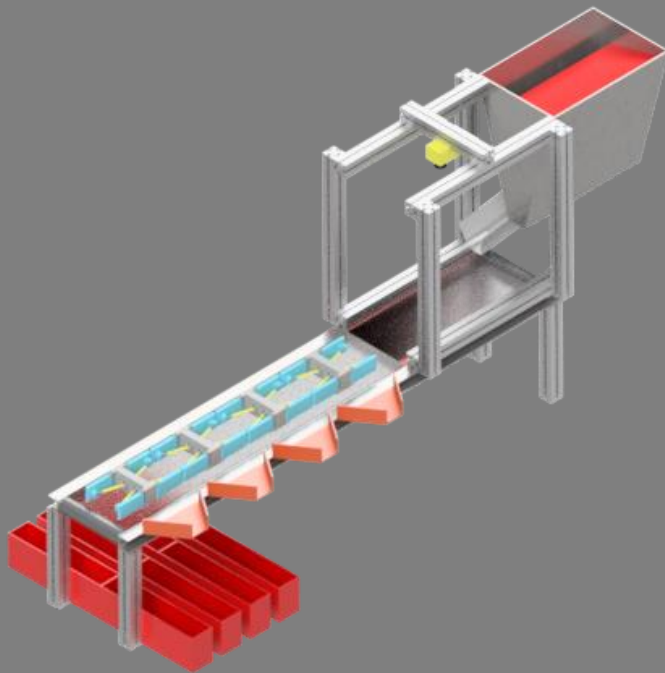


Cutlery Sorter



Onderzoek naar de automatisering van het handmatig bestek sorteren

Auteur: Jelle Kunst
September – December 2016
Opdrachtgever: SCIENCECUP
Locatie: Rotterdam
Begeleiders:
Frederic Marcillaud
Henry Rodenburgh

1^e lezer: Ir. A.J. Valkenberg
2^e lezer: Ir. A. van der Vlugt

Haagse Hogeschool TIS Delft

Inhoud

Samenvatting.....	4
Inleiding.....	6
1. Aanleiding.....	7
1.1 Bedrijfsbeschrijving.....	7
1.2 Casus: verhuurbedrijf 't Hekeltje.....	8
1.3 Probleemstelling.....	9
1.4 Onderzoekopzet.....	10
2. Probleemanalyse.....	11
2.1 Steady state model – Ist situatie.....	11
2.2 Steady state model – Soll situatie.....	13
2.3 Opdracht.....	14
2.4 Doel.....	14
3. Onderzoek.....	15
3.1 Functieanalyse.....	15
3.2 Verenkelen.....	16
3.3 Herkennen.....	19
3.4 Scheiden.....	21
3.5 Normenonderzoek.....	23
3.6 Patentenonderzoek.....	24
3.7 Concurrentieonderzoek.....	25
3.8 Pakket van eisen en wensen.....	25
3.9 Randvoorwaarden.....	25
3.10 Morfologisch overzicht.....	26
4. Concepten.....	28
4.1 Concept 1: “Shaker”.....	28
4.2 Concept 2: “Roller”.....	30
4.3 Concept 3 “Turner”.....	32
5. Conceptkeuze.....	34
6. Testen.....	38
Conclusie en aanbevelingen.....	39
Verwijzingen.....	41

Bijlage 1: Bestek materialen	43
Bijlage 2: Bestaande besteksorteermachines	45
Bijlage 3: Patenten	47
Bijlage 4: Verlichtingsonderzoek	50
Bijlage 5: Markt	52
Bijlage 6: Besteksoorten en bestektypen bij 't Hekeltje	53
Bijlage 7: Weegtest.....	55
Bijlage 8: Test hopper.....	56
Bijlage 9: Test robot met gripper.....	57
Bijlage 10: Steady state model – Ist situatie	58
Bijlage 11: Steady state model – Soll situatie.....	59
Bijlage 12: Reflectie competenties afstudeeropdracht	60

Samenvatting

Naar aanleiding van de opdracht van SCIENCECUP om onderzoek te doen naar bestek sorteren is deze afstudeeropdracht tot stand gekomen. Op basis van een casus van verhuurbedrijf 't Hekeltje is een opdracht vastgesteld: ontwerp een machine voor het sorteren van bestek. Om deze hoofdvraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen onderzocht:

1. Welke functies moet een besteksorteermachine kunnen vervullen?
2. Op welke wijze kunnen de functies van een besteksorteermachine ingevuld worden?
3. Aan welke eisen moet een besteksorteermachine voldoen?

