

Konstruktion av drivsystem för manuella rullstolar



TOMAS ALMBO

CIVILINGENJÖRSPROGRAMMET
Maskinteknik

Luleå tekniska universitet
Institutionen för Tillämpad fysik • Maskin- och materialteknik
Avdelningen för Datorstödd maskinkonstruktion



Förord

Jag vill först av allt tacka Peter Almstedt på AddMobility som gett mig möjligheten att genomföra detta givande examensarbete. Tack till mina handledare Andreas Larsson, Tobias Larsson och Elisabet Kassfeldt för all hjälp.

Sammanfattning

Denna examensrapport behandlar konstruktionen av ett hävstångsdrivet system för manuella rullstolar. Systemet innefattar drivning, växlar, broms, bakåtrullningsspärr och andra detaljer. Arbetet har skett på uppdrag av Peter Almstedt på AddMobility i syfte att utveckla en produkt som underlättar förflyttning, manövrering och minskar den fysiska ansträngningen för rullstolsbrukaren.

Arbetet har bedrivits enligt en viss produktutvecklingsprocess som kan delas upp i fem faser; informationsinsamling, produktbeskrivning, konceptdesign, detaljkonstruktion och slutligen diskussion.

Under denna process utarbetades en konstruktion för det nämnda systemet fram. Arbetet bedrevs framförallt genom konceptgenerering och cad-arbete i programmet IDEAS. Det mesta av arbetet har varit teoretiskt men med en del inslag av praktiskt konstruktion.

Det slutgiltiga resultatet av arbetet presenteras i datorrenderade bilder.

Abstract

This report treats the construction of a lever-driven system for manual wheelchairs. The system contains drive, brake, gears and other details. The work has been carried out in commission by Peter Almstedt at AddMobility with the purpose to develop a product which makes the manual wheelchair easier to manoeuvre and reduces the physical effort for the wheelchair user.

The work has been carried out according to a certain product development process which can be divided into five phases; gather information, product description, concept design, detail design and discussion.

During this process, a construction for the system was developed. The work was mainly performed through concept generation and computer aided design using the computer program IDEAS. Most of the work has been theoretical with some segments of practical construction.

The final result of the work is shown in computer rendered images.

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.1.2 Rullstolsburnas situation.....	6
1.1.3 Design för välbefinnande.....	6
1.1.4 AddMobility.....	6
1.2 Syfte.....	6
1.3 Mål.....	7
1.4 Arbetsmetod.....	7
2. Informationsinsamling.....	8
2.1 Behov.....	8
2.2 Benchmarking.....	8
2.2.1 Handmaster.....	8
2.2.2 Wijit.....	9
2.3 Relaterad teknologi.....	10
2.3.1 Alber.....	10
2.3.2 EasyWheel.....	10
2.3.3 Växlar.....	10
2.3.3.1 Remväxel och kedjeväxel.....	10
2.3.3.2 Kuggväxlar.....	11
2.3.4 Bromsar.....	12
2.3.4.1 Fotbroms.....	12
2.3.4.2 Clipbroms.....	12
2.3.4.3 Skivbromsar.....	12
2.3.4.4 Rullbroms.....	12
2.3.5 Quick-release.....	12
2.4 Rullstolskurs.....	13
2.5 Studiebesök.....	13
2.5.1 Svarvex.....	13
2.5.2 LK:s Hjul.....	13
3. Projektinriktning.....	14
3.1 Produktbeskrivning.....	14
3.2 Avgränsningar.....	14
3.3 Affärsplan.....	15
3.4 Primär marknad - målgrupp.....	15
3.5 Intressenter.....	15
4. Konceptdesign.....	16
4.1 Konceptgenerering.....	16
4.1.1 Växelsystem.....	16
4.1.1.1 Planeten.....	17
4.1.2 Drivning.....	18
4.1.3 Bromsar.....	18
4.1.3.1 Utsida.....	18
4.1.3.2 Insida.....	19
4.1.4 Quick-release.....	20
4.1.4.1 Standard.....	20
4.1.4.2 Penn quick-release.....	20
4.1.5 Bakåtrullningsspärr.....	21

4.1.6 Infästning	22
4.2 Integrering av koncept.....	22
5. Detaljkonstruktion	24
5.1 Hållfasthetsberäkningar för axeln.....	24
5.2 Detaljer.....	25
5.2.1 Solkuggar	25
5.2.2 Växlingsdel	26
5.2.3 Ytterkuggar.....	26
5.2.4 Bakåtrullningsspärr.....	27
5.2.5 Hölje	27
5.2.7 Broms	27
5.2.8 Infästning	28
5.2.9 Återstående konstruktion.....	28
6. Diskussion	29
7. Referenser	31

1. Inledning

Denna Rapport är en del av examensarbetet på Civilingenjörsprogrammet Maskinteknik med inriktning maskinkonstruktion vid Luleå Tekniska Universitet. Arbetet har bedrivits i samarbete med Andreas Larsson och Tobias Larsson som bedriver projektet *Design för välbefinnande* vid Luleå tekniska universitet och Peter Almstedt som driver företaget AddMobility.

1.1 Bakgrund

1.1.2 Rullstolsburnas situation

Idag finns det cirka 150 000 personer i Sverige som på ett eller annat sätt använder sig av en manuell rullstol. Utformningen av dessa rullstolar skiljer sig en aning åt, men en detalj som är identisk på näst intill alla manuella rullstolar är sättet men driver den på, vilket sker med en så kallad drivring. Denna drivningsmetod har varit standard ända sedan rullstolen uppfanns och även fast denna metod är långt ifrån optimal har ingenting gjorts för att förbättra den.

1.1.3 Design för välbefinnande

På avdelningen för datorstödd maskinkonstruktion vid Luleå tekniska universitet bedriver Andreas Larsson och Tobias Larsson projektet *Design för välbefinnande*. Detta är ett initiativ som ämnar att öka välbefinnandet hos personer med nedsatta motorik-, process- och kommunikationsfärdigheter genom att använda deras beskrivningar av behov i relation till hjälpmedel som en startpunkt för produktutveckling. Det är genom *Design för välbefinnande* som detta examensarbete har förmedlats efter kontakt med företaget AddMobility.

1.1.4 AddMobility

Sedan ett antal år tillbaka driver Peter Almstedt företaget AddMobility som har i syfte att genom innovativ teknologi och design tillhandahålla multifunktionella hjul till rullstolsbrukare. Ett projekt som bedrivits ett antal år är Power-Wheel. Syftet med projektet är att ta fram ett alternativt drivsystem för manuella rullstolar som ska underlätta förflyttning och minska den fysiska ansträngningen för användaren. Två studenter, Björn Hamilton (Ergonomisk design och produktion) och Andreas Nilsson (Industriell design), har i sitt examensarbete som de har arbetat med under hösten 2004 utarbetat ett förslag till ergonomi- och designlösning till Power-Wheel.

1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att under AddMobilitys Power-Wheel projekt konstruera ett drivsystem för manuella rullstolar som underlättar förflyttning, manövrering och minska den fysiska ansträngningen för användaren.

1.3 Mål

Målet med examensarbetet är att utarbeta en lämplig konstruktion på en Power-Wheel enhet innehållandes drivning, växlar, broms och bakåtrullningsspärr. Drivning ska ske enligt principen hävstångsdrivning, bild 1.1. Med hjälp av denna princip kan man få bort många av de negativa effekterna som den traditionella drivningsdriften ger.



Bild 1.1: Principen för hävstångsdrift (a). Vanlig drivningsdrift (b). Grön är anloppsfasen där handen sätts mot drivringen, röd är drivfasen och gul pendelfasen då handen går tillbaka till ursprungsläget.

1.4 Arbetsmetod

Arbetsmetoden för detta projekt har bedrivits enligt en kombination av en produktutvecklingsmetod som beskrivs i boken *Product design and development* av Karl T Ulrich och Steven D Eppinger och en metod som Andreas och Tobias Larsson lärde ut under avslutningskursen SIRIUS vid LTU. Metoden går ut på att dela upp arbetet på ett sådant sätt att man aldrig ska behöva gå tillbaka till en redan genomförd fas.

Beskrivning av de olika faserna i arbetsmetoden:

1. Informationsinsamling.
2. Projektinriktning.
3. Konceptdesign.
4. Detaljkonstruktion.
5. Diskussion.

Innan starten för detta examensarbete hade AddMobility till viss del arbetat med informationsinsamling och projektinriktning. Dessa faser blev därför aningen kortare än i vanliga fall och större vikt lades på konceptdesign och detaljkonstruktion. Det sista som gjordes var en tillbakablick på projektet med diskussion och reflektioner.

2. Informationsinsamling

Denna fas i arbetet går ut på att skaffa sig en god grund för det fortsatta arbetet genom att samla information om behov och relevant teknologi så att en konkurrenskraftig produkt kan utarbetas. En kurs i rullstolskunskap på Stockholm Rehab center genomfördes och även två studiebesök hos rullstolstillverkare gjordes.

2.1 Behov

För att utarbeta en bra produkt krävs det att man vet vilka behov målgruppen har. T²RERC, The Rehabilitation Engineering Research Center on Technology Transfer har sammanställt en rapport över behov hos rullstolsanvändare och även omvandlat dessa behov till funktioner. I bilaga 1 ses en sammanfattning av dessa behov och funktioner. Nedan listas några av de negativa effekterna som en drivrigsdriven rullstol kan föra med sig och som skulle kunna avhjälpas med en hävstångsdriven rullstol.

- Hand- och fingerblåsor
- Fysisk utmattning
- Skulder, vrist och armbågssmärter
- Carpal tunnel syndrom
- Brända händer på grund av friktion vid bromsning
- Förhårdnader på händer
- Smutsiga händer
- Svettiga händer – dåligt grepp på drivring
- Små vassa objekt fastnar i hjulet och skär upp handen på användaren
- Handskador kan uppkomma när man bromsar
- Svårt att ta sig upp för backar då bakåtrullningsspärr saknas

2.2 Benchmarking

Syftet med Benchmarking är att undersöka utbudet av befintliga produkter på marknaden. Detta gör man för att undvika utveckling av redan befintliga lösningar, men också för att få bra grund för det fortsatta arbetet.

På marknaden idag finns det ett antal produkter som liknar en sådan produkt som detta projekt har som mål att utveckla. Dock är ingen av dem som helt uppfyller T²RERCs kravlista.

2.2.1 Handmaster

Företaget Mycycle i Slovenien tillverkar manuella rullstolar med traditionell drivring men också med hävstångsdrift kallad Handmaster, bild 2.1a.



(a)



(b)

Bild 2.1: Rullstol från Mycycle med drivsystemet Handmaster (a). Växlingslägen (b).

Handmaster systemet finns i en mängd olika utföranden, bland annat för personer som enbart kan använda en arm. Drivning sker både genom att trycka och dra handtaget/handtagen fram och tillbaka. Det finns tre växlingslägen, drivning framåt, drivning bakåt och neutral. Dessa kan ändras endast när rullstolen står stilla. Val av växel sker genom att ställa handtaget i önskat läge bild 2.1b. Spaken på handtaget är till för bromsning och sker på samma sätt som på en handbromsad cykel.

2.2.2 Wijit

Företaget Wijit tillverkar rullstolshjul med hävstångsdrivning, bild 2.2a.



(a)



(b)

Bild 2.2: Rullstol från Wijit (a). Växelsystem (b)

Drivning sker genom att trycka handtaget framåt för att sedan låta det fjädra tillbaka. För att växla vrider man på "tumspaken" på handtaget. Det finns tre växlingslägen, drivning framåt, drivning bakåt och neutral. För att bromsa trycker man handtaget inåt mot hjulet varpå skivbromsar kopplas i. Denna produkt finns ännu inte på markanden, men ska lanseras under 2005.

2.3 Relaterad teknologi

Anledningen till att man tittar på relaterad teknologi är för att bredda kunskapsbasen utanför det angivna området och få inspiration som kan ge lösningar på problem man stöter på under arbetet.

2.3.1 Alber

Företaget Alber tillverkar fyra produkter vars uppgift är att underlätta manövrering av manuella rullstolar. Den första produkten är en påbyggnadssats kallad e-fix, bild 2.3a. Här monteras en batterisats på rullstolen som kopplas till en motor som driver hjulen. Manövrering sköts med en spak men rullstolen behåller ändå sina manuella egenskaper. I bild 2.3b ser vi en annan batteridrivna påbyggnadssats kallad scalamobil som hjälper en person att transportera rullstolen med individ upp och ned för trappor. Bild 2.3c visar ytterligare en påbyggnadssats kallad viamobil som med hjälp av ett motordrivet extrahjul underlättar påskjutning av rullstolen. Den sista produkten kallad e-motion, bild 2.3d, är en batteridrivna motor som monteras på navet på rullstolshjulet och fungerar som en servodrift vilket underlättar drivning av drivningen.

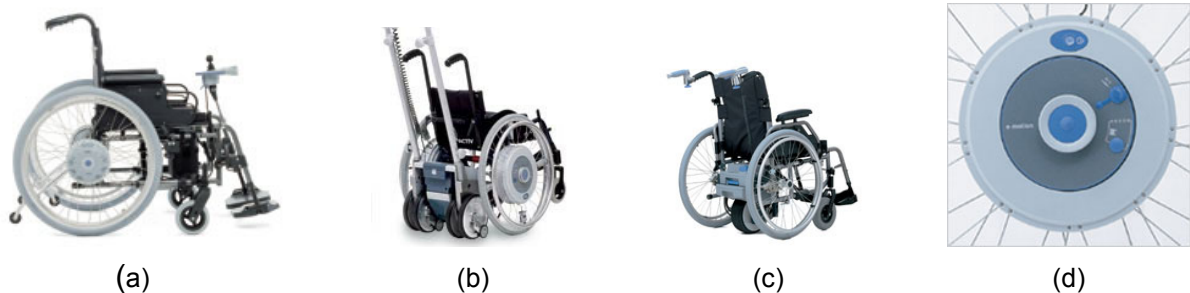


Bild 2.3: E-fix (a), scalamobil (b), viamobil (c) och e-motion (d).

