



CHALMERS

Utveckling av handtag integrerade med SpaceMouse- styrning

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik

Andreas Andersson
Hanna von Dolwitz

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024
www.chalmers.se

Förord

Detta examensarbete har genomförts av två högskoleingenjörsstudenter inom maskinteknik vid Chalmers tekniska högskola. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng och är registrerat under institutionen för Industri- och materialvetenskap. Efter sökande av ett examensarbete fick vi tacksamt möjligheten att genomföra vårt examensarbete på Hofpartner AB som är beläget i Åmål. Uppdraget från Hofpartner var inom produktutveckling vilket intresserade oss båda och har bidragit till ett roligt och lärorikt arbete.

Vi vill ge ett stort tack till våra handledare på Hofpartner, Peter Morichetto och Petter Fjellman-Lätt. Handledarna på Hofpartner har varit mycket hjälpsamma och ett bra stöd för oss både via digitala möten samt på plats i Åmål. Vi vill även rikta ett stort tack till vår handledare och examinator Magnus Evertsson på Chalmers för bra vägledning och god expertis inom området produktutveckling.

Sammanfattning

I dagens industrier är lyftanordningar vanligt förekommande och ofta nödvändiga. Det finns olika typer av lyftanordningar, allt från traverser, truckar, robotar och rullband. Hofpartners Liongrip X är en av deras nyaste och största industriella lyftanordningar. Liongrip X kan hantera laster upp till 800kg och har en hög precision då lyften är försedd med en flerledad arm vilket medför en stor räckvidd. Idag är Liongrip X utrustad med en styrpanel där lyften styrs med hjälp av två industriella SpaceMouse reglage. SpaceMouse är ett vanligt förekommande CAD navigationsverktyg men förekommer även som ett reglage för industriella ändamål.

SpaceMouse kan vara enkel att hantera för den som är van men svårigheter med att styra lyften har uppstått hos användarna av Liongrip X. I uppdrag av tillverkaren Hofpartner kommer detta arbete innebära produktutveckling av handtag integrerade med SpaceMouse. Problematiken med Liongrip X är hur användaren hanterar SpaceMousen. SpaceMousen är programmerad i bestämda frihetsgrader. Rörelser rakt fram, bak, upp, ner och i sidled är programmerade för lyften. En rörelse som inte ger utslag är tiltning fram eller bak eller i sidled. I denna rapport kommer tilt, tiltning, och tilt-funktion nämnas flertalet gånger. Betydelsen av detta är att SpaceMousen utsätts för en vridrörelse motsvarande lutning likt en ”joystick”. Produktutvecklingen för detta arbete kommer utgå ifrån att hitta en lösning som förhindrar just tiltning samt ger ett ergonomiskt handtag för användaren. Arbetet har stegvis utförts efter en produktutvecklingsmetodik. Första delen av arbetet beskriver produktens helhet utifrån kundens perspektiv samt för att ge en tydlig bild av lyftens olika funktioner. Vidare i arbetet övergår fokuset till enbart konceptutveckling av ett handtag.

Abstract

In today's industries, lifting devices are common and often necessary. There are various types of lifting devices, ranging from cranes, forklifts, robots, and conveyors. Hofpartner's lifting device Liongrip X is one of their newest and largest industrial lifting devices. Liongrip X can manually handle loads of up to 800kg and has high precision due to its multi-jointed arm, which provides a large range of motion. Today, Liongrip X is equipped with a control panel where the lift is operated using two industrial SpaceMouse controls. SpaceMouse is a commonly used CAD tool but is also used as a control device for industrial purposes. SpaceMouse can be easy to handle for those who are experienced, but users of Liongrip X have encountered difficulties in controlling the lift. On behalf of the manufacturer Hofpartner, this work will involve product development of handles integrated with SpaceMouse. The issue with Liongrip X is how the user handles the SpaceMouse. The SpaceMouse is programmed with specific degrees of freedom. Movements forward, backward, up, down, and sideways are programmed for the lift. A movement that doesn't register is tilting forward or backward or sideways. In this report, tilt, tilting, and tilt function will be mentioned several times. The meaning of this is that the SpaceMouse is subjected to a rotational movement corresponding to tilting, similar to a "joystick". The product development for this work will focus on finding a solution that prevents tilting and provides an ergonomic handle for the user. The work has been carried out step by step according to a product development methodology. The first part of the work describes the product as a whole from the customer's perspective and provides a clear picture of the different functions of the lift. Further on, the work shifts focus solely to the concept development of a handle.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar.....	3
1.4 Precisering av frågeställning.....	3
2. Metod	4
2.1 Etablering av projekt.....	4
2.1.1 Målformulering	4
2.1.2 Intressenter.....	4
2.2 Beskrivning av produkt	5
2.2.1 Samverkan med kund under produktens livscykel	5
2.2.2 Funktionsbaserad kravspecifikation.....	7
2.3 Kartlägg kundens röst.....	8
2.3.1 Marknadssegmentering	8
2.3.2 Kundundersökning.....	9
2.4 Analys av alternativ lösning – Koncept A	9
2.4.1 Funktionsstruktur.....	10
2.5 Framtagning av koncept.....	11
2.6 Kravspecifikation.....	11
2.7 Konstruktion av koncept.....	12
2.8 Verifiering och utvärdering av koncept	12
3. Resultat	13
3.1 Resultat av kundundersökning.....	13
3.1.1 Kund 1 - Hofpartner	13
3.1.2 Kund 2 - Munksjö Paper AB	13
3.1.3 Resultat av kundkrav.....	14
3.2 Resultat av framtagning av koncept.....	14
3.2.2 Konceptgenerering.....	14
3.2.3 Elimineringmatris.....	20
3.2.4 Prototyp tillverkning.....	22
3.2.5 Pughmatris.....	23
3.2.6 Kesselringmatris	24
3.3 Slutgiltigt koncept.....	28
3.4 Tillverkningsmetod och Materialval	29
3.4.1 Design for Assembly och Design for Manufacturing	29
4. Diskussion och slutsats.....	31
4.1 Vidareutveckling och rekommendationer.....	32
Referenser	34
Bilagor	35

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Hofpartner är ett företag som tillverkar rullar, chuckar och smarta lyfthjälpmedel. Under utvecklingen av deras största lyftanordning Liongrip X så uppstod behovet av en styrpanel för lyften. Styrpanelen har designats i något år och beslutades att styras av två SpaceMouse som tillverkas av företaget Megatron. Den prototypen som Hofpartner kom fram till uppfyllde inte deras förväntningar och därmed sker nu fortsatt utveckling av styrpanelen. I figur 1 ses en bild på Liongrip X samt i figur 2 ses en bild på nuvarande styrpanel.



Figur 1. Bild på Liongrip X



Figur 2. Bild på Hofpartners nuvarande styrpanel med två SpaceMouse

SpaceMousen har 6 frihetsgrader som kan ses i figur 3. Horisontell rörelse i både y- och x-led, vertikal rörelse i z-led, rotation kring x- och y-axel och vridning runt z-axel. Rörelserna

från SpaceMousen överförs till motsvarande styrning av lyften, problemet är att SpaceMousen har fler frihetsgrader än lyften. Detta leder till oönskade funktioner som inte används och från feedback av kunden gör det svårare att styra lyften. De frihetsgrader som lyften ej har programmerade är inramade i figur 3 nedan och är den typ av tiltning som önskas undvikas.



Figur 3. Frihetsgrader för SpaceMouse. (Megatron, 2024)

1.2 Syfte

Syftet med uppdraget är att utveckla ett nytt koncept som uppfyller Hofpartners krav och förväntningar, samt genomföra ett examensarbete som uppfyller de lärandemål och riktlinjer som förväntas av lärosätet. Hofpartner har definierat dem mål som förväntas uppfyllas nedan:

- Ta fram två handtag som använder dagens SpaceMouse för styrning av Liongrip X.
- Konstruera en bygel över handtagen.
- “Inspireras” av den tidigare designstudien.
- Säkerhetsställ dubbelhandsfattning funktionen som idag är en ljusbrygga.
- Rörelser som ska överföras till lyften.
 - Fram/Bak
 - Vänster/Höger
 - Diagonalt x2
 - Upp/Ned
 - Vridning Medurs/Moturs
- Utvärdera val av material.
- Ta fram lämplig tillverkningsmetod.
- Ta fram kostnader.
- Utvärdera konstruktionen med tanke på ergonomi.

1.3 Avgränsningar

Från de 14 ovanstående punkter i delkapitel 1.2 har arbetet valts att begränsas. Fokus läggs framför allt på de frågeställningar som fastställts för arbetet, se delkapitel 1.4. Därför kommer några av ovanstående punkter inte att tas hänsyn till mer än att de tas i åtanke under arbetets gång. Det som inte kommer att behandlas under projektet är styrsystem av lyftanordningen eller placering och funktion av knappar på panelen. Säkerhetsaspekter kommer att inblandas i designen men ingen extra säkerhetsfunktion mer än redan befintliga kommer att vara del av projektet. Ytterligare begränsningar är styrpanelen som har en tillåten maxvikt på 7kg. Projektet har en budget på 5000 kr. Tidsomfattningen för projektet har en viss begränsning där målet för projektet är att det ska genomföras under en termin. Arbetet motsvarar 15 hp vilket innebär att arbetet kräver 20 timmar/vecka enligt projektplan. Med hänsyn till att projektet är ett examensarbete samt efterfrågan hos företaget och kunder bör projektet färdigställas så nära in på projektplan som möjligt, vilket innebär att projektet bör begränsas och anpassas till den tidsplan som finns.