Na onderzoek door middel van een systeemkundige benadering van de casus is met behulp van steady state modellen tot een black box van een besteksorteermachine gekomen. Deze black box is geopend in een functieanalyse. Hieruit is naar voren gekomen dat een besteksorteermachine moet kunnen verenken, herkennen en scheiden. Dit geeft antwoord op de eerste deelvraag.

Hierna is bekeken welke mogelijkheden er zijn om te verenken, herkennen en scheiden. Dit is gedaan door verschillende praktische toepassingen te onderzoeken op haalbaarheid voor een besteksorteermachine. Hieruit zijn de volgende mogelijke toepassingen gevonden:

- Verenken kan door middel van een hopper of een trilgoot.
 - Herkennen kan met een 2D camera, mits voorzien van rode backlight verlichting.
 - Scheiden kan met een robot en gripper die voorzien is van bekjes met kussentjes of met pushers.
- Dit geeft antwoord op deelvraag 2.

De eisen voor een besteksorteermachine zijn opgebouwd uit nationale regel- en wetgeving op het gebied van veiligheid en arbeidsomstandigheden, patentenonderzoek en wensen van de opdrachtgever. De volgende eisen zijn opgesteld:

- Geen menselijke tussenkomst bij het sorteren van het bestek
- Vijftien bestektypen herkennen
- Bestekstukken komen in gelijke oriëntatie uit de machine in opvangbakken per bestektype
- De machine maakt gewassen bestekstukken niet vies

Aan de hand van de uitkomsten van de geformuleerde deelvragen zijn drie concepten samengesteld voor een besteksorteermachine.

Concept 1, Shaker, maakt gebruik van een trilgoot om te verenken, een 2D camera om bestekstukken te herkennen en een robot met een gripper om de bestekstukken te scheiden.

Concept 2, Roller, maakt gebruik van een hopper om bestekstukken te verenken, een 2D camera om te herkennen en pushers om de bestekstukken te scheiden. Er is een lopende band toegevoegd om het bestek van de hopper naar de pushers te verplaatsen.

Concept 3, Turner, is een centrifuge met schuine wanden. Hierdoor wordt zowel de functie van verenken, herkennen als scheiden vervuld.

De drie concepten zijn op functionaliteit en fabricage getoetst door middel van de Kesselring methode. Hieruit is als beste concept een besteksorteermachine gekomen met een hopper om te verenken, een 2D camera om te herkennen en pushers voor het scheiden van bestekstukken. Voor

alle drie de concepten zijn praktische testen gedaan. Voor het eerste concept is een test gedaan met een robot en een grijper om aan te tonen dat het mogelijk is om met één grijper alle bestekstukken opgepakt kunnen worden. Voor concept 1 en 2 wordt gebruik gemaakt van een 2D camera. Hiervoor is onderzoek gedaan naar de benodigde verlichting om de glimmende bestekstukken betrouwbaar te kunnen herkennen. Hieruit is gebleken dat rode backlight verlichting het meest geschikt is. Voor concept 2 is aangetoond dat een hopper geschikt is om bestek te verenken. Om te valideren of sorteren op basis van massa, bij concept 3, tot de mogelijkheden behoort is een aantal bestektypen gewogen. Hieruit is gebleken dat er overlap is tussen besteksoorten en dat concept 3 alleen werkt als de juiste besteksoort wordt gebruikt, een besteksoort waarbij alle massa's van de bestektypen ongelijk zijn.

Op basis van de testen en de uitkomst van de Kesselring methode is gekomen tot een beste concept. Dit concept maakt gebruik van een hopper, een 2D camera met rode backlight verlichting en pushers. Het onderzoek heeft geleid tot een theoretisch ontwerp van een besteksorteermachine. Voor het vervolg van het onderzoek zal eerst dit theoretische ontwerp als praktische opstelling moeten worden getest. Dit is in deze fase en afstudeeropdracht niet gelukt vanwege de kosten die daar mee zijn gemoeid.