2.3.2 EasyWheel

Easy-Wheel är ett drivsystem med konventionell drivning som företaget Robutec AB tagit fram. Systemet har ett utväxlingsförhållande, 0.5:1, som gör att en mindre kraftansträngning krävs och gör det lättare att ta sig uppför backar.

2.3.3 Växlar

Idag finns det ett antal olika typer av växlingssystem på marknaden. De som skulle kunna vara aktuella för detta projekt är de som nämns nedan.

2.3.3.1 Remväxel och kedjeväxel

Remväxeln/kedjeväxeln överför ett moment från en ingående axel till en utgående axel, bild 2.4. Kedjeväxeln används flitigt inom cykelindustrin.

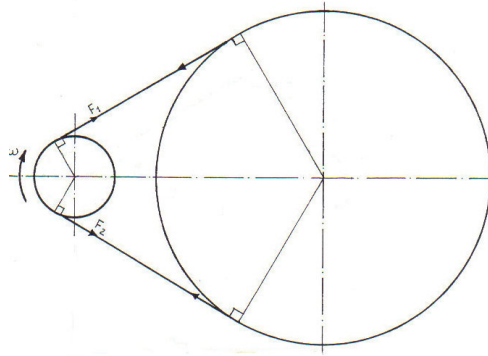


Bild 2.4: Illustration av en remväxel/kedjeväxel.

2.3.3.2 Kuggväxlar

I bild 2.5 kan vi se olika typer av kuggväxlar. Här har man också en ingående och en utgående axel där den ingående överför ett moment till den utgående. Skillnaden mellan remväxel/kedjeväxel och kuggväxeln är att kuggväxeln utmärks av små dimensioner i förhållande till effekt och vridmoment och har också ett väldigt brett användningsområde.

Planetväxeln är en kombination av ett utvändigt rakkugg och ett invändigt rakkugg, bild 2.5b. Planetväxeln används i automatväxlade bilar. Man kan här skifta ingående och utgående axel och på så sätt få olika utväxlingar. Inom cykelindustrin finns det flera olika leverantörer av planetväxlar, bland annat Shimanos Nexus system.

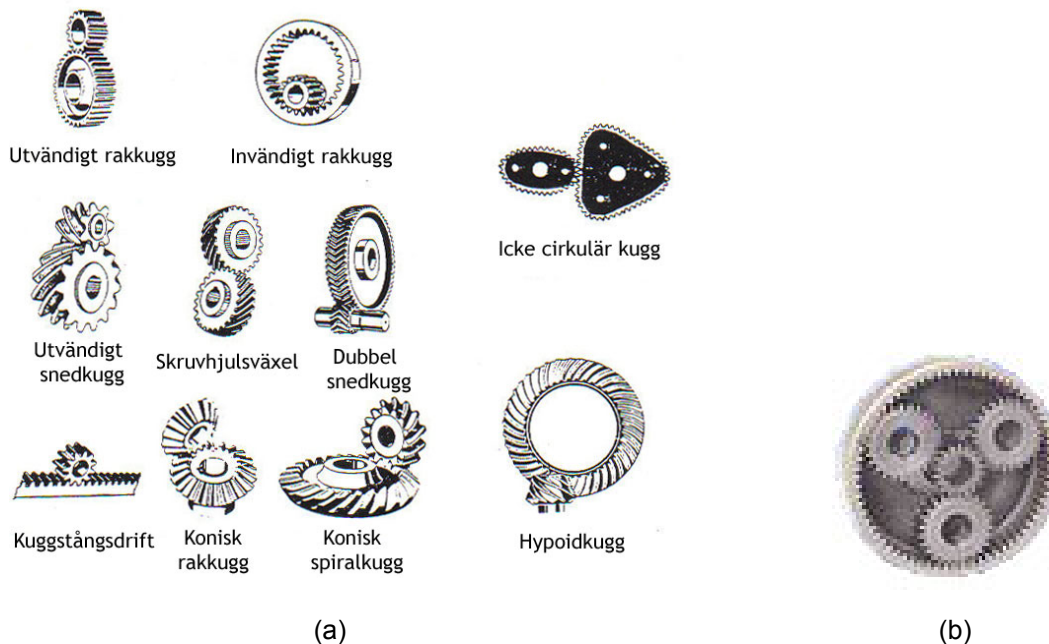


Bild 2.5: Illustration av olika kuggtyper (a), en typ av planetväxel (b).

2.3.4 Bromsar

En del i projektet är att på ett bra sätt integrera en broms. Att undersöka marknaden efter möjliga system var därför ett måste. Att föredra är att titta på bromsar som används på liknande produkter till rullstolen, som till exempel cykeln. Nedan följer ett antal olika bromssystem som kan vara relevanta för projektet.

2.3.4.1 Fotbroms

På många cyklar finner man ofta den så kallade fotbromsen där man bromsar genom att trampa bakåt. Egentligen heter den momentbroms och kan liknas med en trumbroms. Fördelen med denna är att den har en väldigt lång livslängd och kräver lite underhåll. När den är integrerad i planetväxeln får den också en relativt låg

2.3.4.2 Clipbroms

På cyklar som saknar fotbroms är den så kallade clipbromsen den vanligaste. Det är helt enkelt en typ av skivbroms, men istället för att en skiva tar upp bromsmomentet gör hjulet det istället. Fördelen är helt klart dess låga vikt och nackdelen den snabba förslitningen på bromsklossarna.

2.3.4.3 Skivbromsar

Skivbromsar används mer och mer inom cykelindustrin, speciellt inom mountainbikevärlden då det är en bra kompromiss mellan vikt och effektivitet. Konstruktionen är enkel då en clipbroms kniper åt runt en skiva som sitter runt navet.

2.3.4.4 Rullbroms

En annan broms som börjar användas inom cykelindustrin är den så kallade rullbromsen som också är en momentbroms. Skillnaden mellan rullbroms och fotbroms är att momentbromsen på en frihjulscykel aktiveras genom en handspak istället för att trampa bakåt. Den väger avsevärd mycket mer när den används tillsammans med ett frihjul. Bromsen kan då inte integreras med planetväxeln utan måste ligga utanpå navet.

2.3.5 Quick-release

På manuella rullstolar är det hjulaxeln som förankrar hjulet i rullstolsramen vid en infästning med hjälp av en så kallad quick-release. Det är en funktion i axeln som används för att lätt kunna koppla loss hjulet.



Bild 2.6: Standard quick-release. Hjulnav (blå), infästning i ramen (grön) och kulor (gul).

Knappen trycks in i pilens riktning varpå kullorna faller in i axeln och hjulet kan tas av.

2.4 Rullstolskurs

En rullstolskurs på Stockholm Rehab Center har genomförts. Här lärde man sig om rullstolsburnas situation i samhället och framförallt vilka problem de får brottas med i vardagen. Nedan listas några av problemen med manuella rullstolar med drivring.

- Jobbigt att ta sig längre sträckor
- Svårt att ta sig uppför backar med lutning på över 5 procent (handikappsorganisationers rekommendation på max lutning av ramper).
- Ojämnheter i underlaget såsom trottoarkanter
- Ta sig in i butiker
- Ta sig ombord på bussar

Olika rullstolsövningar genomfördes också och man lärde sig hur man lättast tar sig upp och ner för trappor, över trottoarkanter med mera.

För att få en ännu bättre bild av hur det är att sitta i rullstol ägnades ett par tillfällen att ta sig fram i Uppsala centrum i en manuell rullstol med drivring. Punkterna ovan och de som är listade i kapitel 2.1 bekräftades snabbt. Det största problemet upplevdes när man skulle ta sig uppför backar där en bakåtrullningsspärr hade underlättat oerhört.

2.5 Studiebesök

Två studiebesök har gjorts, ett på Svarvex i Gnosjö och ett på LK: s Hjul i Tvååker. Anledningen till dessa var att få en inblick hur olika rullstolskomponenter tillverkas.

2.5.1 Svarvex

Svarvex är ett produktionsföretag som svarvar och fräser detaljer i metal och plast. Svarvex har tidigare varit inblandad i Easy-Wheel projektet och Tommy Olsson som äger företaget konstruerade en lösning på drivning som blev patenterad.

2.5.2 LK:s Hjul

Detta företag ekrar, monterar däck och sätter på drivring på hjul till manuella rullstolar. Hjulen levereras sedan vidare till svenska rullstolsföretag som Panthera och Etac. Här lärde man sig vad som är möjligt vid uppekring av hjul och lite om de olika ekertyper som finns på marknaden. Denna information var väldigt viktig då man kan komma att behöva anpassa bredden på navet till vad som är möjligt att ekra.

3. Projektinriktning

I denna fas beskrivs vilken riktning arbetet kommer att ta efter informationsinsamlingsfasen. En produktbeskrivning tillkommer och de från början utsatta målen med projektet specificeras ytterligare.

3.1 Produktbeskrivning

I produktbeskrivningen utstakas vilka krav som önskas att den färdiga produkten ska uppfylla. Beskrivningen grundar sig på behoven som listades i kapitel 2.1 och kravlistan i bilaga 1.

- Produkten **måste** vara en del av ett drivhjul som ersätter ett standard hjul snarare än en påbyggnad till ett standard drivhjul.
- Drivnings/växlingsystemet **måste** vara integrerat i navet.
- Man **måste** kunna byta till ett standardhjul på ett enkelt sätt och det **får inte** finnas kvar Power Wheel detaljer på ramen, förutom infästningsanordningen.
- Hjulet **måste** bestå av en drivring som en del av konstruktionen. Denna drivring skall likna en standard drivring både till form och funktion.
- Växlingen **måste** ha tre distinkta växellägen, som sträcker sig (approximativt) från 1:2 till 2:1. Dessa lägen **måste** kunna ändras manuellt under framfart.
- Rullstolen **bör** ha en bakåtrullningsspärr för att underlätta färd i uppförsbacke.
- Rullstolen **bör** upplevas som en vanlig standardrullstol utifrån brukarens perspektiv och **bör** uppfylla följande kriterier
 - Inte bygga rullstolen på bredden.
 - Inte förändra utseendet på rullstolen avsevärt.
 - Inte förändra andra funktioner hos rullstolen så som bärbarhet och montering.
- Konstruktionen **får inte** tillföra betydande rotationsmotstånd av drivhjulet.

3.2 Avgränsningar

För att kunna arbeta mer målinriktat är det viktigt att ange vilka avgränsningar som gjorts.

- Inget arbete kring ergonomi och design kommer att ske då detta redan genomförts som ett examensarbete, dock kommer det att styra över hur konstruktionen kommer att se ut.
- Inga ekonomiska beräkningar kommer att utföras

- Inga ingående studier på alternativa material kommer att ske.

3.3 Affärsplan

En omfattande affärsplan för produkten Power-Wheel har utarbetats av Peter Almstedt. Här beskrivs ingående affärsidé, företagsledning, marknadsplan, affärssystem, lönsamhetsbedömning och risker. I grunden för dessa beskrivningar finns ett antal antaganden:

- Att det finns ett behov för produkten
- Att en genomförbar konstruktion kan tas fram
- Att produkten är innovativ
- Att produkten har funktioner som konkurrenter saknar

3.4 Primär marknad - målgrupp

Det ideala vore om man kunde anpassa produkten så att den skulle passa för alla rullstolsburna som själva kan använda en manuell rullstol. Detta kanske inte är möjligt, men den ska vara till för allt från de lite svagare som kan behöva en lättare växel för framfart till de lite starkare som vill kunna köra snabbare med hjälp av uppväxling.

3.5 Intressenter

De personer och företag som påverkas av detta examensarbete är:

- Peter Almstedt, AddMobility
- Intressenter för produktlansering
- Design för välbefinnande, Luleå Tekniska Universitet
- Andreas Larsson och Tobias Larsson, Luleå Tekniska Universitet

4. Konceptdesign

Denna fas går ut på att generera koncept, utvärdera dem och välja ut det bästa. För att konceptdesignfasen skulle bli så bra som möjligt delades arbetet upp på följande sätt:

- Konceptgenerering i fem faser
 - Växling
 - Drivning
 - Bromsar
 - Quick-release
 - Bakåtrullningsspärr
- Integrering och konceptgenerering av de olika faserna
- Utvärdering av koncept
- Val av koncept

Anledningen till att konceptgenereringen delades upp i dessa faser var att man lättare kunde fokusera på en specifik detalj utan att idéerna begränsas av utomstående faktorer och krav. I slutet av varje fas listades ett antal viktiga kriterier för den specifika detaljen. Konzepten viktades sedan mot varandra med avseende på dessa kriterier och man fick ett slutgiltigt koncept. När dessa faser var klara skedde en ny konceptgenerering där koncepten från de olika faserna integreras med varandra och ett slutgiltigt koncept togs fram.