1.4 Precisering av frågeställning

- Hur kan en ny utformning av två handtag som integreras med dagens SpaceMouse-styrning förhindra felbelastning i form av att användaren tiltar SpaceMouse spakarna?
- Hur kan två nya handtag utformas på bästa sätt med hänsyn till enbart ergonomiska aspekter?

2. Metod

I detta projekt används IKOT-metodiken vilket är en produktutvecklingsmetodik. IKOT-metodiken utförs stegvis, från att etablera projektet till att sammanställa och redovisa (Lindstedt & Burenus, 2003). Nedanstående åtta delkapitel 2.1–2.8 följer varje steg i IKOT-metodiken men baseras utifrån detta produktutvecklingsarbete.

2.1 Etablering av projekt

I detta delkapitel beskrivs etableringen av projektet. Till en början beskrivs och tydliggörs målsättningen för projektet. Vidare fastställs intressenterna för projektet, intressenterna är de grupper som i någon mån påverkar förbättringsarbetet av detta produktutvecklingsarbete.

2.1.1 Målformulering

Målsättningen för detta examensarbete var att ta fram en väl fungerande styrpanel som uppfyller de krav företaget Hofpartner har för projektet samt även uppfyller kundkrav och funktionskrav för produkten. Målet var att ett helt nytt koncept ska utvecklas från idé till prototyp, där prototypen ska resultera i en design som uppfyller produktens kravspecifikation. Det nya konceptet som har utvecklats under projektets gång ska ha en lösning för de aspekter som upplevs som problematiska på företagets nuvarande koncept.

2.1.2 Intressenter

För detta projekt betraktas intressenterna som tre olika grupper. En grupp är kunden, den andra är företaget/beställaren Hofpartner och den tredje gruppen är studenterna själva som genomför projektet. Kunden är de som investerar och köper lyftanordningen Liongrip X med integrerad SpaceMouse styrning. Dessa betraktas som användarna av lyftanordningen och är de som upplever dagens verkliga och kontinuerliga problematik hos produkten.

Företaget/beställaren är Hofpartner och är den intressent som efterfrågar en lösning för styrningen på deras lyftanordning Liongrip X. Företaget/beställaren är de som definierat vad som efterfrågas av projektet. Den tredje intressenten är studenterna själva som genomför projektet. Det är studenterna som ställts inför problemformuleringen och som har i syfte att hitta en lösning för produkten och uppfylla företagets efterfrågan på en lösning.

2.2 Beskrivning av produkt

I detta delkapitel beskrivs det som skapar produktens kundvärde. En illustration mellan kund och produktens livscykel förklaras. En funktionsbaserad kravspecifikation som behandlar kundens funktionskrav sammanställdes.

2.2.1 Samverkan med kund under produktens livscykel

För att öka kundvärdet för produkten tas den europeiska och svenska standarden för kundvärde i beaktande (Svenska institutet för standarder [SIS], 2020). Där definitionen säger att antingen bör tillfredsställelsen av behovet av en produkt öka eller så bör förbrukningen av resurser för en produkt minskas. Tillfredsställelse av behov innebär att förbättra produkten för kunden. Förbättringar kan vara att produkten underlättar problem, ger ett bättre resultat genom användning av produkten samt att produkten bidrar till positiva känslor hos kunden. Genom att öka tillfredsställelsen av behovet blir kunden nöjd och positiv inställd till produkten då resultatet förbättras och produkten underlättar för kunden vilket leder till ett ökat kundvärde. Kundvärdet ökas också genom att minska förbrukningen av resurser. Förbrukning av resurser innefattar aspekter som tid, pengar och ansträngningar vilket skapar arbete och tar energi från kunden vilket vill förhindras och därmed minskas.

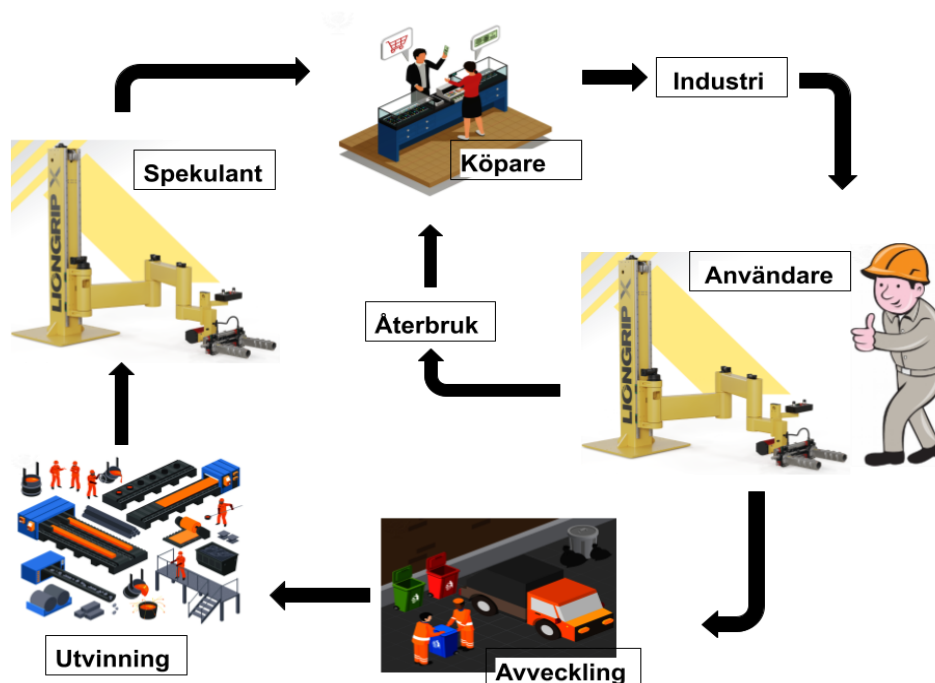
Definition av kundvärde:

$$\text{Kundvärde} = \frac{\text{Tillfredsställelse av behov}}{\text{Förbrukning av resurser (tid, pengar, ansträngningar)}}$$

För detta projekt är det Hofpartners kunder som skapar kundvärdet för lyftanordningen Liongrip X och dess funktion. Kundvärdet styrs av användaren av Liongrip X vilket inte måste vara kunden själv utan kan vara en kunds anställd, exempelvis en operatör. Liongrip X huvudsakliga uppgift är att fungera som ett lyfthjälpmiddel inom industrin men kräver att den på ett lätthanterligt sätt uppfyller funktionerna för att betraktas som ett komplement eller ersättare till truckar, traverser och konkurrenters lösningar för industriella lyftanordningar. För att öka kundvärdet hos produkten bör Liongrip X ge ett bra resultat och upplevas som lätthanterlig hos användaren. På dagens produkt upplevs styrningen som är två SpaceMouse styrspakar som problematiska. De upplevs av användaren som svåra att hantera vilket ger ett oönskat resultat. Det som upplevs som svårhanterligt hos användaren av Liongrip X resulterar därför i en ökad förbrukning av resurser i både tid, pengar och ansträngning vilket

på sikt minskar kundvärdet. För ett ökat kundvärde bör därför det som upplevs som svårhanterligt med SpaceMouse styrningen lösas, både för att uppnå ett önskat resultat samt spara tid och ansträngning hos användaren.

Ett högt kundvärde skapar ett gott anseende för produkten. Om Hofpartner marknadsför Liongrip X med korrekt information samt uppfyller spekulantens behov ökar chansen för en nöjd kund. En nöjd kund och ett högt kundvärde skapar lojalitet mot företaget och produkten vilket kan innebära att kunden återkommer för nya köp eller rekommenderar Liongrip X till andra köpare. I figur 4 visas en livscykel ur ett kundvärdesperspektiv.



Figur 4. Livscykel ur kundvärdesperspektiv, Bildmontage (Hofpartner AB, 2024, Encyclopedia Britannica, u.å.) Återgiven med tillstånd.

Livscykeln börjar med utvinning av material och komponenter för Liongrip X. I nästa steg i livscykeln transporteras komponenter och material till företaget Hofpartner som tillverkar en färdig produkt, i detta fall Liongrip X. Därefter marknadsförs den färdiga och nya produkten för eventuella spekulanter. Ett köp av en ny Liongrip X sker direkt mellan Hofpartner och köparen. Liongrip X är avsedd som en lyftanordning passande inom industrin. Målet är därefter att användaren är nöjd med produkten och att Liongrip X uppfyller sin funktion i många år. Om behovet hos kunden ändras kan Liongrip X säljas till annan industri och den dag då produkten inte är användbar avvecklas den.

2.2.2 Funktionsbaserad kravspecifikation

I denna del beskrivs en funktionsbaserad kravspecifikation som bygger på kundens förväntade krav på produkten. Denna funktionsbaserade kravspecifikation utgår från ett perspektiv för hela lyftanordningen, Liongrip X. Produktens huvudfunktion, tilläggsfunktion och önskad funktion sammanfattas. Huvudfunktionen är den funktion som kan betraktas som en nödvändig funktion, det är den viktigaste funktionen och kan ses som ett krav för produkten. En tilläggsfunktion är en funktion som kunden är villig att betala extra för, detta för att få produkten anpassad efter kundens behov. En tilläggsfunktion behöver inte vara en nödvändig funktion. En önskad funktion är en funktion som man vill undvika hos produkten. En önskad funktion kan vara ofrånkomlig men är något man i dessa fall bör ta i beaktande vid vidareutveckling och utvärdering av produkten. Nedan beskrivs en funktionsbaserad kravspecifikation för Liongrip X, se tabellerna 1,2 och 3 nedan.