Inleiding

Naar aanleiding van de opdracht van SCIENCECUP om onderzoek te doen naar bestek sorteren is deze afstudeeropdracht tot stand gekomen. In hoofdstuk 1.1 wordt beschreven wat SCIENCECUP doet, gevolgd door een casus van verhuurbedrijf 't Hekeltje in hoofdstuk 1.2 op basis waarvan in hoofdstuk 1.3 in de probleemstelling het probleem is uitgelegd bij het bestek sorteren. Hoofdstuk 1 wordt afgesloten door de onderzoeksopzet.

Het tweede hoofdstuk is een probleemanalyse gedaan op basis van een systeemkundige benadering. Aan de hand van twee steady state modellen in hoofdstuk 2.1 en 2.2, van de huidige situatie en de gewenste situatie, is in hoofdstuk 2.3 de opdracht geformuleerd: ontwerp een machine voor het sorteren van bestek. Het doel van het ontwerpen van een besteksorteermachine is in hoofdstuk 2.4 verwoord.

In hoofdstuk 3 is onderzoek gedaan naar de functies van een besteksorteermachine op basis van methodisch ontwerpen. Hoofdstuk 3.1 is een analyse van de functies van een besteksorteermachine zoals deze in de gewenste situatie past in het steady state model van hoofdstuk 2.2. Deze functies worden in hoofdstuk 3.2 tot en met 3.4 omgezet tot praktisch toepasbare producten. Opvolgend aan de functies worden de normen voor een besteksorteermachine opgesomd in hoofdstuk 3.5, patenten in hoofdstuk 3.6 en concurrenten in hoofdstuk 3.7. Aan de hand van het verrichte onderzoek naar functievervullers, normen, patenten en concurrenten is het pakket van eisen en wensen opgesteld in hoofdstuk 3.8. De randvoorwaarden voor het ontwerp zijn opgenomen in hoofdstuk 3.9. Alle deeloplossingen zijn in een morfologisch overzicht geplaatst in hoofdstuk 3.10 en daaruit zijn drie ideeën voor concepten samengesteld.

In het vierde hoofdstuk zijn de drie ideeën uitgewerkt tot concepten. Deze concepten hebben de namen Shaker, Roller en Turner gekregen en worden beschreven in hoofdstuk 4.1 tot en met 4.3.

Met de Kesselring methode is in hoofdstuk 5 bepaald welk concept de meeste kans op slagen heeft door de functionaliteit uit te zetten tegen de fabricage.

De keuze is in het laatste hoofdstuk onderbouwd met een aantal testen om de conceptkeuze te onderbouwen en de eisen te verscherpen.

Dit onderzoek naar automatisch bestek sorteren wordt afgesloten door een conclusie en aanbevelingen voor de opdrachtgever.

1. Aanleiding

SCIENCECUP heeft de opdracht gegeven om onderzoek te doen naar het automatisch sorteren van bestek omdat vele bedrijven, zoals te zien is in bijlage 2, te maken hebben met sorteren van bestek. In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van SCIENCECUP. Vervolgens wordt de casus van verhuurbedrijf 't Hekeltje beschreven aan de hand waarvan in hoofdstuk 2 een steady state model wordt gemaakt om te komen tot de probleemstelling van dit onderzoek. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met de onderzoeksopzet.

1.1 Bedrijfsbeschrijving

SCIENCECUP is een innovatief platform met als doel goede ideeën om te zetten in nieuwe producten. Het motto is dan ook: **realize innovative thinking**. Dit wordt gedaan door ondersteuning in de vorm van coaching, financiering, prototyping en het bieden van een innovatieve community waar in wisselwerking kennis wordt gedeeld.