4.1 Konceptgenerering

Under konceptgenereringen producerades koncept framför allt genom brainstorming tillsammans med skissning. Här är det viktigt att försöka lägga alla värderingar av idéer åt sidan och bara generera koncept. Att genereringen ändå sker med målen som utstakades i produktbeskrivningen i åtanke är viktigt för att i slutändan få en produkt som tillgodoser målgruppens behov

4.1.1 Växelsystem

I och med att växlingssystemet måste vara integrerat i navet begränsar detta vidden av system som kan användas avsevärt. Detta medför även att både ingående och utgående axel båda har den bärande axeln som rotationscentrum. Om man tittar på de olika växlingssystemen som finns på marknaden är det ett som genast utmärker sig som ett bra alternativ, planetväxeln. Detta bekräftas även av erfarna konstruktörer att vara ett bra val. Det gjordes en del andra koncept, till exempel ett med kedjeväxel. Dessa koncept kom aldrig i närheten av planetväxelns suveränitet som lämpar sig väldigt bra för detta projekt. För att kunna beskriva hur konceptet med planetväxeln på ett bra sätt kommer först en beskrivning hur en planetväxel fungerar.

I bild 4.1 illustreras en enkel planetväxel. Här sker växlingen genom att ingående axel, utgående axel och stationär detalj varieras. På så sätt ändras utväxlingen.

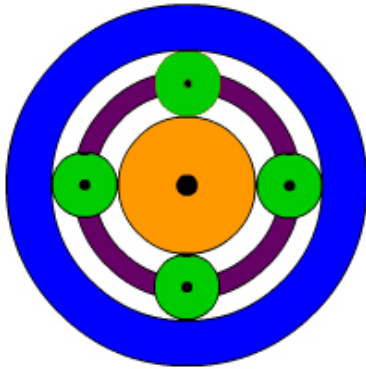


Bild 4.1: Planetväxel bestående av solkugg (orange), planetkuggar (gröna), planetring (lila) och ytterkugg (blå).

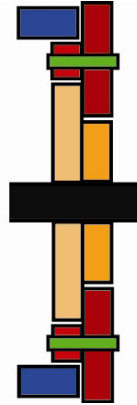


Bild 4.2: Genomskärsbild av 2-växlad planetväxel för cykel. Axel (svart), solkuggar (orangea), planetkuggar (rödbruna), planetring (grön) och ytterkugg (blå).

När planetväxeln används på cyklar används alltid planetringen som ingående axel och ytterkugg som utgående axel medens solkuggen är stationära. För att då kunna variera växlingen krävs flera antal solkuggar och planetkuggar. Beroende på hur många växlar man vill ha varierar antalet kugghjul och man kan även behöva ha två seriekopplade planetväxlar.

I bild 4.2 är planetringen ingående axel och ytterkuggen utgående axel. Beroende på vilket solkugg som är stationärt får man olika utväxlingar. Kugghjulen dimensioneras efter önskvärd utväxling. Dock ger detta system endast uppväxlingar, inga nedväxlingar. För att få en nedväxling måste man ha ytterligare en planetväxel, eller försöka lösa det på något annat vis. I dessa typer av system måste axeln vara fast då solkuggarna låser fast mot denna.

4.1.1.1 Planeten

I detta koncept användes ett av Shimanos fyrväxlade planetväxelsystem som grund, bilaga 2. Då detta system saknar nedväxling modifierades den för att uppnå detta, bild 4.3.

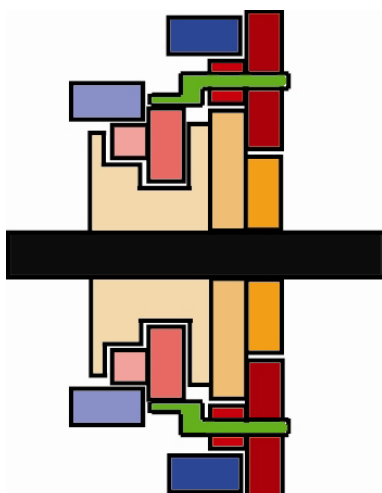


Bild 4.3: Konceptet *planeten*. Planetkuggar (röda), ett ytterkugg (ljusblå) och ett till solhjul (ljusorange).

När planetringen sätts i rotation överförs ett moment till den ljusblåa planetringen genom planetkuggarna. Dessa sitter på ett så kallat solhjul, detta hjul har inga kuggar utan fungerar som en stationär hållare för planetkuggarna. På så sätt kan systemet ha både uppväxling och nedväxling.

Planeten blev utvärderat och godkänt av Elisabet Kassfeldt och blir det konceptet som det kommer att byggas vidare på vid integreringen av de olika konceptfaserna.

4.1.2 Drivning

Drivningen är starkt knuten till växlingen och den måste anpassas till det befintliga systemet, i det här fallet *planeten*. Drivningens uppgift är att överföra rotationen från utgående axel till rullstolshjulet. För att ta reda på vilka drivningsmetoder som skulle passa till *planeten* gjordes ytterligare en benchmarking. Det bästa alternativet var helt klart Shimanos drivningsmetod för sina Nexus-nav (planetväxel), bild 4.4. Detta bekräftades även av Elisabet Kassfeldt.

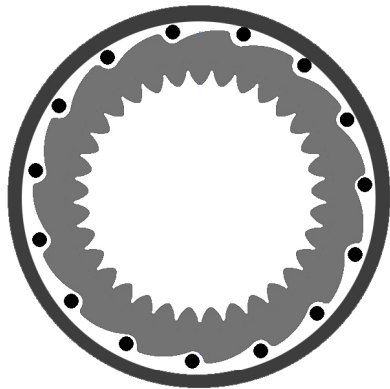


Bild 4.4: Genomskärningsbild av yttre kugg (grå) med vågprofil, lagercylindrar (svarta) och yttre navet.

När yttre kuggen sätts i moturs rotation låser lagercylindrarna fast mot navet och hjulet sätts i rörelse.

4.1.3 Bromsar

De bromsar som undersöktes under informationsinsamlingen integrerades i olika typer av koncept och det gjorde sedan en viktning mellan de olika koncepten. Det koncept där bromsen inte var fäst vid hjulet utan var tvungen att sitta på rullstolsramen valdes bort direkt, detta enligt produktbeskrivningen, kapitel 3.1. De bromskoncept som lämpade sig bäst är de nedan nämnda. Dessa kan delas in i två grupper där å ena sidan bromsen monteras på utsidan av hjulet och å andra sidan monteras på insidan av hjulet.

4.1.3.1 Utsida

En broms måste ha någon typ av mothåll som tar upp bromskraften. I detta fall måste det bli hjulets axel då denna är den enda del på utsidan som sitter fastlåst. Det togs fram två koncept med bromsen på utsidan av rullstolshjulet, bild 4.5 och 4.6.

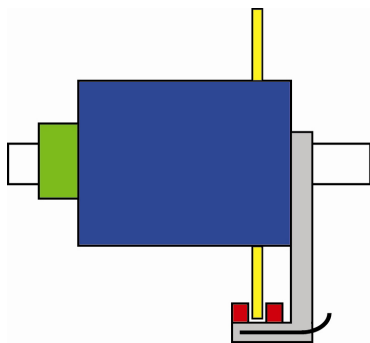


Bild 4.5: Koncept *skiv ute* med skivbroms. Nav (blå), infästning (grön), bromsskiva (gul), bromsklossar (röda), mothåll (grå) och bromsvajer.



Bild 4.6: Koncept *moment ute* med momentbroms. Nav (blå), infästning (grön), momentbroms (gul), mothåll (grå) och bromsvajer

4.1.3.2 Insida

Det som skiljer *utsida* koncepten från *insida* koncepten är att bromsen monteras på insidan av hjulet och dess mothåll blir infästningen i ramen istället för axeln. Alltså blir det ramen som tar upp bromsmomentet.

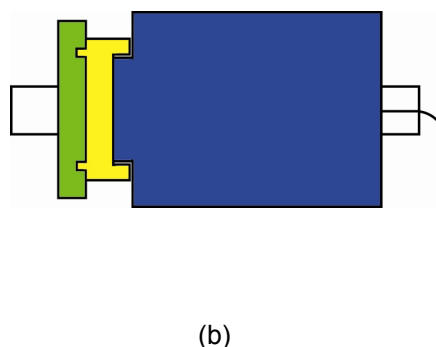
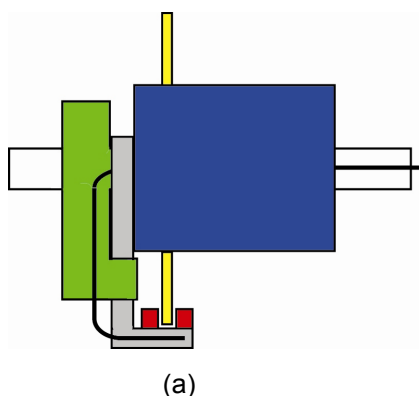


Bild 4.7: Koncept *insida* med skivbroms (a) och momentbroms (b). Samma färgkoder som i bild 4.5 respektive bild 4.6.

För att ta reda på vilket av dessa koncept som lämpade sig bäst listades ett antal kriterier varpå koncepten vägdes mot varandra enligt kriterierna. Nedan listas kriterierna.

Ökad bredd: Hur mycket bromsen ger rullstolen ökad total bredd (man vill inte göra rullstolen onödigt bredare).

Ökad sittbredd: Hur mycket bromsen ger rullstolen ett ökat hjulavstånd och därmed en ökad sittbredd. Detta kriterium anses väga tyngre än de andra då man inte vill förändra komforten på rullstolen.

Livslängd: Hur lång livslängd bromsen har.

Underhåll: Hur mycket underhåll bromsen kräver.

Vikt: Hur stor vikt bromsen har.

Funktion: Hur väl bromsen uppfyller sin funktion.

Konceptet *Skiv inne* används som referens och tilldelas värdet noll på alla kriterier. De övriga koncepten viktas sedan mot *Skiv inne* och ges en nolla om de anses likvärdiga, ett minus om det anses sämre och ett plus om det anses bättre.

	<i>Skiv inne</i>	<i>Moment inne</i>	<i>Skiv ute</i>	<i>Moment ute</i>
Ökad bredd	0	0	0	0
Ökad sittbredd	0	-	+	+
Livslängd	0	+	0	+
Underhåll	0	+	0	+
Vikt	0	-	0	-
Funktion	0	0	0	0
Summa -	0	2	1	1
Summa 0	6	1	5	1
Summa +	0	3	0	4
Netto	0	1	-1	3
Placering	2	2	4	1

Tabell 4.1: Kriterieviktning av bromskoncept.

Enligt kriterieviktningen är det konceptet *Moment ute* det som bör användas.

4.1.4 Quick-release

När denna fas genomfördes gjordes det med koncepten för den valda bromsen i åtanke. Här togs det fram ett antal koncept och de som var klart olämpliga sorterades bort. De två koncept som återstod var de nedan beskrivna.

4.1.4.1 Standard

Ett koncept är helt enkelt att använda det traditionella quick-release systemet, bild 2.6.

4.1.4.2 Penn quick-release

Ur hållfasthetssynpunkt kan det vara av intresse att ha quick release funktionen på insidan av hjulet. Axeln blir då helt massiv och tål större påfrestningar. Idén till detta koncept uppkom när en bläckpenna skruvades isär. Konceptet *Penn QR* är en kombination av den standardiserade quick-releasen och "snäppfunktionen" på en bläckpenna, bild 4.8.

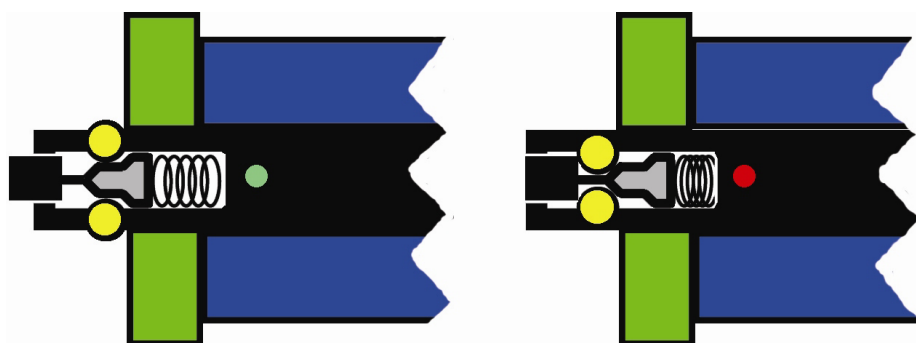


Bild 4.8: Konceptet *Penn QR* med infästning (grön) i ramen, nav (blå), kulor (gula) och indikator (grön/röd).

Knappen som lösgör rullstolshjulet sitter på insidan istället för på utsidan. När hjulet sitter fast är indikatorn grön och när man lösgör hjulet genom att trycka på knappen blir indikatorn röd. Detta läge snäpps fast, som på en bläckpenna, och gör att man kan ta loss hjulet med en hand istället för att hålla in knappen med ena handen och dra ut hjulet med den andra.

Även här listades ett antal kriterier varpå koncepten vägdes mot varandra.

Lätthet att komma åt: Hur lätt det är att komma åt funktionen.

Lätthet att använda: Hur lätt funktionen är att använda.

Livslängd: Hur lång livslängd quick releasen har.

Igenkännlighet: Hur lätt man kan relatera till funktionen, liknar den andra vardagliga funktioner.

Konceptet *standard* används som referens och tilldelas värdet noll på alla kriterier. Konceptet *Penn QR* viktas sedan mot *Standard* och ges en nolla om de anses likvärdiga, ett minus om det anses sämre och ett plus om det anses bättre.

	<i>Standard</i>	<i>Penn QR</i>
Lätthet att komma åt:	0	-
Lätthet att använda:	0	0
Livslängd:	0	-
Igenkännlighet:	0	0
Summa -	0	2
Summa 0	4	1
Summa +	0	0
Netto summa	0	-2

Tabell 4.2: Kriterieviktning av quick release koncept.

Enligt denna viktning är *standard* det koncept som bör användas.