Tabell 1. Huvudfunktion

Huvudfunktion:
<ul style="list-style-type: none">• Användarvänlig och fungerande styrning av LiongripX

Tabell 2. Tilläggsfunktioner

Tilläggsfunktioner:
<ul style="list-style-type: none">• Specialanpassat grepp (grepp beroende på ändamål för industrin)
<ul style="list-style-type: none">• Specialanpassad styrpanel (knappar utifrån behov)

Tabell 3. Önskade Funktioner

Oönskade Funktioner:
<ul style="list-style-type: none">• Kunden upplever att styrpanelen saknar ett bra grepp för SpaceMouse-styrningen
<ul style="list-style-type: none">• Kunden upplever Liongrip X som svårstyrd

2.3 Kartlägg kundens röst

I detta delkapitel beskrivs analysen av potentiella kunder, som analyserats genom en marknadssegmentering. En kundundersökning beskrivs utifrån en intervju med kund samt information från Hofpartner.

2.3.1 Marknadssegmentering

För att definiera potentiella kunder görs en marknadssegmentering. Detta görs främst för att uppskatta den specifika målgruppen och för att därefter ha hänsyn till målgruppens behov i produktutvecklingen. Den största begränsningen som kan göras är att fastställa vart den potentiella marknaden för Liongrip X finns. En potentiell marknad är främst industrier, då lyftanordningen är avsedd för att användas i en industriell miljö. Hofpartner har på andra lyftanordningar de tillverkat samt på de två lyftanordningar som sålts kunnat specialtillverkat ett grepp på lyftanordningen utifrån kundens behov och ändamål. Greppet kan därför se ut på olika sätt beroende på kundens behov. En av de specialfunktioner Liongrip X har att erbjuda är att lyften kan nå in till en maskin från sidan. Med hjälp av de 6 frihetsgrader Liongrip X kan röra sig i kan lyftanordningen ta sig in i svåråtkomliga utrymmen, exempelvis från sidan in i en maskin. Men denna information kan ytterligare begränsningar göras för att få en mer specifik potentiell kund och marknad. Produkten främsta målgrupp kan därför mer specifikt kopplas till industrier som önskar en lyftanordning som är specialanpassat i grepp utefter behov, samt kan förflyttas i svåråtkomliga utrymmen där varken truckar eller traverser och övriga lyftanordningar går att användas.

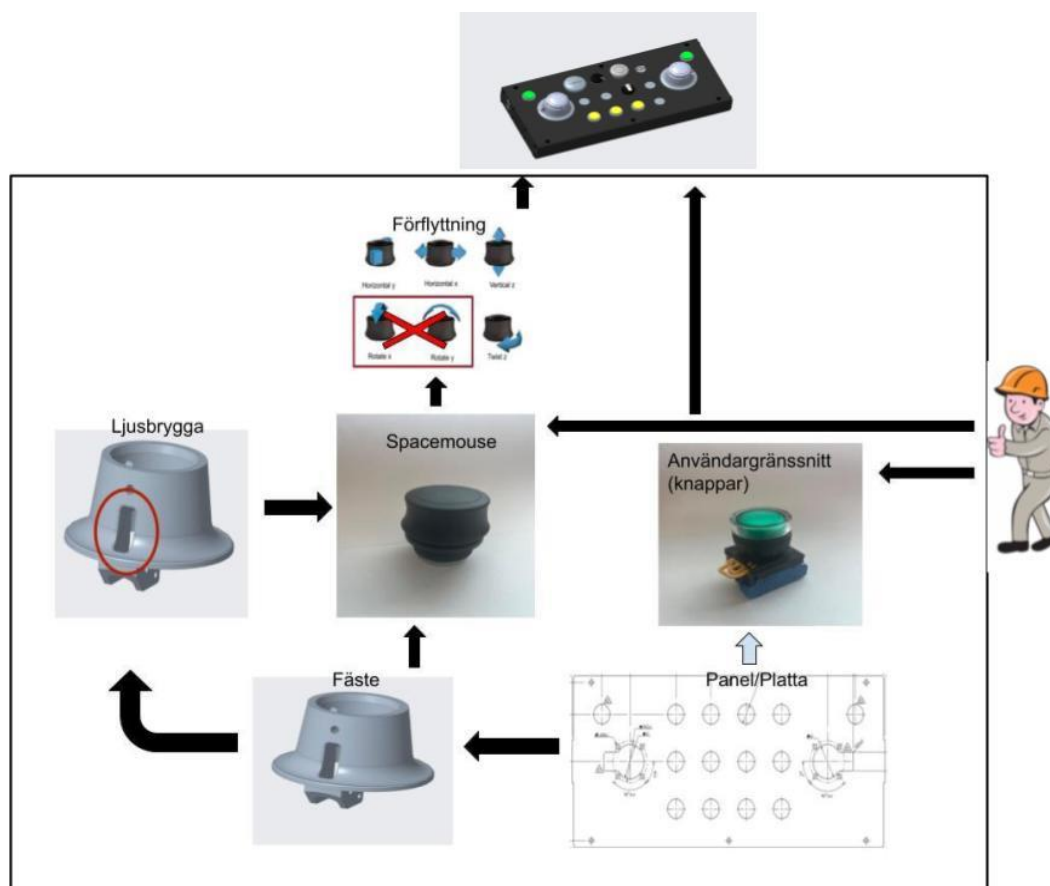
2.3.2 Kundundersökning

Än så länge har bara två Liongrip X sålts så det finns ingen stor marknad att kartlägga kundens röst ifrån. Nuvarande kundvärde och uppfattning av produkten kommer från de operatörer som kört lyften och Hofpartners egen uppfattning av produkten. I detta arbete betraktas företaget Hofpartner som en kund i kundundersökningen samt även användarna av Liongrip X som i sin tur är Hofpartners kunder. En kvalitativ kundundersökning har därför genomförts utifrån den fakta och iakttagelser företaget Hofpartner har gällande sin egen produkt. En intervju har även genomförts hos en av de två ägarna till Liongrip X. Intervjun gjordes med en operatör på Munksjö Paper AB. Munksjö Paper AB är en ägare av Liongrip X.

2.4 Analys av alternativ lösning – Koncept A

I detta avsnitt analyseras dagens befintliga lösning för styrpanelen där bättre och sämre delar hos lösningen analyseras. Det finns en specifik efterfrågan från Hofpartner om vad som önskas av konceptet vilket medför begränsningar i konceptframtagning. Det som efterfrågas från företaget är en specifik styrning för deras egen produkt Liongrip X vilket medför svårigheter att hitta redan existerande lösningar för denna typ av produkt. Internet och patentdatabaser har därför inte kunnat bidra till analysen av redan existerande lösningar. I detta arbete kommer därför Hofpartners befintliga lösning av styrpanel användas som en referenslösning. Referens-lösningen kommer i konceptframtagningen benämnas som koncept A.

2.4.1 Funktionsstruktur



Figur 5. Funktionsstruktur på befintlig lösning. Bildmontage (Hofpartner AB, 2024, Encyclopedia Britannica, u.å.) Återgiven med tillstånd.

I figur 5 illustreras en funktionsstruktur på Hofpartners befintliga lösning av styrpanel. I arbetet används denna lösning som en referenslösning för senare framtagning av koncept. Figur 5 illustrerar styrpanelens olika funktioner. Styrpanelen har en bas som fungerar som en panel/platta utformad för att ha plats för två fästen och fysiska användargränssnitt i form av knappar. På panelen/plattan monteras två fästen. Respektive fäste är konstruerat för en ljusbrygga genom en springa, där funktionen finns ur ett säkerhetsperspektiv. Varje fäste har en SpaceMouse. SpaceMousen samt knappar styrs av användaren och dess händer. Användaren överför muskelkraft genom händerna för att förflytta SpaceMousen i önskad rörelse. SpaceMousens rörelse styr i sin tur lyftanordningens rörelse.

En fördel med den befintliga lösningen är att den är logiskt konstruerad ur ett säkerhetsperspektiv. Ljusbryggan finns genom en springa på fästet och är designat utåt på fästet, detta för att ljusbryggan ska registrera händerna på ett säkert och logiskt sätt.

Säkerhetsfunktionen är en dubbelhandtagsfattning där respektive ljusbrygga ska registrera båda händerna på respektive fäste.

En nackdel med den befintliga lösningen är att det saknas ett bra grepp att styra vid. Önskade rörelser kan upplevas svårare att utföra då SpaceMousen i sig är liten i förhållande till användarens hand. Olika typer av SpaceMouse används vanligtvis vid CAD där användaren styr SpaceMousen med fingrarna samt avlastar armen mot ett skrivbord eller liknande. SpaceMousen som används för befintlig produkt är avsedd för industriella ändamål och är monterad i en panel vilket medför att armen eller delar av användarens hand inte kan avlastas mot panelens yta eller på samma sätt som vid CAD användning. Svårigheter och sämre delar hos produkten blir därför greppet vid SpaceMousen.

2.5 Framtagning av koncept

I denna del av arbetet genomförs framtagning av ett slutgiltigt koncept. Det första steget i denna del av arbetet var konceptgenerering. Projektet är begränsat i vad som går att göra från Hofpartner. Framtagningen av lösningar har baserats på lösningar till grepp och sätt att bli av med tiltfunktionen. Brainstorming har varit den primära metoden till att komma på lösningar till problemet där idéer om hur detta kan lösas.

