3rd-Gen-UR-Robots.aspx>, hämtad: 2019-05-04
- [15] Tekniska specifikationen SIS-ISO/TS 15066:2016
- [16] Wikipedia, ”Arbetsseminarium”, 2019 [Online] Tillgänglig: <https://sv.wikipedia.org/wiki/Arbetsseminarium>, hämtad 2019-05-27
- [17] Universal Robots, ”Universal Robots e-Series Bruksanvisning”, version 5.2.
- [18] Gimatic, ”IST-MPLM”, ”Self-centering 2-jaw electric parallel gripper with long stroke”, 2017.
- [19] Axis New England, ”Universal Robots – Search in Force Mode”-video, 2014 [Online] Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=b9hUHhB7g8Y>, hämtad 2019-05-27.
- [20] E.J. Wood, ” Problem-Based Learning: Exploiting Knowledge of how People Learn to Promote Effective Learning”, *BEE-j Volume3*, 2004, [Online] Tillgänglig: <https://doi.org/10.3108/beej.2004.03000006>, hämtad 2019-05-27.
- [21] KUKA – Robots & Automation ” Innovative Human-Robot Collaboration for BMW/MINI Crash Can Assembly”, 2018, [Online] Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=kch99z1M5LI&list=WL&index=16&t=1s>, hämtad 2019-05-27

Bilagor

Bilaga 1:

	Workshop 1			Workshop 2			Workshop 3			Workshop 4		
	Kimma - Delagare 1	Man - Delagare 2	Kimma - Delagare 3	Man - Delagare 4	Man - Delagare 5	Man - Delagare 6	Man - Delagare 7	Man - Delagare 8	Man - Delagare 9	Man - Delagare 10	Man - Delagare 11	
Vad har du för tankar kring cobots?	De är en maskin som ska hjälpa människan.	Tar över människans arbete. Tar bort entomiga arbeten. Gör aldrig fel.	Företagets utveckling. Positivt. Tar lite av våra jobb. Kujat är läsgigns området.	Kanske ett bra hjälpmedel.	Bor att arbeta på samma monoton moment. Spelar i ex. en egen sida. Negativt. Risk för våra jobb lössnör.	Ta bort monotona arbeten, tunga ytt.	Vilket syfte/ändamål har den för oss??	Vill veta mer om den och ifall en förståelse hur den fungerar i vår produktion.	Inga speciella	Inga speciella	Inga speciella	Inga speciella
Vad för finns coboten?	För att underlätta för oss i ex. tunga jobb, svårillkomliga plaser, undvika monotona jobb	De kan alltså arbeta 24/7 per dygn. Ett aldrig sjuk. Arbetets ergonomi är inget problem för coboten. Gör aldrig missgissningar om programmet. den är. Cobot effektivare än en människa.	Underväljare för personalen, så man kan göra annat. Ta bort momenten som överser	Underlätta arbete	För att göra jobbet lättare	Ta bort monotona arbeten, smidigt.	Underlätta monotona arbetsuppgifter. Smidigt, behövs ingen skyddsutrustning.	Är ett hjälpmedel för att lösa vissa arbetsuppgifter "monotona överser"	Som hjälpmedel, utföra monotona arbetsuppgifter.	Som hjälpmedel, utföra monotona arbetsuppgifter.	Underlätta monotona arbeten	
Hur säker uppstår du att coboten är? (1-10)	5	3	8 med personal. 6 i produktion	57	8	8	5. beror på vilket verktyg som används	Tror att säkerheten är mellan 7 och 8	7 till 8	7 till 8	10	
Hur bekväm lärmer du att du är i närheten av coboten?	Mellan mycket bekväm och bekväm	Bekvämt	Bekvämt	Bekvämt	Bekvämt	Bekvämt	Bekvämt	Bekvämt	Bekvämt	Bekvämt	Måttligt bekväm	
Har du andra uppläring om coboten. Lär du sig saker som stor tillgång och hjälp i vårt dagliga arbete.	Lär mig mer om hur man programmerar coboten	Den är unglärlig som jag ser till mig	Har inte varit medveten om vilka stora fördelar man kan få av att använda cobot.	Nej	Nej	Nej	Nej	Man har fått bättre förståelse hur coboten fungerar.	Nej, inte direkt	Nej, inte direkt	Ja det har jag. Förligare, inte så farlig	
Vad har i så fall Din utvärdering av ditt arbete. Finns det något moment där du skulle vilja ha en cobot?			Möjligheten att använda den på liknande sätt mellan olika borrar med hänsyn till stora flöden.					Lägg har i en cobot vid borrhuggning av mellanlägg i bollen. När vi väl har fått en fungerande cobot så blir det en bättre arbetsmiljö för oss.	Nej. På linjen kan man säkerhetsställa ställen.	Nej. På linjen kan man säkerhetsställa ställen.	Ja	
Hur säker uppstår du att coboten är? (1-10)	3	3	10+	3	3	8	5	Säkerheten uppskattar jag till 9-10	9 till 10	9 till 10	10	
Hur bekväm lärmer du att du är i närheten av coboten?	Bekvämt	Måttligt bekväm	Måttligt bekväm	Bekvämt	Bekvämt	Bekvämt	Bekvämt	Måttligt bekväm	Måttligt bekväm	Måttligt bekväm	Måttligt bekväm	
Vad tycker du om utbildningen och övrigt	De var givande. Jag har fått bättre förståelse för coboten och nya tekniken. Önskar dig lycka till Gabriel!	Bra, lärorikt, intressant att man fick programmera. När förståelse om coboten. Bra att tog exempel hur coboten kan användas i vår verksamhet. Följ att vara förberedd på att lära sig.	Bra utbildningsmaterial. Kul med praktiska övningar. Lagom lång tid på utbildningen. Cupp på 2-4 år. Bra så alla får programmera. Material som visade var relevant för min nivå. Bra lära sig (lugn och lysande)	Innessant, spännande att programmera. Bra utbildare	Bra att programmera i rätt position. Bra utbildare	Bra att prova på att programmera	Bra! Kul att få lära sig och programmera coboten, man lär sig mer förståelse! Kan inte säga några exempel där den kan användas i vårt verksamhet	Tycker att utbildningen var mycket rolig och bra genomförd. Vi själva har kanske ingen nytta av programmering, men har fått en bättre förståelse hur den arbetar.	Bra utbildning, intressant	Bra. Användbara delar som optimal...	Bra. Användbara delar som optimal...	