4.1.5 Bakåtrullningsspärr

För att underlätta färd i uppförsbacke och höja säkerheten på rullstolen är en bakåtrullningsspärr en viktig detalj. När denna är inkopplad går det endast att köra rullstolen framåt medens hjulen låses fast om den börjar rulla bakåt. Det togs fram ett

antal koncept på denna funktion och det som lämpade sig bäst är det som illustreras i bild 4.9 och bild 4.10.

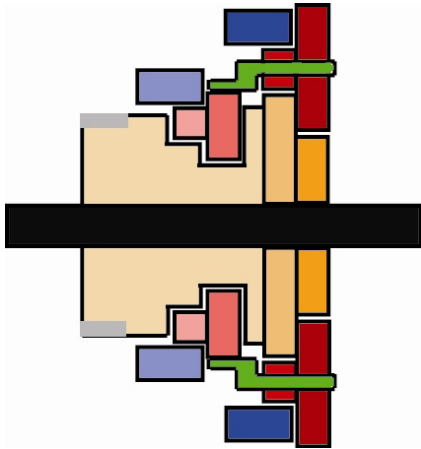


Bild 4.9: Genomsnittsskärning för koncept för bakåtrullspärr. Det grå partiet på det vänstra solhjulet är den profilerade väggformen.

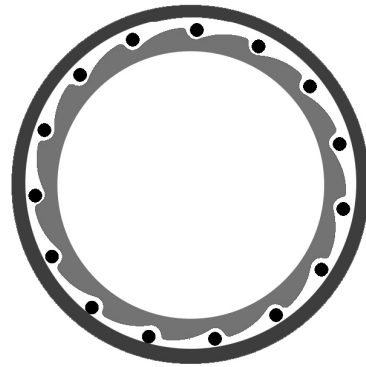


Bild 4.10: Vågformen på bakåtrullspärren sedd framifrån med lager (svarta cirklar) och navet.

Det vänstra solhjulet i bild 4.9 profileras med samma väggform som drivringarna och förses med samma lager som drivningarna. I detta koncept kopplas spärren automatiskt in när den lägsta växeln läggs i eftersom de använder samma solhjul.

4.1.6 Infästning

Den sista delen som behandlades var infästningen i ramen. Det är denna del som hjulaxeln fästs i och den ser även till att axeln hålls fixerad. Då denna detalj är ganska okomplicerad kommer den att behandlas när det slutgiltiga konceptet är klart.

4.2 Integrering av koncept

När nu konceptgenerering och kriterieviktning av de specifika delarna var klara blev nästa steg att integrera dessa med varandra. En illustration av det slutgiltiga konceptet ses i bild 4.11.

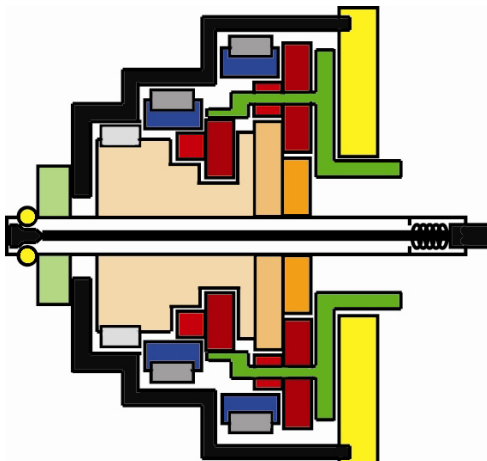


Bild 4.11: Slutgiltigt koncept:

- Solkuggar (orange)
- Planetkuggar (röd)
- Planetring (grön),
- Ytterkuggar (blå),
- Drivlager (grå),
- Bakåtrullningsspärr (ljusgrå)
- Momentbroms (gul)
- Hölje (svart)
- Infästning (grön)
- Axel med quick-release

Drivning sker genom att planetringen sätts i rotation. Det är på den som hävstången ska fästas. Beroende på vilket av solhjulen som är inkopplat (vilket sker genom växling) roterar planetkuggarna med olika hastighet och därmed också ytterkuggarna där drivlagerna sitter. På så sätt fås olika utväxlingar.

5. Detaljkonstruktion

I detaljkonstruktionen är målet att ge konceptet en hållbar konstruktion. För att detta mål skulle kunna nås delades även denna fas upp i olika delar. Det utarbetades en plan för i vilken ordning delarna skulle behandlas. Dock behandlades axelns dimensioner och profil i nästan varje fas då den är "hjärtat" i konstruktionen.

1. Hållfasthetsberäkningar för axeln
2. Kugghjul, växlingsdel och bakåtrullspärr
3. Planetring
4. Hölje
5. Broms
6. Infästning

I grunden för konceptkonstruktion användes ju en av Shimanos fyrväxlade planetväxlar, deras Nexus nav SG-4R35, bilaga 2. De största modifikationerna som gjordes av Nexus navet för konceptkonstruktionen var antal växlar, nedväxling, bakåtrullspärr, frikoppling och borttagandet av kedjedriften. Nexus navet kommer även under detaljkonstruktionen att fungera som grund.

Detaljkonstruktionen skedde nästan uteslutande i cad-programmet IDEAS. Nedan beskrivs och illustreras funktionerna av de visentliga delarna medens cad-bilder kan ses i bilaga 5.

5.1 Hållfasthetsberäkningar för axeln

Den första del som behandlades var axeln. Eftersom det är den bärande detaljen på hjulet måste denna dimensioneras först. Det är även den som ska ta upp bromsmomentet. Bild 5.1 illustrerar kraft- och momentpåverkan

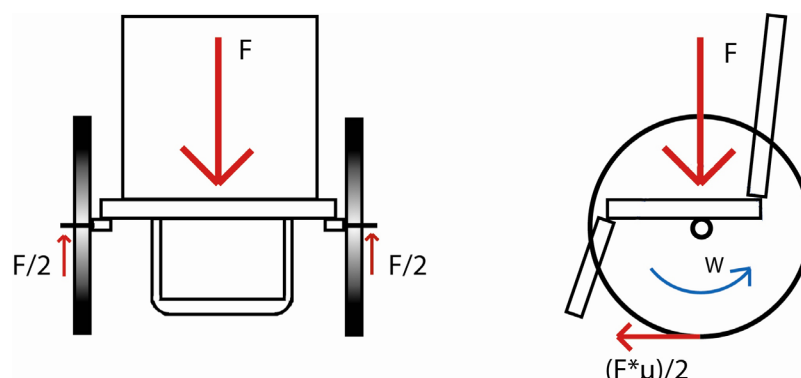


Bild 5.1: Illustration av kraft- och momentpåverkan. F = tyngd från person, $F/2$ = lyftkraft/hjul, w = rotation, μ = friktionskoefficient och $(F*\mu)/2$ = friktionskraft/hjul.

De krafter som ger upphov till böjning av axeln är tyngden från rullstolsramen och personen med last. De krafter som ger upphov till vridning av axeln är hjulets rotation och friktionskraften mellan hjulet och marken som uppkommer vid bromsning.

Beräkningar gjordes i syfte att se hur stor spänning axeln maximalt blir belastad med, bilaga 3. Vid beräkningarna antogs följande:

- Att den sammanlagda vikten av rullstol, person och last maximalt är 150 kg.
- Att rullstolshjulet är 24 tum, vilket är ett standardmått (ger en radie på 30 cm).
- Att friktionskoefficienten är $\mu=1.0$ (asfalt-gummi).

Beräkningar gjordes då den största belastningen uppstår, vilket är när framfart sker på asfalt och man låser hjulet med bromsen. Beräkningarna ses i bilaga 3.

Man vill ha en så liten diameter på axeln som möjligt för att få ett så litet växelsystem som möjligt. Standardmåttet för hjulaxlar på manuella rullstolar är 12 millimeter i diameter. Att då dimensionera en axel med större ytterdiameter är onödigt då båda axlarna ska passa i infästningen. En axel med ytterdiameter 12 och innerdiameter 4 valdes. Med maximal last och låsning av hjulet vid bromsning på asfalt uppstår en spänning på 659 Mpa. För att ta reda på vilken typ av material som lämpade sig bäst gjordes en kort research bland konstruktionsstål. Det finns ett flertal konstruktionsstål som klarar denna belastning.

5.2 Detaljer

Nedan beskrivs hur de viktigaste delarna är tänkta att fungera. Detaljer som muttrar och liknande tas inte upp i detaljkonstruktionen.

5.2.1 Solkuggar

Innan dimensionering av solkugghjulen gjordes undersöktes vilken lägsta inner- och ytterdiameter som var tillåten. Minsta innerdiameter beror av axelns utseende och dimensioner, se bild 5.2.

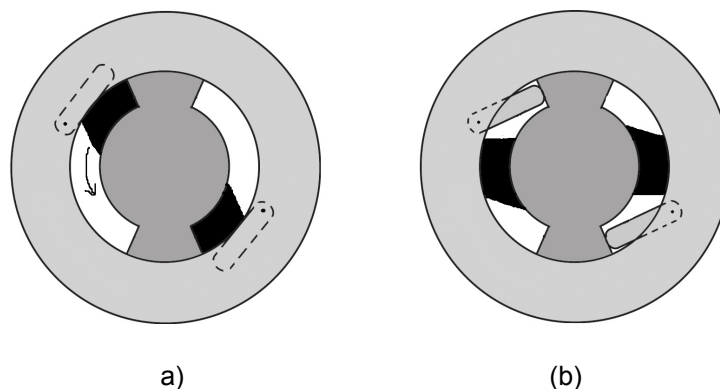


Bild 5.2: Genomsnittsbild av solkugg med växelarmar, axel med växelstopp och växlingsdel (svart). (a) visar när solkuggen är urkopplad och (b) när den är ikopplad.

Växlingsdelens uppgift är att växla i och ur solkuggarna. Detta sker genom att den roteras vid växling varpå växelarmarna fälls in eller ut ur solkuggen. Växlingsdelens ena sida sluttar aningen varpå växelarmarna inte kan fästa mot dessa varpå växeln

är i friläge. Då axelns ytterdiameter är dimensionerad till 12 mm och växelstoppen som sitter på axeln ska vara 2 mm höga blir alltså minsta möjliga innerdiameter på solkuggarna 16 mm. Minsta ytterdiameter sattes till 22 mm vilket blir yttermått för andra växelns solkugg. Utväxlingen för de tre växellägena blev:

1. 0.5:1
2. 1.18:1
3. 1.64:1

Enligt produktbeskrivningen skulle lägena vara 0.5:1, 1:1 och 1.5:1. Anledningen till att dessa lägen inte valdes var att växelsystemet då hade blivit alldeles för stort och för tungt. Detta framgår av uträkningarna av utväxlingarna i bilaga 4.

5.2.2 Växlingsdel

Växlingsdelens funktion är att koppla i och ur solkuggarna och bakåtrullningsspärren. I bild 5.3 visas de olika växellägena.

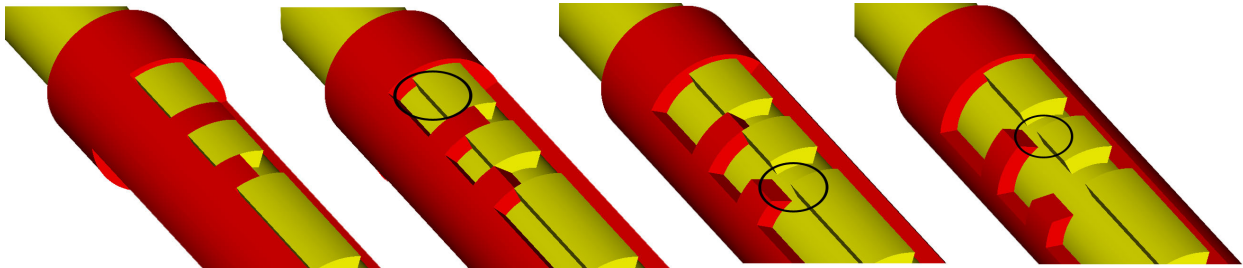


Bild 5.3: Axel (gul) och växlingsdel (röd). Ingreppspunkter för de tre växellägena är inringade. Från vänster; friläge, växel 1, växel 2 och växel 3.

När andra växeln läggs i kommer solhjulet för första växeln fortfarande vara ikopplad, men i och med att ytterkuggen för andra växeln roterar snabbare än för första växeln spelar detta inte någon roll. Samma sak gäller när man lägger i den tredje växeln. Här kommer även andra växelns solhjul sättas i motsatt rotation på grund dimensionerna av andra och tredje växelns planetkuggar. Detta spelar inte heller någon roll eftersom växelarmarna inte kan fästa mot något när de roterar åt "fel" håll. Växlingsdelen roterar ca 20 grader för varje växlingsläge.

5.2.3 Ytterkuggar

Innerdiametern på ytterkuggen för växel två och tre dimensionerades till 55 mm enligt uträkningarna i bilaga 4. Ytterdiametern på ytterkuggarna dimensioneras inte utan lämnas till produktionstekniska beräkningar som sträcker sig utanför detta examensarbete. Ett kriterium som dock måste uppfyllas är att ytterdiametern för första växelns ytterkugg är mindre än den andra ytterkuggen. Detta för att man ska kunna föra in växelsystemet i ett hölje (nav).

5.2.4 Bakåtrullningsspärr

I det ursprungliga konceptet satt bakåtrullningsspärren på första växelns solhjul. Spärren har nu fått ett eget solhjul på grund av att spärren ska hindras från att rotera åt motsatt håll som solkuggarna. Detta för att spärren ska kopplas i när rullstolen rullar bakåt.