Flera skisser på idéer utformades varav fem skisser ansågs ha potential som en alternativ lösning. Inom detta arbete skissades hela färdiga koncept med innovativa dellösningar. Projektet är unikt då det inte finns tidigare eller liknande lösningar på denna typ av produkt, vilket också har medfört svårigheter i att få fram dellösningar samt kombinera olika dellösningar till ett fungerande koncept. Därmed har fokus inte lagts på specifika dellösningar eller morfologiska matriser utan direkt framtagning på helhetskoncept har i stället arbetats fram. Utifrån de fem helhetskoncept som framtagits påbörjades koncepteliminering med hjälp av olika elimineringsmatriser för att sedan landa i ett slutkoncept.

2.6 Kravspecifikation

Efter framtagning av koncept utvecklades en slutgiltig kravspecifikation. Kravspecifikationen baseras på den funktionsbaserade kravspecifikationen se punkt 2.2.2 samt de kundkrav som fastställts efter kundundersökningar se punkt 3.1.1. Kravspecifikationen ger en tydlig

sammanfattningen på vad som förväntas uppfyllas av det slutgiltiga konceptet.

Kravspecifikationen består av totalt fyra tabeller. För detta arbete är det totalt tre olika intressenter där alla parter har olika krav för produkten. Intressenter redovisas som en tabell i bilaga 1. Därefter utvecklades intressentkraven som ses som en tabell i bilaga 2. Baserat på intressentkraven utvecklades systemkrav som specificerar kraven tekniskt samt förklarar mätbarheten för respektive krav se bilaga 3. Mätbarheten för systemkraven redovisas i form av olika verifieringsmetoder. Verifieringsmetoderna i bilaga 4 beskriver hur varje krav ska kunna kontrolleras och testas för att varje krav ska uppfyllas. Se tabeller under avsnittet bilagor.

2.7 Konstruktion av koncept

Vidare i processen och efter framtagning av koncept påbörjades detaljkonstruktion av det slutgiltiga konceptet. Vid skapandet av detaljkonstruktionen bestämdes form och mått på lösningens respektive komponenter. Merparten av alla komponenter utformades efter SpaceMousens mått och utformning. Första detaljkonstruktionen skapades i ett digitalt verktyg där en digital prototyp skapades i programmet Catia V5. Första CAD-modellen printades ut med hjälp av en 3D-printer till en första fysisk prototyp. Den fysiska prototypen gav en tydlig inblick i vad som kunde ändras och förbättras, därför gjordes flera mått och formändringar upprepande gånger på den digitala prototypen innan en slutgiltig prototyp printades ut.

2.8 Verifiering och utvärdering av koncept

Slutligen utfördes analysering och utvärdering av slutgiltigt koncept och prototyp. Vid detta stadie läggs stort fokus på att testa den slutgiltiga prototypen för att få en tydlig inblick i vad som kan upplevas som bättre respektive sämre med det slutgiltiga konceptet. Analysering av materialval samt tillverkningsmetod utförs för att ge en generell kostnadsuppskattning för produkten. Tidigare sammanställd kravspecifikation tas i beaktande och ställs mot det slutgiltiga konceptet. Övriga idéer som avgränsats tidigare i projektet samt krav som endast tagits i åtanke presenteras som potentiella vidareutvecklingar av projektet.

3. Resultat

3.1 Resultat av kundundersökning

I detta delkapitel redovisas resultat av kundundersökningen. Baserat på kundernas önskemål och krav har kundkrav fastställts som är uppdelade i tre kategorier. Första kategorin är "baskrav", vilket är de krav som är viktigast och kan betraktas som nödvändiga för produktens funktionalitet. "Uttalade krav" är mindre kritiska än baskraven men är krav som uttalats och önskats av kunden. "Pricken över i" eller outtalade krav är de krav som kunden själv inte specifikt önskat eller uttalat vid kundundersökning. "Pricken över i" är därför krav som utförare av examensarbete har utvecklat baserat på vad kunder hade tänkas uppskattat hos produkten men själva inte tänkt på.

3.1.1 Kund 1 - Hofpartner

Säljaren, i detta fall Hofpartner, har en bra inblick i vad de två befintliga kunderna av Liongrip X har för uppfattning av produkten. Den främsta och återkommande aspekten är hanteringen av SpaceMouse styrningen. De två styrspakarna felbelastas i form av att användaren tiltar spakarna i stället för att trycka spakarna i riktningen. Iakttagelser från Hofpartner är att användarna ofta greppar och omfamnar SpaceMousen med hela handen i stället för att använda endast fingrarna. SpaceMouse, som är ett verktyg som även kan användas inom CAD, är anpassad för att styras med fingrarna. Detta gör att lyftanordningen förflyttas långsammare och upplevs som svårstyrd. Användare upplever att de två SpaceMousen saknar ett bra handtag eller grepp vid styrning av Liongrip X. För Hofpartner själva samt för potentiella kunder och industrier är säkerheten viktig vilket medför att säkerhetsfunktioner vid användning av Liongrip X kommer att vara nödvändiga. Materialet är även en aspekt som kommit på tal, där användare önskat något mjukare material att hålla i vid styrning.

3.1.2 Kund 2 - Munksjö Paper AB

En kvalitativ undersökning genomfördes den 9/4-2024 i form av en intervju med en användare av Liongrip X. Intervjun gjordes med en operatör på Munksjö Paper AB. Enligt honom var styrningen väldigt känslig och man fick inget bra grepp. Även att ljusbryggan slutade fungera om man rörde händerna fel upplevdes som problematiskt då det gjorde att man fick släppa panelen och ta ett nytt tag.

3.1.3 Resultat av kundkrav

Baskrav:

- Lösningen ska kunna utföra SpaceMousens alla programmerade rörelser
- Lösningen ska vara mer användarvänlig än nuvarande lösning

Uttalade krav:

- Lösningen ska förhindra felbelastning och tiltande rörelse på SpaceMouse styrningen
- Lösningen ska vara ergonomiskt greppvänlig
- Lösningen ska vara konstruerad med en dubbelandtagsfattning och ljusbrygga (säkerhetsfunktion) som ej försvårar användning av LiongripX

Pricken över i (outtalade krav):

- Lösningen ska kunna monteras av från SpaceMouse (Komponenter ska kunna bytas ut)

3.2 Resultat av framtagning av koncept

Utifrån resultatet från kundundersökningen skapades grunden till konceptframtagningen. I detta delkapitel redovisas resultatet för detta.

3.2.2 Konceptgenerering

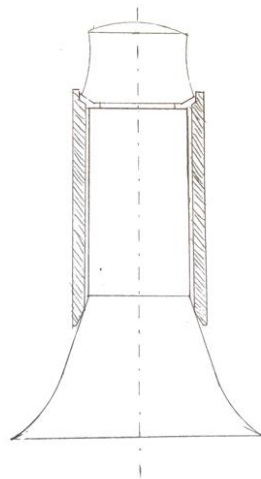
Konceptgenereringen innebar först till en början brainstorming och enklare skisser. Vidare i konceptgenereringen illustrerades totalt fem koncept som ansågs ha potential för att vara en lösning. Konzepten benämns som koncept A, B, C, D, E och F. Koncept A är nuvarande lösning (se figur 5, punkt 2.4.1) och används senare som referens i Pughmatrisen.

Det problem som togs fram i konceptgenerering var att bli av med tiltfunktionen men säkerställa att den önskade rörelserna inte hindrades. SpaceMousen är väldigt känslig för minsta tryck eller tyngd vilket hindrade sättet detta gick att lösas på. Ett av de problem som

förekom var, hur och om det gick att fästa något direkt i SpaceMousen utan att vikten påverkade upp och nedåt signalerna från SpaceMousen. Detta ledde till Koncept B, D, E och F som alla är sätt att mekaniskt ändra rörelsemönstret för SpaceMousen för att inte tiltfunktionen skulle förekomma. Medan koncept C löser det genom att ändra sättet man greppar SpaceMousen.