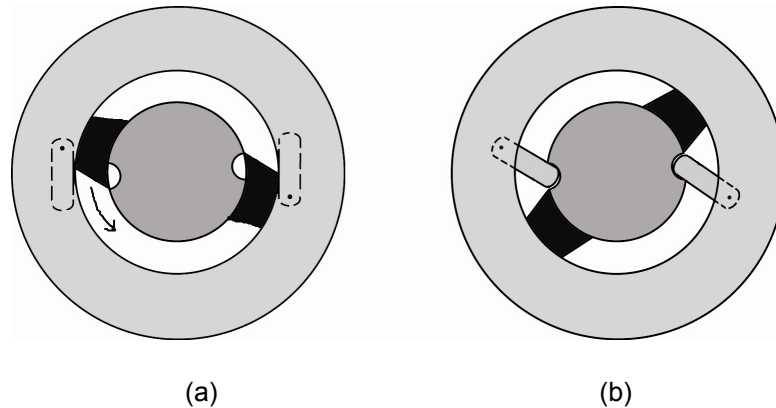


Bild 5.4: Genomskärsbild av bakåtrullningsspärr med växelarmar, axel med växelstopp och växlingsdel.

För att spärren ska kunna kopplas i måste växelarmarna låsas fast i ett spår i axeln istället för som i fallet med solkuggarna, mot en utskjutande del från axeln. Detta beror på att spärren ska låsas fast i motsatt rotationsriktning mot solkuggarna varpå en utskjutnad inte går att använda. Det är tänkt att bakåtrullningsspärren ska kopplas i samtidigt som man lägger i första växeln då denna växel används i uppförsbackar.

5.2.5 Hölje

Höljet är den del som innehåller alla de ingående detaljerna och där hjulekrarna kommer fästas. Det är mot denna som drivlagerna kommer fästa emot och driva hjulet. Innerdiametern på höljet kommer att variera då den följer ytterdiametern på växelsystemet. Detta på grund av att ett lager ska kunna fästa mot höljets insida, se bilder i bilaga 5.

5.2.7 Broms

Bromsen monteras på utsidan av hjulet och använder hjulaxeln som mothåll. I bromsen ingår en skiva som fästs mot höljet och roterar då med hjulet. När bromsen aktiveras låses denna skiva varpå hjulet bromsas.

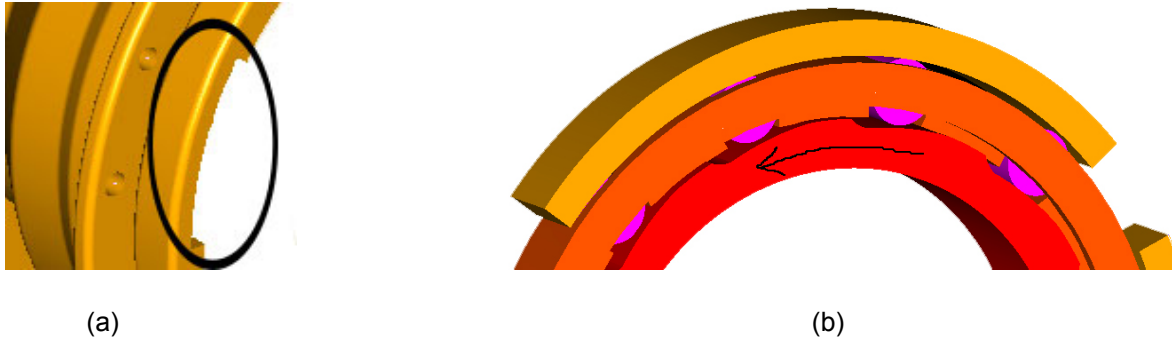


Bild 5.5: I (a) är spåret i höljet där bromsskivan fästs inringat. Bromsen aktiveras enligt rotationsriktning i (b). Cylindrarna trycks då ut mot bromsskivan varpå hjulet bromsas.

5.2.8 Infästning

Infästningen är den del som sitter fast monterad på rullstolsramen och som hjulaxeln fästs i med hjälp av ett mothåll. Denna del måste konstrueras olika beroende på hur rullstolsramen i fråga ser ut. Den kommer därför inte behandlas i detta examensarbete utan får ske vid eventuell framtida tillverkning. Infästningen i bild 5.6 är därför bara en illustration av hur den kan se ut.

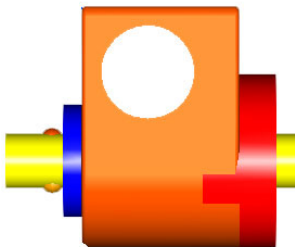


Bild 5.6: Infästning (orange och blå), mothåll (röd) och hjulaxel (gul).

Principen är att när hjulet monteras på rullstolsramen glider mothållet in i spår på infästningen varpå axeln fixeras och inte kan rotera. Mothållet fästs förslagsvis på axeln i ett spår och med presspassning.

5.2.9 Återstående konstruktion

De områden som inte har ingått i detta examensarbete och där det återstår konstruktionsarbete är:

- Hur hävstången ska fästas i navet
- Hur hävstången ska fällas undan
- Hur bromsen ska aktiveras
- Hur man skiftar växel

För ökad säkerhet och komfort är det önskvärt att man så sällan som möjligt byter handgrepp. Att broms och växel kan aktiveras respektive skiftas från handtaget på hävstången är därför önskvärt. Förslag till hur de funktionerna ska se ut ses i bild 5.7.

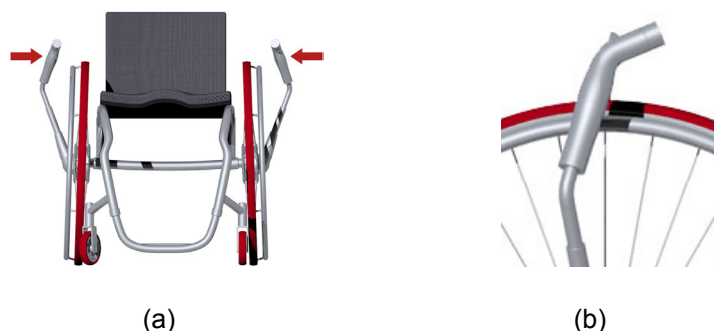


Bild 5.7: Bromsning sker genom att trycka hävstången inåt (a). Växling sker genom att skifta läge på tum spaken (b).

Det är även viktigt att hävstången fälls undan på ett sådant sätt att drivringen kan användas utan problem.

6. Diskussion

När konstruktionen är utarbetad och fastställd är det viktigt att blicka tillbaka över projektet och reflektera över det genomförda arbetet. Först jämför vi resultatet med de konkurrerande produkterna, tabell 6.1.

Funktion	Handmaster	Wijit	Power-Wheel
Drivning	Både skjut och drag	Skjut.	Skjut.
Växling	Ja, sker när rullstolen står stilla	Nej, endast ett fabriksinställt läge	Ja, växling kan ske i farten
Färdbroms	Ja, handbroms	Ja, tryck stången inåt	Ja, tryck stången inåt
Montering/demontering	Saknar quick release	Saknar quick release	Quick release
Bakåtrullningsspärr	Nej	Nej	Ja
"Viloläge" för spak	Kl. 11.00 uppstickandes över drivringen	Nej.	Ej bestämt, men ska placeras så drivring kan användas

Tabell 6.1: Jämförelse av konkurrerande produkter och Power Wheel.

Några av funktionerna på Handmaster och Wijit är inte tillfredställande. Det finns ingen quick-release funktion och det krävs verktyg för att montera/demontera hjulen vilket till exempel försvårar vid transport av rullstol. Då både Handmaster och Wijit endast har en framåtväxel är det ingen idé att växla i farten. Då Wijit inte har någon drivring kan man inte heller fälla bort spaken. Hos Handmaster placeras spaken i "klockan elva" läge och är alltså i vägen för drivringsrörelsen.

Dessa jämförelser kan endast göras i teorin då det inte har varit möjligt att genomföra praktiska konstruktions- och användartester. Stora delar av konstruktionen bekräftas dock indirekt av att cykelindustrin använder tekniken. Delar av konstruktionen har även utvärderats och godkänts av Elisabet Kassfeldt och Tommy Olsson.

- Är kraven uppfyllda?
De krav som definierades i produktbeskrivningen, kapitel 3.1, har alla uppfyllts. Dock enbart i teorin då det inte har funnits pengar att tillverka prototyper och utföra användartester.
- Vad har varit problematiskt?
Att arbeta hemifrån har sina fördelar, men det krävs en otrolig disciplin för att göra det. Att inte heller ha en arbetspartner eller en närhet till handledare att bolla idéer med är också en nackdel. I arbetet har det annars inte uppstått några oöverstigliga hinder.
- Vad var bra?
Projektet har varit intressant, roligt och utmanande. Man har varit tvungen att ta hänsyn till många aspekter, inte enbart konstruktionstekniska detaljer. Att utarbeta en hel produkt enligt en produktutvecklingsprocess är ett otroligt givande arbete.
- Vad har varit lärorikt?
Att ensam ansvara för ett helhetsprojekt som kan resultera i att en ny typ av produkt lanseras på marknaden har gett en bra bild av hur produktutveckling kan ske.

Avslutningsvis är det bara att hoppas att detta examensarbete kan generera en produkt som i slutändan kan ge rullstolsburna ett rikare och mer aktivt liv.



7. Referenser

7.1 Litteratur

[1] Norsten Åke (2001), Drivkraft: Körergonomi, rullstolsteknik och metodik, Westerås Media Produktion AB.

[2] Ulrich Karl T, Eppinger Steven D (1995), Product Design and Development 2nd edition, McGraw-Hill.

[3] Hamilton Björn, Nilsson Andreas (2005), Examensarbete.

[4] Eriksson Erland, Höglund Erik, Isaksson Ove, Kassfeldt Elisabet, Lagerkrans Stefan, Lundberg Jan (1993), Maskinelement, Luleå Tekniska Universitet.

[5] Bengt Sundström (1999), Handbok och formelsamling i hållfasthetslära, Institutionen för hållfasthetslära KTH.

[6] Peter Almstedt (2004), Affärsplan för Power Wheel.

7.2 Företag

[x] Add Mobility, Almstedt Peter, Vaxholm.

[x] Svarvex Automatic AB, Olsson Tommy, Gnosjö.

[x] LK's Hjul, Tvååker.

7.3 Kontaktpersoner

[x] Larsson Tobias, Luleå Tekniska Universitet.

[x] Larsson Andreas, Luleå Tekniska Universitet.

[x] Elisabet Kassfeldt, Luleå Tekniska Universitet.

7.4 Internetadresser

Företag/URL

[x] Wijit
<http://www.wijit.com/>

[x] Shimano
<http://www.shimano.com/>

[x] Etac
<http://www.etac.se/>

[x] Mycycle-Handmaster
<http://www.mycycle.si/>

[x] How stuff works
<http://www.howstuffworks.com/>

[x] Panthera
<http://www.panthera.se/>

Bilaga 1

Industry Profile

Manual wheelchair propulsion has a major impact on social life of the user as it determines to a great extent the range of environments in which the user can move in. At the same time many hygienic, safety and security issues are related to manual wheelchair propulsion. There are several problems associated with the current propulsion system. These are highlighted below. Most of these problems apply to all types of propulsion systems being used today, though some of them may be specific to some propulsion system.

Common environments that cause difficulty in propelling a manual wheelchair:

- Soft surfaces, (gravel, sand, grass)
- Carpeting.
- Side walks that are uneven,
- Wintry and wet conditions
- Hills

Note: These environments are especially difficult for persons having the use of one upper limb.

Problems that people experience when propelling a manual wheelchair:

- Backaches
- Hand and finger blisters
- Exhaustion.
- Shoulder, wrist, elbow pain,
- Rotator cuff disease,
- Carpal tunnel syndrome.
- Burning of the hands on the rims
- Dirty clothes,
- Calluses on the hands
- Dirty hands
- Perspiration
- Over heating

Safety issues when propelling a manual wheelchair:

- Difficulty in controlling the chair when the user's hands slip
- Small sharp objects pack into the wheelchair's tires and can cut the user's hands when they are propelling the wheelchair
- The wheelchair tends to unbalance rear-ward when propelled
- The wheelchair is difficult to maintain balance when the casters get caught in drains and potholes
- User's hands can be injured when braking with the wheelchair's wheel-lock
- User's hands can be injured when braking or stopping the wheelchair

- A wheelchair user's foot could drag on the ground without user knowing it and get injured
- Controlling the manual wheelchair's speed up and down inclines or rapid speed changes on level surfaces is a safety issue.
- Faulty brakes/wheel-locks can cause the wheelchair to roll unexpectedly.

Other Comments:

- If footrests become loose they can drag or catch against objects.
- The lack of push handles can contribute to head injury or whiplash if user tips or falls backwards.
- Lack of wheelchair visibility to motorists is a safety concern.
- When personal items are hung from the back of the chair, they are difficult to reach, out of sight and subject to theft.
- Disassembly and lifting of the manual wheelchair into the auto can be a difficult.

GEARED SYSTEMS

1. State of Technology

A gearing system gives the user a mechanical advantage enabling persons with limited strength (e.g. elderly) to independently propel themselves. Some gearing systems can accommodate standard hand rims. The ability to self-propel improves the cardiovascular strength of the user.

Limitations for Current Gear Systems:

- Have few gear ratios
- Gear switching mechanisms are sometimes sloppy
- Some designs add to chair width
- May not provide adequate feedback (force / travel distance per stroke) as the user gets from standard push rim. For example, when the user pushes the rim $\frac{1}{4}$ cycle, the wheel rotates through $\frac{1}{4}$ cycle. With gearing, the user must somehow understand the force and distance associated with a $\frac{1}{4}$ cycle push.
- Adds weight to the wheelchair
- User may be mechanically disadvantaged when traveling long distances due to mechanical loss in the gearing system and added weight.
- May require better hand and upper limb dexterity than standard push rim.
- Users may not understand the benefits (e.g. improved independence, health, ...) of geared systems
- Wheelchair users have not generally accepted available geared hub systems. (Likely for some of the reasons listed above.)

2. The Ideal Technology

The ideal geared technology should:

- Be retrofit-able to a wide range of manual wheelchairs.

- Be able to utilize a lever interface (in addition to or as an alternative to a "standard" push-rim).
- Weigh 5-7 pounds or less, especially if built into the wheels
- Should not bump up ultra-light chair weight to the standard chair weight category
- Have fail safe mechanism that will restore 1:1 gearing ratio and allow operation as a "standard" manual chair
- The user should be able to "lock out" the gearing mechanism to allow operation as a standard manual wheelchair
- Not add to the rotational weight of the wheel
- Not make noise, but provide audio feedback (similar to mountain bikes) when shifting gears
- Gear change might be accomplished with pressure pads (possible mechanism)
- Gear change mechanism should have variety of mounting options
- Gear change mechanism should require low dexterity
- Changing gears should occur simultaneously for both wheels
- Gear system should not hinder independent movement of wheels
- Have a reverse gearing ratio similar to low gear forward, with adjustments
- Be ruggedly designed to allow hill climbing and access to rugged terrain
- Be almost invisible (in other words should perfectly blend with wheelchair aesthetic)
- Be an accessory and not built into the chair
- Switch easily from low gear to high gear
- System should have linear geared system (continuous progressive gearing) [most ideal case]
- System should have four gears with gear ratios starting at between 1:2 to 2:1 [acceptable but less ideal case]
- User should be able to shift gears during the propulsion stroke.
- User should not have to stop propelling the wheelchair in order to change gears
- Sense your need and automatically change gears while in motion [most ideal case]
- Have a shifting mechanism (e.g. lever) to change gears [acceptable but less ideal case]
- User should be able to change gears while in motion [less ideal case]
- Gear change should be manual (user selectable) rather than automatic
- Give the user more distance per stroke than a standard manual wheelchair (useful for active users wanting to cover distance more rapidly)
- Should accommodate those with lesser energy levels as well as the highly active population
- Requires less (hand) dexterity and ability (grip and upper body strength) than current manual wheelchair propulsion systems
- Not affect free wheeling
- Be integrated into the push rim and hub
- Accommodate high end (active, full strength) and low end (inactive, minimal strength) users (gearing system should be universal in this respect)
- Have a stop feature
- Have automatic braking system
- Sense and slow the chair, assisting in stopping the chair once the user applies resistance (or different pressures) to the rims (braking system)
- Provide no more hazard to the hand than current propulsion methods

- "Be in" standard wheel with quick release
- Work similar to the gearing system in a bicycle
- Be financed with HCFA

3. Barriers and Roadblocks

The gearing system:

- Should not affect quick release wheels
- Not affect folding of the wheelchair
- Should not increase the width of the chair

POWER ASSISTS

1. State of Technology

Power assist systems are perceived to turn a manual wheelchair into a power wheelchair. It gives the user a choice of using a manual or power chair without transferring between the chairs. At the same time it is much cheaper than power chair. It reduces the physical strain on the user and extends the range of environments in which the user can move (e.g. uphill, rougher terrain etc.). Power assists chairs also help in stopping the wheelchair without grabbing onto wheels or wheel locks.

Limitations:

- Puts greater limits on manual wheelchair by adding weight and complexity to the manual wheelchair, and increasing the cost
- The power assist increases overall maintenance
- Power assists are not perceived to be reliable and are perceived to add to the overall likelihood of malfunction
- The user may become "stuck" when venturing into environments that he or she would normally not access with a "standard" manual wheelchair
- Issues related to batteries, power source (size, weight, charging etc) comes into picture
- Power assists tend to be noisy and heavy
- Current power assists don't fit across a wide range of chair models
- Wheelchairs utilizing a power assist are hard to fold which impedes the portability of the chair

2. Development of the Ideal Technology

The ideal power assist should:

- Weigh a maximum of five pounds
- Run for a dollar a day
- Should cost \$1000 or less
- Have speeds, which ranges from walking to a running speed of up to 7 mph
- Be safe. It should include power on/off switches that will enable/disable the system
- Have variable mounting capabilities.

- If device fails, it should operate like a MWC
- Have smart controls that would automatically change speeds/gears
- Could be integral (hub/axle design, inner-tube, frame) or removable from the chair. If removable it should be done easily by the end user (not requiring special tools)
- Be quiet
- Not be damaged by rapid changes in torque demands
- Not be damaged by impact shocks occurring at different speeds of use
- Allow the user to set the "degree (gain) of" the power assist
- Benefit people with motor weakness, motor in-coordination, respiratory compromise, fragility, paraplegia, shoulder problems, elderly
- Work in all environments, bad weather, good, indoors and out, on motor vehicles
- Work over ramps and on uneven terrain
- Have simple engineering design
- Be durable
- Need low maintenance, easily cleaned
- Assist in stopping
- Be unobtrusive and small in size, not adding to width of chair
- Be portable, easily installed or removed from the chair
- Be lightweight (be lifted easily by a person using one arm)
- Should not interfere with storing or transporting the manual wheelchair
- Have a backup power source that should be readily available (utilizes "off the shelf" battery)
- Be able to run the chair eight hours continuously
- Utilize rechargeable, portable batteries
- Battery should recharge while it is being used (e.g. going downhill)
- Power assist should engage when needed (change of slope or surface), perhaps utilize some "smart technology" to accomplish this
- While power assist is operating, it should sense the force applied to the push rim and assist accordingly.
- Have a manual override
- Manual engagement and disengagement is "easy"
- Must be fail safe and not interfere with regular manual wheelchair operation.
- Must be retrofit-able to all/many manual wheelchair models
- Use requires same cognitive and motor skills as standard manual
- Control interface needs to be easily reached by user
- Chair should be steered by force to the rims (same as they are steered now)
- System should have variable speed control so that speed can be adjusted to conditions
- Reliable, cost efficient to use, readily available for purchase and affordable for people to buy
- System should be capable of being financed by same funding sources that currently purchase manual wheelchairs
- System should be cosmetically pleasing
- Should meet all ISO and ANSI standards and consumer acceptance testing

3. Barriers and Roadblocks

Size should not interfere with functions of the manual wheelchair -can't extend beyond the overall width and length of chair

- Five year life of power source
- Device should accommodate "conventional" batteries

Appendix

This appendix lists out the pros and cons of various systems that are used to propel the manual wheelchair. These systems were not selected by group participants as the top two needs and subsequently have not been explored as fully as "geared systems" and "power assists."

PUSH RIMS

Limitations:

- Requires good hand grip
- Pushing the rim creates hygiene issues for the user
- Pushing rims have some safety issues
- Requires use of both upper extremities
- May not be the most bio-mechanically efficient propulsion mechanism
- Can cause over-use of muscles
- Larger wheels get in the way of user transfers
- Limits wheel size choice
- Material of the rim becomes cold in the winter, which increase numbness and affects arthritis
- Shape and size of rim is not optimal for gripping and propelling
- Some surface coatings on the push rim affects the user's grip
- Push rim materials break down over time

Advantages

- Lightweight
- Compact
- Directly responsive to user force on push rims and provide most precise feedback
- Provides propulsion options for users: push the tire, the rim, tire & rim, or one arm drive technology
- Easily understood and adaptable
- Mechanically simple
- Wide acceptance from users
- Least expensive
- Rim can have several different types of coating (changes look and feel)

LEVER SYSTEMS

Limitations:

- Low acceptance by users
- Adds weight to the wheelchair
- Limits the wheelchairs ability to be folded

- Limit access to environments by making the chair higher and wider
- Makes side transfers more difficult for the user
- Requires full arm use in a push/pull effort
- Aesthetically obtrusive
- Awkward to use relative to standard push rim (for most users)
- Not aesthetically pleasing
- Hard to control the direction i.e. changing from forward to backward motion I(and vice versa) is difficult
- Significantly increases the cost of the chair

Advantages:

- Provides the user a mechanical advantage (through gearing or equivalent)
- Provides less tiresome way of propelling
- The user can go faster and farther (in outdoor use)
- Levers are ergonomically better for the user (less body stress induced by propulsion forces than for push rim)
- The user stays cleaner when using a lever system
- Steering (for some individuals) can be easier
- Steering can be adapted to one arm drive
- The system is not limited just to large wheels
- Levers can have unlimited configurations (e.g. lever height, angle, shape, ...)

ONE ARM DRIVE SYSTEMS

Limitations

- Adds weight to the wheelchair
- Gives the wheelchair a wide turning radius
- Past attempts to sell showed no market (one manufacturer reported sales of five units a year)
- Adds significant weight to wheelchair
- The user has difficulty initiating movement
- The user needs to make adjustments to change directions from backward motion to forward motion and vice versa
- One lever drives do not provide smooth, continuous movement
- Braking the chair while using the drive is difficult
- Body posture suffers from use of one arm, (more toned in one place)
- The user needs the use of a foot for steering
- Chair tracking (steering) is difficult

Advantages:

- Requires only one arm to push chair
- The user can control everything through the lever. This may helpful for some people.

AUTOMATIC HILL HOLDER (CLIMBER SYSTEM) OR GRADE AID

Limitations:

- Can injure fingers
- It only works on rubber based tires (doesn't work on good polyurethane tires)
- Disengagement can be difficult as they are fitted very low on the chair

Advantages:

- Simple
- Cheap
- Small

AXLE PLATE ADJUSTMENT

Limitations:

- Only on high end expensive wheelchair (K5 chairs)
- Chair can go over backwards if positioned too far forward (change center of gravity)

Advantages:

- Puts axle in better position to relative to shoulder height for ergonomic propulsion
- Less possibility of overuse injuries because chair is fit to individual dimensions
- Lowers rolling resistance
- Inexpensive to manufacture

CAMBER

Limitations:

- Decreases backward stability
- Makes chair wider
- Wears tires down
- Adjusting the camber require taking chair apart and getting out of chair

Advantages:

- User's strokes are up and down, improved bio-mechanically
- Adds side to side stability
- Rolling resistance doesn't change

Bilaga 2

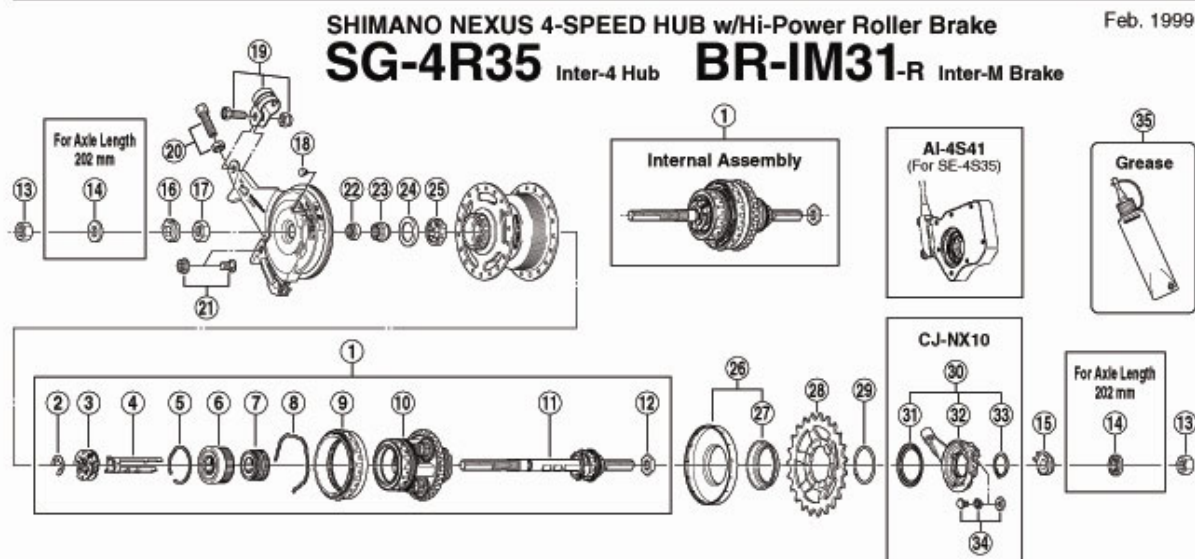
SHIMANO®

SHIMANO EUROPA
Industrieweg 24 NL-8071 CT Nunspeet Holland
Phone 31-3412-72222

SHIMANO AMERICAN CORPORATION
One Holland Irvine CA 92618 U.S.A.
Phone 949-951-5003

Spare parts list for after market.

- You may photocopy this sheet and use it as an order form.
- Sie können dieses Blatt kopieren und als Bestellformular verwenden.
- Vous pouvez photocopier cette feuille et l'utiliser comme bon de commande.
- Dit blad kan gecopieerd en als bestelformulier gebruikt worden.
- Potete fotocopiare questo foglio e usarlo come modulo di commissione.