Koncept B

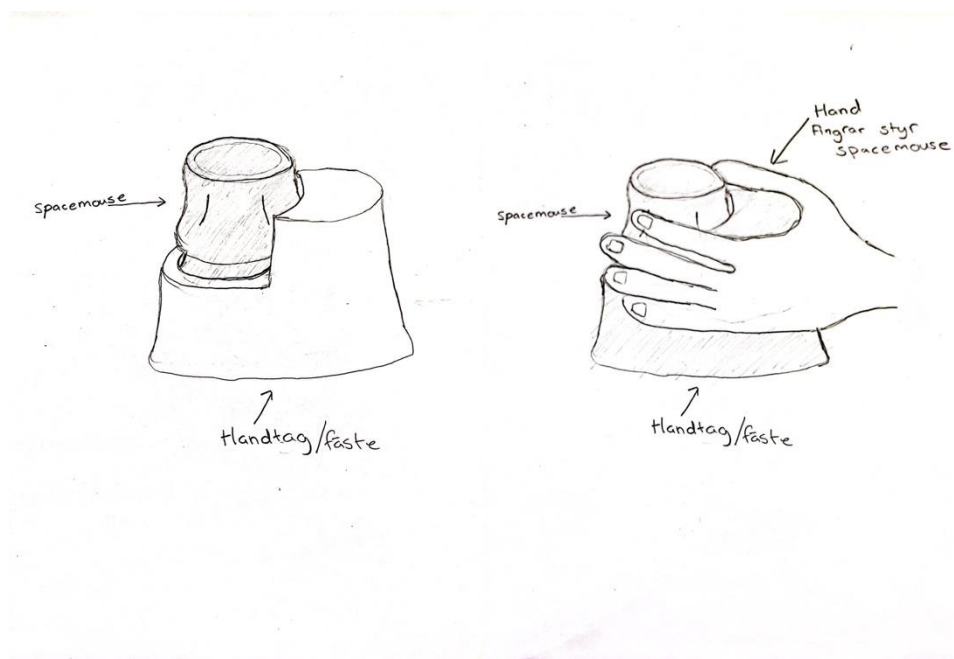
I figur 6 visas en skiss på koncept B. På skissen syns ett inre rör som fungerar som ett längre fäste. Det inre röret/längre fästet liknas med fästet på nuvarande lösning (Koncept A) men är längre vilket medför att SpaceMousen placeras på en högre höjd över styrpanelens platta. Det inre röret är fäst längst ner i styrpanelens platta och är nedtill bredare i diameter. Runt det inre röret finns ett cylinderformat yttre rör. Det yttre röret har någon millimeter större ytterdiameter än SpaceMousens nedre diameter. Det yttre röret är nedtill friliggande mot det inre rörets bredare diameter och upptill är röret i kant med SpaceMousens nedre kant se figur 6. Idén till detta koncept är att användaren styr genom att hålla i det yttre röret som är friliggande, det yttre röret kan därför tryckas framåt, bakåt och i sidled. På insidan av det yttre cylinderformade röret finns en "klack". Klacken breddar det inre röret och går in precis under SpaceMousens nederkant. "Klacken" har som funktion att trycka SpaceMousen uppåt. När användaren vill styra lyften uppåt lyfter användaren röret uppåt vilket resulterar i att "klacken" trycker SpaceMousen uppåt. För Koncept B behöver användaren släppa greppet runt röret för att trycka SpaceMousen nedåt med tummarna för nedåt rörelse.



Figur 6. Koncept B

Koncept C

I figur 7a ses en skiss av koncept C. Denna lösning kommer ha ett fäste som är fäst mot styrpanelens platta på liknande sätt som fästet i Koncept A. Fästet ska fungera som en typ av handtag och ge ett bättre grepp ur ett ergonomiskt och greppvänligt perspektiv. På dagens lösning (Koncept A) belastas och styrs SpaceMousen med hela handen i stället för med fingrarna. I Figur 7b fyller fästet ut ett hålrum mellan pekfinger och tumme vilket förhindrar att SpaceMouse styrs med hela handen, i stället används endast fingrarna för styrning av SpaceMouse.

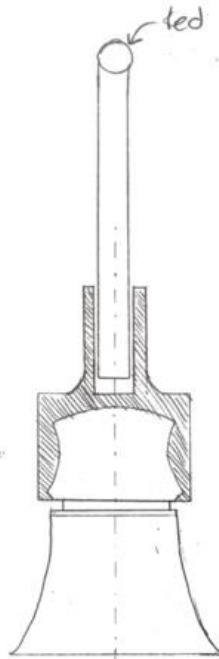


Figur 7a. Koncept C

Figur 7b. Koncept C med hand.

Koncept D

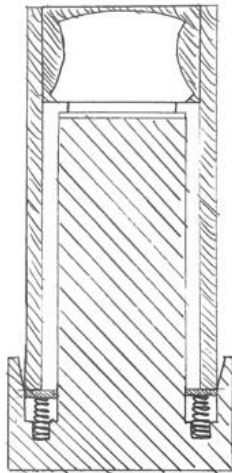
I figur 8 ses en skiss av koncept D. Koncept D bygger på att en ledad axel är fäst på ovansida SpaceMouse. Konceptet har ett liknande grepp som koncept A men med en styrarm ledad och fäst i en bygel ovanpå samt i SpaceMousen. Styrarmen är till för att eliminera tiltrörelsen från SpaceMousen.



Figur 8. Koncept D

Koncept E

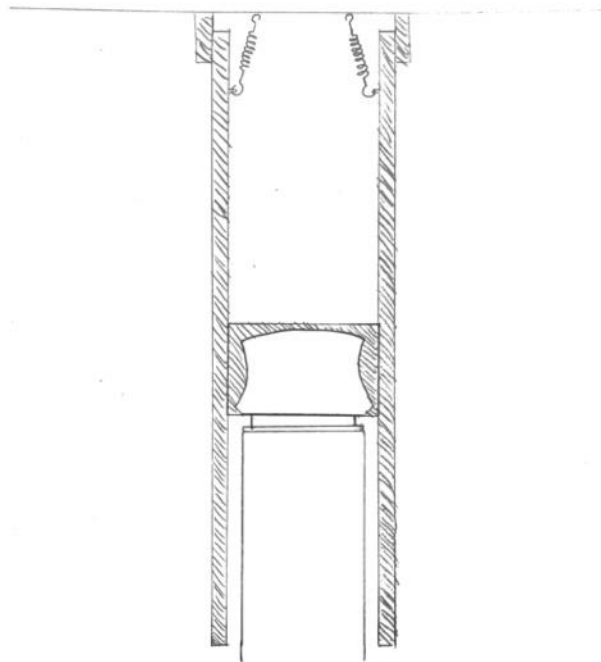
I figur 9 visas en skiss av koncept E. Koncept E bygger i grunden på koncept B. En utmärkande skillnad är att koncept E är konstruerat med plats för fyra fjädrar. Fjädrarna är fästa nedtill på fästet/styrhylsan där det är fyra borrhål. Ovanpå fjädrarna ligger en platt ring vilket gör ringen fjädrande. Det yttre röret är mer integrerat med SpaceMousen och omsluter hela SpaceMousens utformning genom en exakt utformad hylsa. Det yttre röret vilar fritt på den platta ringen som ligger ovanpå de fyra fjädrarna. Då SpaceMousen ger utslag på minsta möjliga tryck eller rörelse måste det omslutande röret och hylsan var i samma friläge som SpaceMousen. När SpaceMousen är i friläge medför fjädrarna att det yttre röret och den utformade hylsan också är i friläge. Fjädrarna medför också att SpaceMousen går att tryckas ned för nedåt rörelse. Den omslutande hylsan har en liten klack som går in nedtill SpaceMousen för uppåt rörelse. Utövande av övriga rörelser med handtaget/röret fungerar på likande sätt som med Koncept B.



Figur 9. Koncept E

Koncept F

I figur 10 ses en bild av koncept F. Detta koncept är likt koncept E med att handtaget avlastas från SpaceMousen med hjälp av fjädrar men i detta fall hänger handtaget med fjädrarna från en bygel över panelen. Bygeln är tänkt att vara fäst i styrpanelen och gå över SpaceMousen/handtagen.



Figur 10. Koncept F

3.2.3 Elimineringssmatris

I processens nästa steg utformades en elimineringsmatris där de fem genererade lösningarna ställdes mot sju generella men betydande elimineringskriterier. Elimineringssmatrisens uppbyggnad baseras på det upplägg som Johannesson m.fl. (2013) sammanfattat. I tabell 4 visas de sju elimineringskriterier som testades mot varje lösning. Elimineringssmatriserna förutbestämde och baserades på både kraven för produkten samt arbetets tidplan, företagets inställning till de olika lösningarna och begränsningar för budget. Hänsyn för placering av säkerhetsfunktion ur ett konstruktionsperspektiv togs även i beaktande. Varje lösning ställdes även mot ett kriterium där en bedömning fick göras om tillräcklig information fanns för att genomföra konceptet realistiskt.

Tabell 4. Elimineringsskriterier

ELIMINERINGSSKITERIER
1. Har potential att lösa huvudproblemet (tiltning)
2. Ergonomiskt grepp
3. Inom budgetramen
4. Kan konstrueras med säkerhetsfunktion/ Ljusbrygga
5. Genomförbar inom tidsramen
6. Passar företaget (Hofpartner)
7. Tillräcklig information finns för genomförande av koncept

I tabell 5 testas Lösning A-F. Varje elimineringsskriterium bedöms med antingen Ja (+) eller Nej (-). Om ett koncept får "Ja" på alla kriterium resulterar det i att lösningen behålls för vidare analysering i elimineringssprocessen. Testas en lösning mot ett av kriterierna och bedöms som "nej" elimineras lösningen direkt. Lösning A behålls oberoende om elimineringsskriterierna uppfylls, detta för att Lösning A vidare kommer användas som referens i Pughmatrisen. Lösning B, C, E och F är koncept som bedöms uppfylla de sju elimineringsskriterierna och behålls för att vidare bedömas i elimineringssprocessen. Lösning D är det koncept som skiljer sig från övriga lösningar. Lösning D bedöms att sakna ett ergonomiskt grepp då denna lösning är bestående av en ledad axel. I denna bedömning finns ingen idé på hur en ledad axel även ska kombineras med ett ergonomiskt grepp vilket också landar i bedömningen att denna lösning i detta stadi saknar tillräcklig information för att vidare analyseras.