ITEM NO.	SHIMANO CODE NO.	DESCRIPTION
1	Y-33K 98010	Internal Assembly (Axle Length 182 mm)
	Y-33K 98020	Internal Assembly (Axle Length 202 mm)
2	Y-33Y 19000	Stop Ring ($\phi 9.6$ mm)
3	Y-33J 90600	Return Spring Unit
4	Y-33J 04000	Sleeve
5	Y-33Y 39000	C-Ring
6	Y-33V 90140	Sun Gear Unit 3
7	Y-33V 90130	Sun Gear Unit 2
8	Y-33U 03000	Ring Gear Stop Ring
9	Y-33Y 91000	Ring Gear Unit
10	Y-33J 98030	Driver Unit
	Y-33K 98030	Hub Axle Unit (Axle Length 182 mm)
	Y-33K 98040	Hub Axle Unit (Axle Length 202 mm)
12	Y-33K 06000	Right Hand Lock Nut B
13	Y-200 03000	Hub Nut (9 mm)
14	Y-220 06040	Washer (3.2 mm) for Axle Length 202 mm
	Y-33Z 20500	Non-turn Washer 5R (Yellow)
15	Y-33M 39600	Non-turn Washer 6R (Silver)
	Y-33M 39700	Non-turn Washer 7R (Black)
	Y-33M 39510	Non-turn Washer 5L (Brown)
	Y-33M 39610	Non-turn Washer 6L (White)
	Y-33M 39710	Non-turn Washer 7L (Gray)
17	Y-75V 13040	Brake Unit Fixing Nut (7.2 mm)
18	Y-75V 16010	Grease Hole Cap
	Y-75M 98030	Brake Arm Clip Unit ($\phi 15$ mm)
19	Y-33F 98070	Brake Arm Clip Unit (5/8")
	Y-75M 98040	Brake Arm Clip Unit (11/16")
	Y-33F 98080	Brake Arm Clip Unit (3/4")
20	Y-75Y 98050	Brake Cable Adjusting Bolt & Nut
21	Y-75Y 98060	Inner Cable Fixing Bolt & Nut
22	Y-31Z 06020	Lock Nut for Left Hand Cone
23	Y-33M 37000	Left Hand Cone
24	Y-31Z 07000	Left Hand Dust Cap
25	Y-321 90220	Ball Retainer A (1/4" x 7)
26	Y-33J 98060	Right Hand Dust Cap A & B
27	Y-33J 18000	Right Hand Dust Cap B
	Y-73T 22030	Sprocket Wheel 20T (Black)
28	Y-73T 22130	Sprocket Wheel 21T (Black)
	Y-73T 22230	Sprocket Wheel 22T (Black)
	Y-73T 22330	Sprocket Wheel 23T (Black)
29	Y-321 20000	Snap Ring C
30	Y-74Y 98070	CJ-NX10 Cassette Joint Unit
31	Y-74Y 18000	Driver Cap
32	Y-74Y 93100	CJ-NX10 Cassette Joint
33	Y-33Y 43000	Cassette Joint Snap Ring ($\phi 20$ mm)
34	Y-74Y 98060	Inner Cable Fixing Bolt Unit for CJ-NX10
	Y-041 20600	Internal Hub Grease (Net. 100g)
35	Y-041 20400	Roller Brake Grease (Net. 100g)

Bilaga 3

Hållfasthetsberäkningar för hjulaxeln.

Formler ur *Handbok och formelsamling i hållfasthetslära*, avsnitt 6.4.2 och 6.4.3.

$$W_v = \frac{\pi}{2b}(b^4 - a^4) \quad (1)$$

$$M = F \cdot r \quad (2)$$

$$\tau = \frac{M_v}{W_v} \quad (3)$$

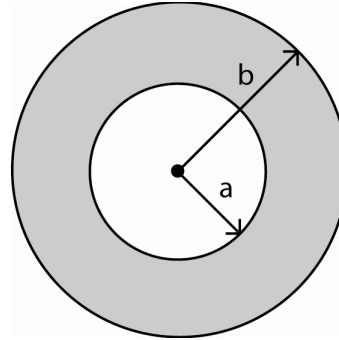


Bild x: Tvärsnitt av ihålig cylindrisk axel.

M = Moment	[Nm]
F = Kraft	[N]
W = Vridmotstånd	[m ³]
tau = Skjuvspänning	[N/m ²]
L = Längd	[m]
a = Axel innerradie	[m]
b = Axel ytterradie	[m]
r = Hjulradie	[m]
g = 9.81	[N]
F/2 = Normalkraft/hjul	[N]

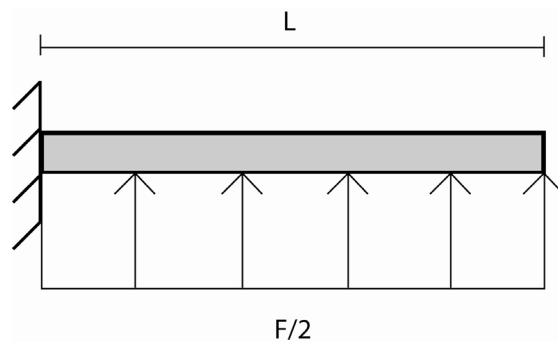


Bild x: Böjpåverkan av axel

a [mm]	b [mm]	W [m ³ *10 ⁻⁶]	F*μ/2 [N]	r [m]	M/hjul [Nm]	tau [MN/m ²]
5	0	0.196	736	0.3	221	1126
5	1	0.196	736	0.3	221	1127
5	1.5	0.195	736	0.3	221	1135
5	2	0.191	736	0.3	221	1155
5	2.5	0.184	736	0.3	221	1200
5	3	0.171	736	0.3	221	1293
5	3.5	0.149	736	0.3	221	1481
5	4	0.116	736	0.3	221	1906
5	4.5	0.068	736	0.3	221	3273

a [mm]	b [mm]	W [m ³ *10 ⁻⁶]	F*μ/2 [N]	r [m]	M/hjul [Nm]	tau [MN/m ²]
6	0	0.34	736	0.3	221	651
6	1	0.339	736	0.3	221	652
6	1.5	0.338	736	0.3	221	654
6	2	0.335	736	0.3	221	659
6	2.5	0.329	736	0.3	221	672
6	3	0.318	736	0.3	221	695
6	3.5	0.300	736	0.3	221	737
6	4	0.272	736	0.3	221	813
6	4.5	0.232	736	0.3	221	953
6	5	0.176	736	0.3	221	1256
6	5.5	0.100	736	0.3	221	2210

a [mm]	b [mm]	W [m ³ *10 ⁻⁶]	F*μ/2 [N]	r [m]	M/hjul [Nm]	tau [MN/m ²]
7	0	0.539	736	0.3	221	410
7	1	0.539	736	0.3	221	410
7	1.5	0.538	736	0.3	221	411
7	2	0.535	736	0.3	221	413
7	2.5	0.530	736	0.3	221	417
7	3	0.521	736	0.3	221	425
7	3.5	0.505	736	0.3	221	438
7	4	0.481	736	0.3	221	459
7	4.5	0.447	736	0.3	221	495
7	5	0.399	736	0.3	221	555
7	5.5	0.333	736	0.3	221	663
7	6	0.248	736	0.3	221	891
7	6.5	0.138	736	0.3	221	1599

Bilaga 4

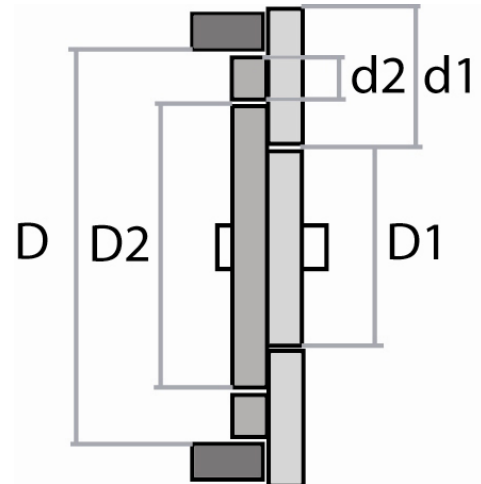
Dimensionering av växlingslägen.

$D1$ = Diameter solkugg växel 2
 $D2$ = Diameter solkugg växel 3
 $d1$ = Diameter planetkugg växel 2
 $d2$ = Diameter planetkugg växel 3
 D = Diameter ytterkugg växel 2 och 3
 $d3$ = Diameter planetkugg växel 1
 $d4$ = Diameter planetkugg växel 1
 $D3$ = Diameter ytterkugg växel 1

$$d1 = D2 + d2 - D1 \quad (4)$$

$$d2 = \frac{D + D2}{2} \quad (5)$$

$$ytermåt = D1 + 2 \cdot d1 \quad (6)$$



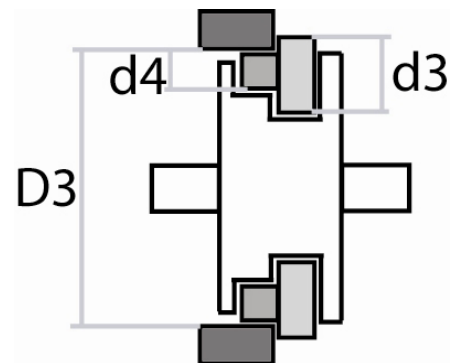
Utväxling

För att kunna beräkna utväxlingen togs det fram tre ekvationer.

$$1: an = \frac{d4}{d3} \quad (7)$$

$$2: an = \frac{D1 \cdot d2}{D \cdot d1} + 1 \quad (8)$$

$$3: an = \frac{D2}{D} + 1 \quad (9)$$



Första växeln är ganska lätt att dimensionera. I och med att den har ett eget ytterkugg som driver hjulet behöver bara förhållandet $d4/d3$ vara lika med 0.5. Däremot blir andra och tredje växeln mer svårdimensionerad då de delar ytterkugg. För att se hur olika kugghjulstorlekar påverkar utväxlingen gjordes en tabell med olika kuggdimensioner för att hitta lämplig utväxling.

D1 [mm]	D2 [mm]	D [mm]	d1 [mm]	d2 [mm]	2:a	3:e	Yttermått
22	25	30	5,5	2,5	1,33	1,83	33
22	25	35	8	5	1,39	1,71	38
22	25	40	10,5	7,5	1,39	1,63	43
22	25	45	13	10	1,38	1,56	48
22	25	50	15,5	12,5	1,35	1,5	53
22	30	35	10,5	2,5	1,15	1,86	43
22	30	40	13	5	1,21	1,75	48
22	30	45	15,5	7,5	1,24	1,67	53
22	30	50	18	10	1,24	1,6	58
22	30	55	20,5	12,5	1,24	1,55	63
22	35	40	15,5	2,5	1,08	1,88	53
22	35	45	18	5	1,14	1,78	58
22	35	50	20,5	7,5	1,16	1,7	63
22	35	55	23	10	1,17	1,64	68
22	35	60	25,5	12,5	1,18	1,58	73
22	40	45	20,5	2,5	1,06	1,89	63
22	40	50	23	5	1,1	1,8	68
22	40	55	25,5	7,5	1,12	1,73	73
22	40	60	28	10	1,13	1,67	78
22	40	65	30,5	12,5	1,14	1,62	83
22	45	50	25,5	2,5	1,04	1,9	73
22	45	55	28	5	1,07	1,82	78
22	45	60	30,5	7,5	1,09	1,75	83
22	45	65	33	10	1,1	1,69	88
22	45	70	35,5	12,5	1,11	1,64	93

D1 hålls konstant och d1 och d2 enligt ekvationerna (4) och (5) medens utväxling beräknas enligt ekvationerna (7) och (8). Ur tabellen kan det utläsas att då D2 är 25 och 30 mm blir ligger utväxlingarna alldeles för nära varandra för att vara bra val. Då D2 är 40 och 45 mm blir yttermåttet på växelsystemet för stort vilket ger ett klumpigt intryck ur designsynpunkt. Då D2 är 35 mm och D är 55-60 mm blir utväxlingen 1,17/1,18 respektive 1,64/1,58 och yttermåttet 68/73. Vilket av dessa två alternativ som är bäst spelar mindre roll varpå valet faller på det mindre måttet på D, 55 mm.

Bilaga 5

Datorrenderade bilder av cad-konstruktionen. Observera att delen *infästningen* bara är en illustration av hur den kan se ut, men då rullstolsramar ser olika ut kommer utseendet på infästningen variera.

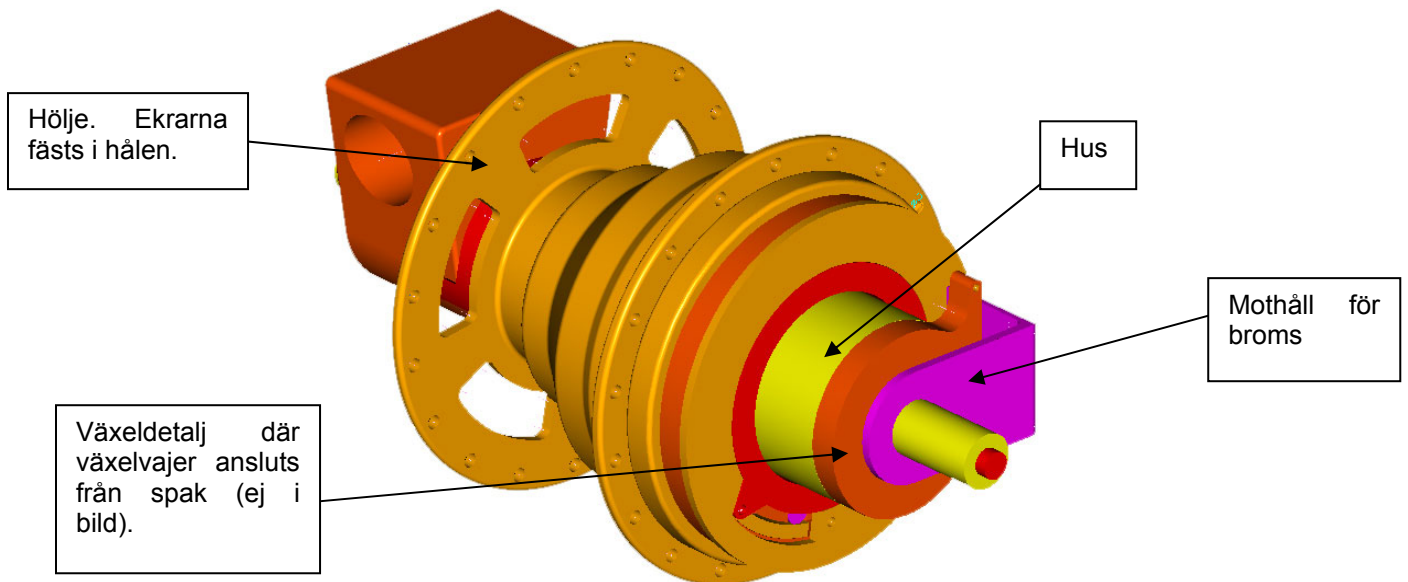


Bild 5.1: Konstruktionen med alla delar. Spaken ska fästas i huset. När spaken trycks framåt sätts huset i rotation varpå planetväxeln sätts i gång.