Tabell 5. Elimineringssmatris

Elimineringssmatris för Examensarbete - Handtag integrerade med SpaceMouse-styrning			
Utfärdad av: Hanna von Dolwitz och Andreas Andersson		Skapad: 5/7-2024	
		Modifierad: 9/7-2024	
Elimineringsskriterier	1. Har potential att lösa huvudproblemet (tiltning)		
	2. Ergonomiskt grepp		
	3. Inom budgetramen		
	4. Kan konstrueras med säkerhetsfunktion/ Ljusbrygga		
	5. Genomförbar inom tidsramen		
	6. Passar företaget (Hofpartner)	+ Ja	+ Behåll lösning
	7. Tillräcklig information finns för genomförande av koncept	- Nej	- Eliminera lösning

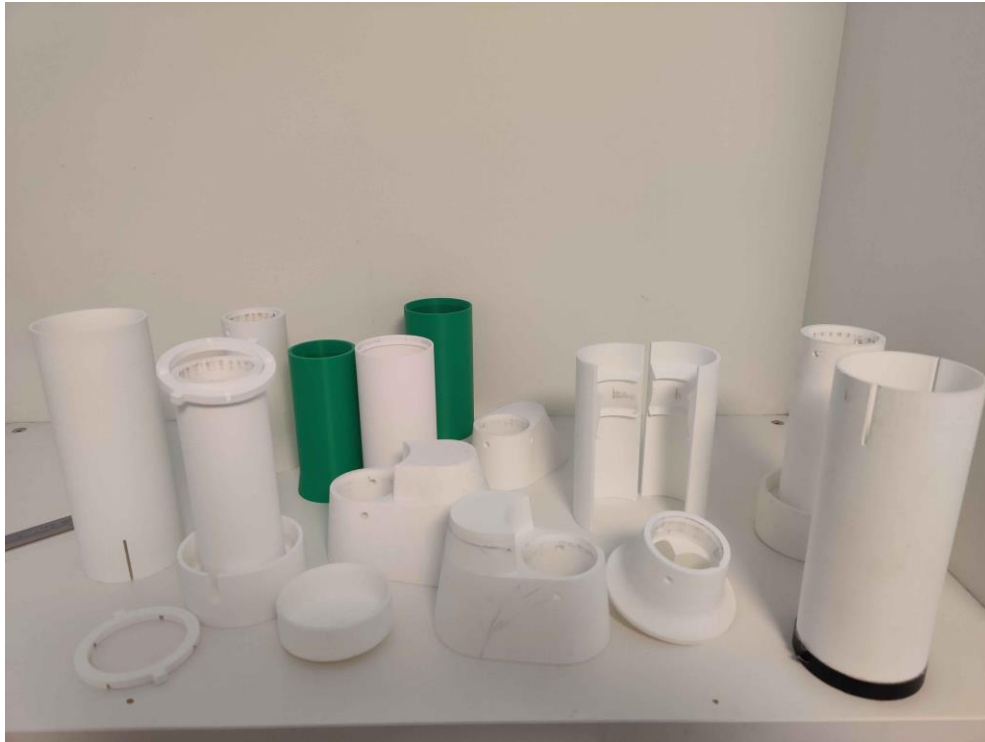
Lösning	1	2	3	4	5	6	7	Bedömning	BESLUT
A (Referens)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Behåll lösning
B	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Behåll lösning
C	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Behåll lösning
D	Ja	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	Eliminera lösning
E	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Behåll lösning
F	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Behåll lösning

3.2.4 Prototyp tillverkning

Flertal prototyper gjordes för att testa de olika koncepten. Utifrån möjlighet och tillgång gjordes prototyper till alla dellösningar förutom koncept D och F. Detta var på grund av saknad bygel. Resterande prototyper 3D-printades i en FDM printer utav PLA plast. Flertal iterationer av vissa 3D-modeller gjordes för att ge en rättvis jämförelse mellan koncepten. Ljusbryggan låg inte som primärt fokus i prototypbygget men har följt med som en åtanke att det måste gå att lösa. Därför finns inga infästningar eller hål för dem i någon av prototyperna. I figur 11 och figur 12 ses olika prototyper av koncepten som detaljkonstruerats och printats ut.



Figur 11. Prototyp av Koncept B & Koncept C



Figur 12. Iterationer av prototyper

3.2.5 Pughmatrix

Efter elimineringsmatrisen gjordes en Pughmatrix med kvarstående fyra koncept och där koncept A används som referens, se tabell 6. Koncept A är den lösning som används i dagsläget och valdes därför som en referens i denna elimineringsmatris, tydligare motivering beskrivs i punkt 2.4. För Pughmatrixen bestämdes total fyra olika kriterier som utvecklats utifrån kundkraven och elimineringskriterierna från tabell 4. Varje koncept jämförs var och en mot referenskonceptet (koncept A). I Pughmatrixen används betygssystemet +, 0 eller -. Betyg + innebär att ett valt koncept uppfyller kriteriet bättre jämfört med referenskonceptet. Betyg 0 innebär att valt koncept uppfyller kriteriet lika bra som referenskonceptet och betyg - innebär att valt koncept är sämre till kriteriet i jämförelse än referenskonceptet. Johannesson m.fl. (2013) beskriver liknande uppbyggnad av Pugh matrix där samma typ av betygssystem används.

I tabell 6 valdes alla koncept som fick rangordning 1 att vidareutvecklas i elimineringsprocessen. Rangordningen resulterade i att koncept C och E vidareutvecklas. Koncept B ansågs vara något ostabil vilket inte garanterade en användarvänlighet och god funktionalitet och likaså koncept F där en fjäder är fäst upptill ovan SpaceMouse, vilket kan ge en något ostabilare konstruktion.

Tabell 6. Pughmatrix

Chalmers	Pughmatrix (Relativ beslutsmatrix)				
Utfärdare: Hanna von Dolwitz och Andreas Andersson	Skapad: 9/7/2024				
	Alternativ				
	A	B	C	E	F
Undviker tiltfunktion	R	+	+	+	+
	E				
Funktionalitet /Användarvänlighet	F	-	+	+	+
	E				
Ergonomi	R	+	0	+	+
	E				
Komplexitet	N	-	0	-	-
	S				
Stabilitet		-	+	+	-
$\Sigma+$		2	3	4	3
$\Sigma 0$		0	2	0	0
$\Sigma -$		3	0	1	2
Nettovärde		-1	3	3	1
Rangordning		3	1	1	2
Vidareutveckling		Nej	Ja	Ja	Nej
Beslut	Alla lösningar med rangordning ett (1) bedöms gå vidare för vidareutveckling				

3.2.6 Kesselringmatrix

För att landa i ett välgrundat och slutgiltigt koncept gjordes en kesselringmatrix.

Kesselringmatrisen har samma betygssystem och uppbyggnad som Johansson m.fl. (2013) sammanfattat. Kesselringmatrisen utvecklades utifrån de två kvarstående koncepten, C och E. Först utvecklades tabell 7 där varje kriterium viktas mot varandra. Detta skedde genom att använda betygssystemet 0, 0.5 och 1. Betyg 0 innebär att kriteriet är mindre viktigt än det andra jämförda kriteriet. Betyg 0.5 bedöms som lika viktigt som det jämförda kriteriet och betyg 1 innebär att det är viktigare än jämfört kriterium. För varje kriterium summeras betygen till en summa, detta för att sammanställa en total summa som summerades till 10, se tabell 7.

För en kesselringmatrix används totalt tre olika parametrar för att få ett noggrant och välgrundat slutkoncept.

Parameter w- är den relativa summa som beräknas i tabell 7. Detta genom att dividera varje kriteriums enskilda summa med den totala summan 10.

Tabell 7. Kriterier för kesselringmatris

Kriterier	1	2	3	4	5	Summa	w
1. Undviker tiltfunktion	X	0,5	0,5	1	1	3	0,3
2. Funktionalitet/Användarvänlighet	0,5	X	0,5	1	1	3	0,3
3. Ergonomi	0,5	0,5	X	1	0,5	2,5	0,25
4. Komplexitet	0	0	0	X	0	0	0
5. Stabilitet	0	0	0,5	1	X	1,5	0,15
Total						10	1

Parameter v- utgår från hur bra varje koncept uppfyller respektive kriterium. För detta används ett betygssystem 1–5. Innebörden för varje betyg 1–5 ställt mot varje kriterium redovisas i de fem nedanstående tabellerna.

Tabell 8.

Undviker tiltfunktion	
Ja/Nej	Betyg
Nej	1
Kanske	3
Ja	5

Tabell 9.

Funktionalitet/Användarvänlig	
Enkel att hantera för användaren	Betyg
Ohanterlig	1
Svårhanterlig	2
Hanterbar (Koncept A))	3
Lätthanterlig	4
Mycket lätthanterlig	5

Tabell 10.

Ergonomi	
Bra/Inte bra Ergonomi	Betyg
Inte bra	1
Mindre bra (Koncept A)	2
Acceptabel	3
Bra	4
Mycket bra	5

Tabell 11.

Komplexitet	
Mycket/Ingen komplexitet	Betyg
Väldigt Mycket	1
Mycket	2
Lite	3
Väldigt lite	4
Ingen	5

Tabell 12.

Stabilitet	
Mycket/Lite stabil	Betyg
Inte	1
Lite	2
Stabil	3
Mer	4
Mycket	5

Parameter t - är produkten av $w*v$. När varje kriterium har beräknats med en produkt av w och v summeras de olika värdena till ett totalt viktat värde.

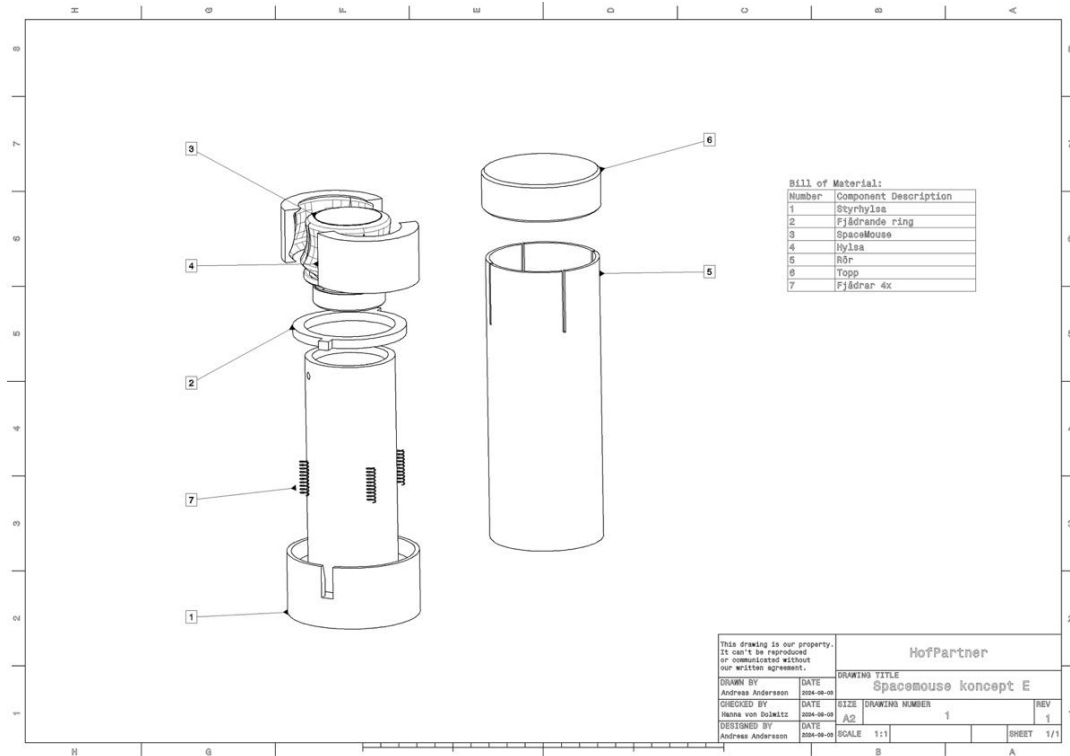
I tabell 13 nedan ses bedömning och resultat av w och v samt produkten t för båda koncepten. I tabell 13 presenteras ett ideal som har högsta möjliga betyg, detta för att få ett perspektiv på hur bra framtagna koncept ställer sig till ett ideal koncept. Det koncept som fick högst totalt viktat värde vid summering av v bedömdes som det högst rankade och därmed det slutgiltiga konceptet. Koncept E fick den totala summan 21 mot Koncept C med totala summan 19. Beslut togs att koncept E är slutgiltigt koncept.

Tabell 13. Kesselringmatrix

Kesselringmatrix							
Utfärdare: Hanna von Dolwitz och Andreas Andersson				12/7-2024			
Kriterier			Alternativa koncept				
			Ideal		C		E
Namn	w	v	t	v	t	v	t
1. Undviker tiltfunktion	0,3	5	1,5	3	0,9	5	1,5
2. Funktionalitet	0,3	5	1,5	4	1,2	5	1,5
3. Ergonomi	0,25	5	1,25	4	1	5	1,25
4. Komplexitet	0	5	0	4	0	3	0
5. Stabilitet	0,15	5	0,75	4	0,6	3	0,45
<i>T (Totalt viktat värde)</i>		30	5	19	3,7	21	4,7
Antal svaga punkter		0		0		0	
Rangordning				2		1	
Beslut		Koncept E rangordnas högst.					

3.3 Slutgiltigt koncept

Det slutgiltiga konceptet som utifrån matriserna förväntas ge det högsta kundvärdet är koncept E. Konceptets funktionalitet diskuteras i kommande delkapitel – 4. Diskussion och slutsats. Slutgiltig ritning på koncept E samt en slutgiltig prototyp kan ses nedan:



Figur 13: Ritning av Koncept E



Figur 14: Slutlig prototyp av Koncept E

3.4 Tillverkningsmetod och materialval

I detta delkapitel redovisas en generell kostnadsuppskattning baserat på val av tillverkningsmetod samt materialval av det slutgiltiga konceptets komponenter.

3.4.1 Design for Assembly och Design for Manufacturing

Vid bestämning av lämplig tillverkningsmetod och materialval genomfördes analyser av DFA (Design For Assembly) och DFM (Design For Manufacturing). Genom att göra en generell kostnadsuppskattning utifrån DFA och DFM förväntas materialkostnader ej överskrida 700 SEK exklusive tillverkningskostnad då Hofpartner har möjlighet att tillverka alla komponenter själva.

Design for Assembly (DFA)

Redan under den initiala fasen av konceptgenereringen var DFA med i åtanke, är konceptet praktiskt genomförbart? Detta var ännu tydligare när prototypbyggena började, de konceptet

som byggde på ett yttre rör var tvungna att monteras i rätt ordning för att det skulle vara möjligt att fästa alla delar. Även tillkom ändringar som hål för insexnycklar och dylikt för att kunna montera SpaceMousen. Med tanke på att Hofpartner inte har någon förväntning att masstillverka Liongrip X så har inget jättestort fokus lagts på att minimera antalet delar och komponenter. Utan så länge det är möjligt att montera allt utan att några toleranser krockar har det ansetts vara bra nog.

Design for Manufacturing (DFM)

Efter prototypbygget har vissa ändringar gjorts av 3D-modellen för att underlätta tillverkningsmetoden. En av dessa är att hålen för skruvarna borras hela vägen igenom basen så att det ska vara möjligt att borra dessa underifrån. Sedan gängas även hålen för att tillåta stoppskruvar att skruvas dit underifrån så att fjäderkompressionen kan ställas in. I samråd med Hofpartner anses ytbehandlat aluminium vara ett lämpligt materialval. Ytbehandlat aluminium är ett lätt men ett slitstarkt material, kostnader kan hållas nere då Hofpartner har resurser för att tillverka handtaget på plats i en verkstad. Ytterligare ett alternativ är att tillverka handtagets komponenter med hjälp av additiv tillverkning likt prototypen för att minska kostnader något. Att tillverka handtaget i aluminium är däremot att föredra då toleranser och kvalité anses bli bättre med de produktionsmaskiner som Hofpartner har att tillgå.

4. Diskussion och slutsats

I detta arbete ansågs koncept E vara det slutgiltiga konceptet och en slutlig prototyp skapades baserat på tidigare prototyp tillverkning. Den slutgiltiga prototypen konstruerades med noggrannare och exakta mått samt fästes på en bottenplatta för att skapa en känsla av en sådan verklig prototyp som möjligt. Efter utveckling av tidigare iterationer av koncept E gav den slutgiltiga prototypen bra indikationer på hur väl den slutgiltiga lösningen kunde tänkas fungera. Vid testning av handtagen fungerade den slutgiltiga prototypen enligt förväntan. Koncept E är en lösning som i framtiden kan ha potential att implementeras på Hofpartners nuvarande lösning.

I ett tidigt skede av arbetet var Hofpartners önskemål och syfte med arbetet flera olika aspekter. Dessa olika punkter sammanfattas under delkapitel 1.2. För detta arbete valde studenterna att lägga primärt fokus på två aspekter som ansågs vara viktigast och grunden för att lösa de huvudsakliga problemen med nuvarande lösning. Dessa två synpunkter utformade frågeställningarna för detta arbete. Undvika felbelastning i form av att användaren tiltar SpaceMousen, samt att utveckla handtag till SpaceMousen med hänsyn till ergonomi, blev arbetets primära fokus.

Koncept E har ett längre fäste jämfört med Hofpartners nuvarande lösning, där fästet är betydligt kortare. Detta medför att SpaceMousen placeras på en högre höjd i förhållande till bottenplattan. Ett längre handtag utformades med avseende på ergonomi. Lösningen upplevs vara greppvänlig och skapar en känsla av att LiongripX styrs med två handtag och kan liknas vid två styrspakar. Begränsning finns gällande geometrin, där det omslutande röret begränsas av SpaceMousens yttersta diameter.

Greppet kan eventuellt upplevas något för stort om användaren av lyften har mindre händer. Ett längre handtag som omsluter SpaceMousen i kombination med styrhylsan som sitter nedtill medför att felbelastning i försök till att tilta SpaceMousen försvåras. Röret kan upplevas att det tiltas något men är ytterst lite vid tryck framåt, bakåt och i sidled. Att undvika tiltning helt, har ej uppnåtts men i jämförelse med dagens lösning minskas tiltningen och felbelastningen markant med det handtag som tagits fram som slutgiltigt koncept. Tiltningen har minimerats så att den lilla vinkel-avvikelse som genereras på SpaceMousen inte ställer till något problem längre.

Vid kundbesöket på Munksjö Paper AB testades nuvarande lösning, som är bestående av två SpaceMouse. Vid styrning av LiongripX med två SpaceMouse konstaterades det, att det krävdes en ytters liten belastning på SpaceMousen för att den skulle ge utslag i form av att lyften rörde sig. Därför har en av de största svårigheterna med detta arbete varit att utveckla ett koncept i form av ett handtag som integreras med SpaceMousen. Minsta tyngd eller tryck mot SpaceMousen ger utslag i form av rörelse.