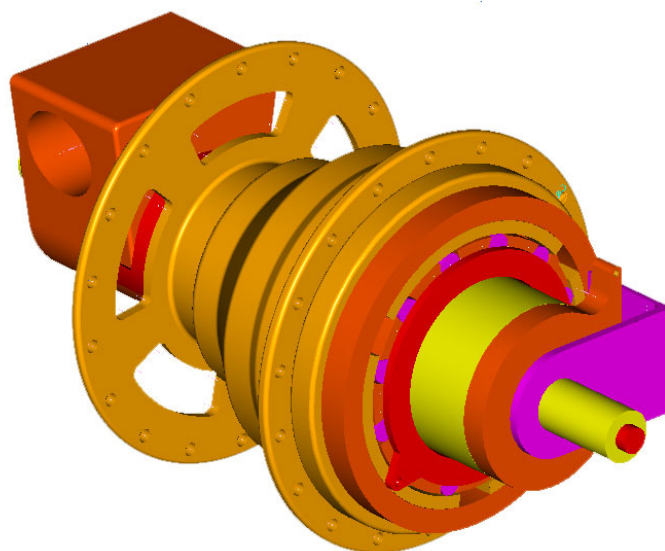


Bild 5.2: Bromshöljet borttaget.

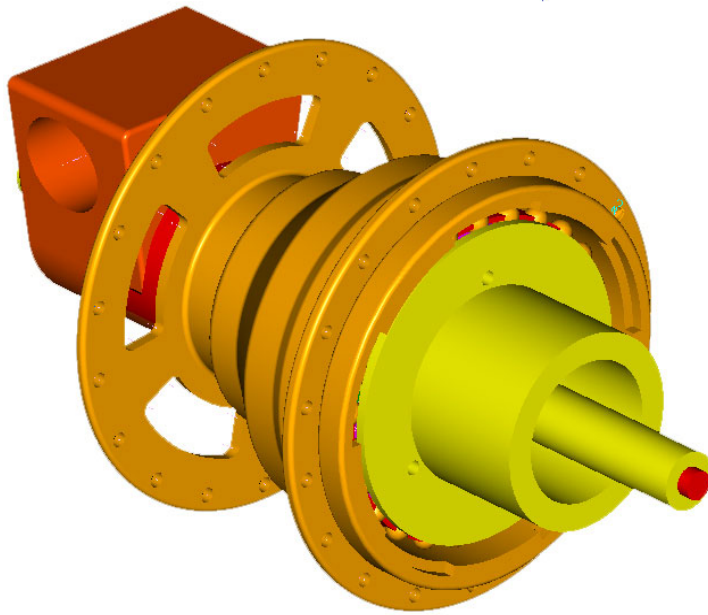


Bild 5.3: Resterande delar av bromsen och växelarm borttagna.

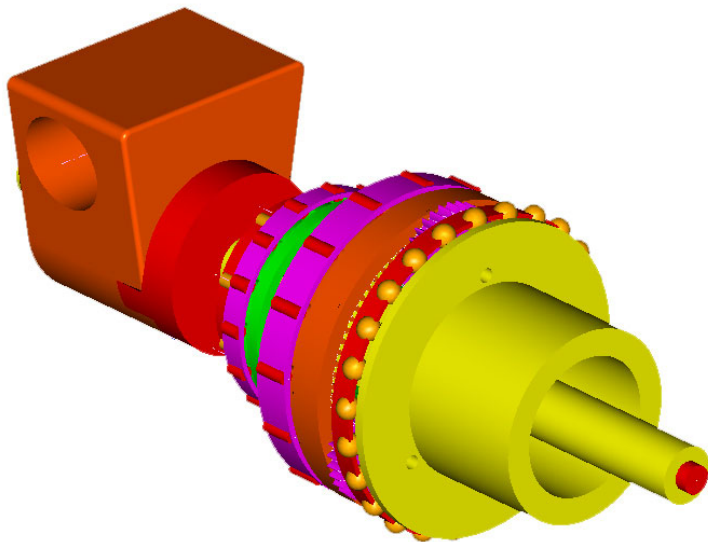


Bild 5.4: Höljet borttaget.

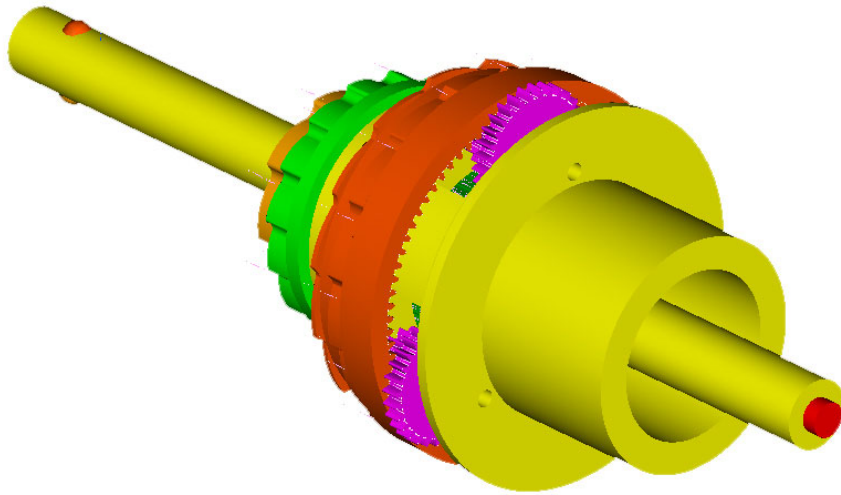


Bild 5.5: Drivlager, kullager, infästning och mothållet borttagna.

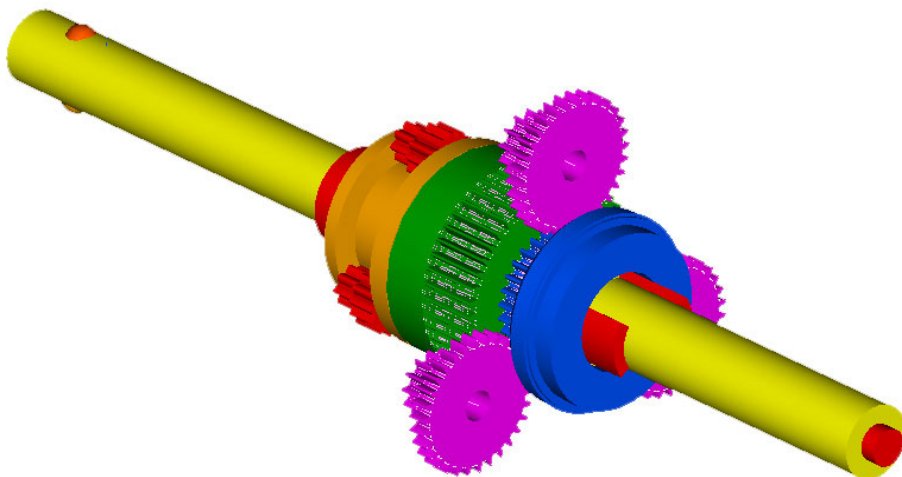


Bild 5.6: Ytterkuggar och hus borttagna. De delar som återstår är solkuggar, planetkuggar, växlingsdel och axel med quick release.

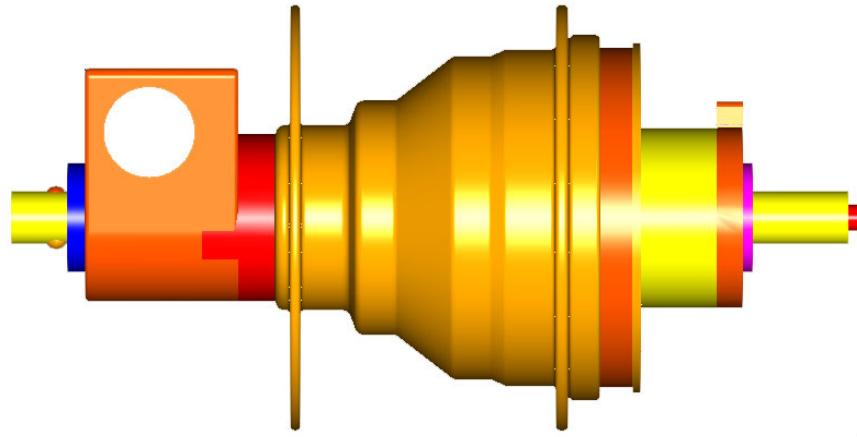


Bild 5.7: Konstruktionen med alla delar.

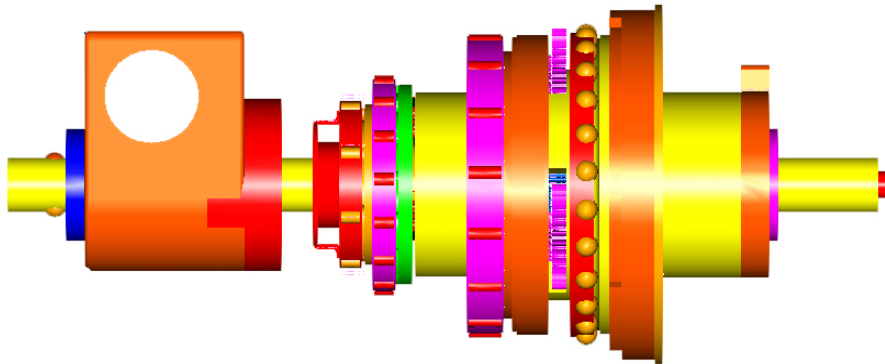


Bild 5.8: Bromshöljet borttaget.

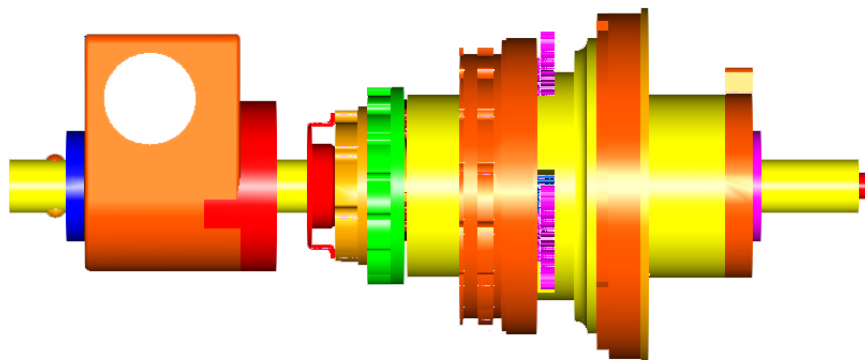


Bild 5.9: Drivlager och kullager borttagna.

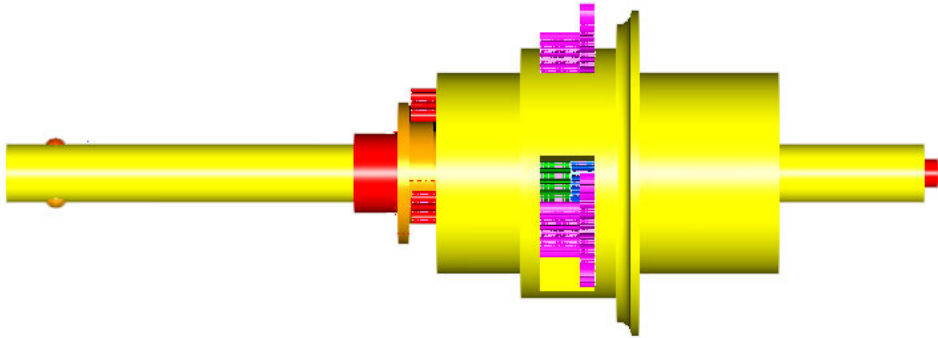


Bild 5.10: Ytterkuggar, infästning, mothåll, växelarm och alla bromsdelar borttagna.

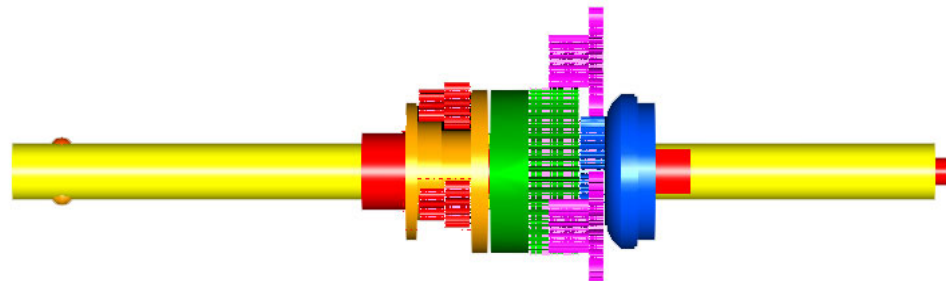


Bild 5.11: Hus borttaget. De delar som återstår är solkuggar, planetkuggar, växlingsdel och axel med quick release.