Koncept E konstruerades därför med fyra fjädrar samt en ovanliggande ring som håller upp röret i ett nolläge/friläge. När SpaceMousen ligger i friläge är det omslutande röret och hylsan runt SpaceMousen i samma läge med hjälp av fjädringen. Detta innebär att inget tryck eller vikt belastar SpaceMousen när den ej används. Vid tryck nedåt trycks fjädrarna nedåt och därmed trycks SpaceMousen nedåt. För resterande rörelser trycks eller dras handtaget mot riktningen för önskad rörelse.

Koncept E förväntas inte överskrida budgeten på 5000kr, då materialkostnaden förväntas ligga på ca 700 SEK + SpaceMousen om den tillverkas i aluminium och betydligt mindre vid additiv tillverkning. Tillverkningskostnader medräknas inte då tillverkning utförs av företaget.

4.1 Vidareutveckling och rekommendationer

Vid analys och utvärdering av detta arbete och med hänsyn till Hofpartners önskemål kan även Koncept C vara en potentiell lösning för företaget. Vid bedömning och eliminering av de olika koncepten var koncept E något bättre poängmässigt än koncept C. Vid testning av prototyperna till de två olika koncepten upplevdes båda vara funktionella. Därmed kan båda koncepten vara av intresse för Hofpartner.

Med hänsyn till kravspecifikationen är säkerhetsfunktionen en aspekt som ej har detaljkonstruerats i det slutgiltiga konceptet. Säkerhetsfunktionen som är i form av en ljusbrygga har under arbetets gång haft i åtanke men har inte specifikt detaljkonstruerats. Handtaget med det omslutande röret är vid användning rörligt och har därför ingen fast

position vilket skulle resultera i att ljusbryggan skulle brytas och tappas. Ljusbryggan är därför inte tänkt att placeras i handtaget utan i stället placeras uppåt från styrpanelen eller ovanifrån från en fäst bygel.

Detta kräver att framtida justeringar görs av styrpanelens design om denna typ av säkerhetsfunktion önskas användas. Vid presentation av det slutgiltiga konceptet hos Hofpartner, påpekade en av handledarna att smuts eller damm kan tänkas samlas längst ner på handtaget vid styrhylsan. För vidareutveckling av det slutgiltiga konceptet hade därför ett dammskydd varit relevant att utveckla som en ytterligare komponent.

Vid fria händer och inga begränsningar för projektet hade omprogrammering av SpaceMouse varit en idé att testa. En av de initiala lösningarna till tiltandet var att programmera den rörelsen till att även styra lyften framåt. Detta hade troligtvis vart ett ganska lätt och smidigt sätt att lösa problemet. Men vid kontakt med företaget så var det tydligt att tiltandet inte var en önskad funktion över huvud taget så den idén testades aldrig.

Även eventuellt byte från SpaceMouse-systemet hade varit en lösning då Koncept E, även om den uppfyller den önskvärda funktionen hade kunnat ersättas av någon enklare form av "joystick" som finns på marknaden.

Referenser

Encyclopedia Britannica. (n.d.). *Builder Construction Worker Thumbs Up Cartoon*. [Fotografi]. Britannica ImageQuest. https://quest-eb-com.eu1.proxy.openathens.net/images/186_1628719

Encyclopedia Britannica. (n.d.). *Payment Methods Cash Isometric Composition*. [Fotografi]. Britannica ImageQuest. https://quest-eb-com.eu1.proxy.openathens.net/images/186_3412126

Encyclopedia Britannica. (n.d.). *Steel Industry Isometric Set*. [Fotografi]. Britannica ImageQuest. https://quest-eb-com.eu1.proxy.openathens.net/images/186_341528

Encyclopedia Britannica. (n.d.). *Trash Pickup Isometric Composition*. [Fotografi]. Britannica ImageQuest. https://quest-eb-com.eu1.proxy.openathens.net/images/186_3415220

Hofpartner AB. (2024). *LiongripX*. [Fotografi]. <https://www.Hofpartner.com/lyfthjalpmedel/liongrip-lyftanordning/>

Johannesson, H. Persson, J-G. Pettersson, D. (2013) *Produktutveckling, Effektiva metoder för konstruktion och design*.

Lindstedt, P. Burenus, J. (2003) *The value model: How to Master Product development and Create Unrivalled Customer Value*.

Megatron. (2024). *Data sheet SpaceMouse Module*. [Produktblad]. https://www.megatron.de/fileadmin/user_upload/Datenblaetter/Joysticks/Fingerjoysticks/DS_SpaceMouseModule_en.pdf

Svenska institutet för standarder. (2020). *Värdehantering (SS-EN 12973:2020)*. <https://www.sis.se/produkter/foretagsorganisation/foretagsorganisation-och-foretagsledningssystem/forskning-och-utveckling/ss-en-129732020/>

Bilagor

Bilaga 1. Intressenter

Intressentkod		Kontaktinformation	Kommentarer	Referens
K1	Kunden/Användaren			
K2	Hofpartner AB	peter.morichetto@Hofpartner.se +46 (0)532 60 85 89 petter@Hofpartner.se +46 (0)532 60 85 87		https://www.Hofpartner.com
K3	Utförare av examensarbete	hanna00101711@gmail.com 99.andreas.a@gmail.com	Krav studenterna som utför examensarbetet har för att genomföra ett bra arbete och få fram ett dugligt koncept	

Bilaga 2. Intressentkrav

Intressentkrav kod	Intressentkod	Intressentkrav	Intressent	Prioritering	Förklaring
K1-001	K1	Användarvänlig	Kund/Användare	Krav	Lösningen ska vara användarvänlig
K1-002	K1	Handtag/Styrspak att styra med	Kund/Användare	Önskemål	Kund önskar ett handtag/styrspak
K2-001	K2	Två handtag integrerade med SpaceMouse	Hofpartner AB	Krav	Konceptet ska omfatta två handtag integrerade med respektive SpaceMouse
K2-002	K2	Förhindra tiltning av SpaceMouse	Hofpartner AB	Krav	Konceptet ska förhindra att SpaceMousen tiltas vid styrning
K2-003	K2	Föra över rörelse till SpaceMouse	Hofpartner AB	Krav	Konceptet ska kunna föra över rörelser till SpaceMouse
K2-004	K2	Säkerhetsfunktion-dubbelhandtagsfattning ljusbrygga	Hofpartner AB	Krav	Konceptet ska kunna förses med dubbelhandtagsfattning Ljusbrygga
K2-005	K2	Inte väga mer nuvarande styrpanel	Hofpartner AB	Krav	Styrpanelens totala vikt med nya konceptet ska inte väga mer än nuvarande styrpanel
K2-006	K2	Slitstarkt material	Hofpartner AB	Krav	Konceptet ska ha ett slitstarkt material
K2-007	K2	Konceptet bör ej vara för dyrt	Hofpartner AB	Krav	Det nya konceptet ska ej vara för dyrt
K3-001	K3	Handtag ska kunna monteras bort från SpaceMouse	Utförare av examensarbete	Önskemål	Vid slitage ersättas och återvinnas

Bilaga 3. Systemkrav

Systemkrav kod	Intressentkrav kod	Designandel	Systemkrav	Förklaring	Verifieringsmetod
S-K1-001-001	K1-001	Hela styrpanelen	Styrning av LiongripX ska vara användarvänlig	För att produkten ska ha ett kundvärde behöver den vara användarvänlig	VM-2
S-K1-002-002	K1-002	Lösningen (Konceptet)	Styrspak/handtag önskas i stället för SpaceMouse	Ett önskemål hos kund är någon typ av styrspak/handtag vid styrning av LiongripX	VM-1
S-K2-001-003	K2-001	Lösningen (Konceptet)	Två handtag integrerade med SpaceMouse	Konceptet ska omfatta två handtag integrerade med respektive SpaceMouse	VM-1
S-K2-002-004	K2-002	Lösningen (Konceptet)	Förhindra tiltning av SpaceMouse	Konceptet ska förhindra att SpaceMousen tiltas vid horisontell styrning	VM-1
S-K2-003-005	K2-003	Lösningen (Konceptet)	Föra över rörelse till SpaceMouse	Konceptet ska kunna föra över rörelser till SpaceMouse	VM-2
S-K2-004-006	K2-004	Lösningen (Konceptet)	Säkerhetsfunktion-dubbelhandtagsfattning ljusbrygga	Konceptet ska kunna föras i konstruktionen med en dubbelhandtagsfattning/ljusbrygga	VM-1
S-K2-005-007	K2-005	Hela styrpanelen	Totala vikten på styrpanelen i konceptet får ej väga mer än	Totala vikten på styrpanelen i konceptet får ej väga mer än 7kg	VM-5

			nuvarande styrpanel		
S-K2-006-008	K2-006	Lösningen (Konceptet)	Konceptet ska bestå av slitstarkt material	Konceptet ska vara konstruerat med ett slitstarkt material	VM-4
S-K2-007-009	K2-007	Lösningen (Konceptet)	Konceptet ska ej överstiga budget	Konceptet ska ej kosta mer än 5000 SEK	VM-3
S-K3-001-010	K3-001	Lösningen (Konceptet)	Konceptet ska kunna monteras av SpaceMouse	Et Konceptet ska kunna monteras av SpaceMouse för att ersätta framtida slitet handtag samt återvinna gammalt	VM-1

Bilaga 4. Verifieringsmetod

Verifieringsmetod	
VM-1	Test på prototyp
VM-2	Test på verklig och färdig produkt
VM-3	Kostnadsberäkningar
VM-4	Val av material
VM-5	Våg

**INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH
MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA**
Göteborg, Sverige 2024
www.chalmers.se



CHALMERS