Concreet betekent het dat iemand met een goed idee voor een product of dienst, de innovator, in contact komt met SCIENCECUP. Dit kan via de website, via de telefoon of via e-mail. Er wordt een afspraak gemaakt door SCIENCECUP met de innovator om zijn of haar idee te komen toelichten. Hierbij wordt kritisch gekeken naar het idee. Vaak zit er bij het interview een of meerdere partners van SCIENCECUP. De bedrijven die een raakvlak hebben met het onderwerp dat wordt besproken schuiven aan om enerzijds feedback te geven aan de innovator en anderzijds te bepalen of het idee financieel en technisch haalbaar kan zijn. Vervolgens wordt er een onderzoek gedaan of er octrooien of patenten geschonden worden als het idee tot product wordt uitgewerkt. Op basis van het advies van de partners wordt besloten wel of niet door te gaan met het idee van de innovator. Bij een 'go', wordt met de innovator een plan van aanpak gemaakt om het idee uit te werken tot een ontwerp. Er wordt een businesscase opgesteld en er wordt een lijst van potentiële afnemers opgesteld voor het te maken eindproduct. Ook wordt er een lijst opgesteld met bedrijven die het product kunnen gaan produceren of delen van het product kunnen leveren.

Het ontwerp van het idee wordt gemaakt met behulp van inbreng van de partners van SCIENCECUP. De partners helpen met de kennis en vaardigheden die ze hebben.

Als het ontwerp klaar is wordt er contact gezocht met de bedrijven die delen of het gehele product kunnen maken. Er worden met meerdere bedrijven gesprekken ingepland om het product te pitchen. Bij interesse van het bedrijf wordt er een contract opgesteld om in samenwerking het product te produceren en op de markt te brengen. Dit proces is weer gegeven in figuur 1.



Figuur 1: Werkwijze SCIENCECUP

1.2 Casus: verhuurbedrijf 't Hekeltje

't Hekeltje is een middelgroot tot groot verhuurbedrijf voor partyartikelen en tenten. Voor elk goed feest kan men terecht bij 't Hekeltje. Een volledig ingerichte tent, inrichting van een festivalterrein of voor servies als de hele familie komt eten.

Het bedrijf is opgericht in 1919 en gaat met de tijd mee door in te spelen op de hedendaagse trends. Dit is terug te zien door de nieuwe artikelen die met grote regelmaat worden toegevoegd aan het assortiment. Het werk wordt hoofdzakelijk uitgevoerd met menskracht: van schoonmaken tot het verzamelen van orders. Aangezien personeelskosten behoren tot de grootste vaste lasten van een bedrijf is er gekeken of en waar er automatisering toegepast kan worden in het bedrijf.

Er wordt veel tijd gependend aan het sorteren en tellen van het bestek. Zowel bij het retournemen als het verhuur klaar maken.

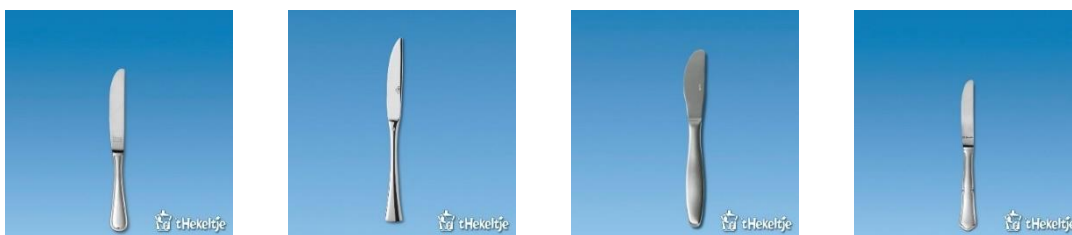
Bij het retournemen van het bestek wordt het vieze, ongeordende bestek met de hand gesorteerd en geteld om te bepalen of alle bestekstukken retour zijn gebracht. Vervolgens wordt het bestek gewassen.

Het wassen van het bestek wordt gedaan met een vibrerende wastrommel met keramische kegeltjes. Vanuit de wastrommel wordt het bestek met een goot in de droogtrommel geschud. De droogtrommel maakt eveneens een schuddende beweging en is gevuld met droge maïskorrels, deze opstelling is te zien in figuur 2.



Figuur 2: Was- en droogtrommel bij 't Hekeltje

't Hekeltje verhuurt verschillende besteksoorten. Onder besteksoort wordt verstaan: verschillende typen bestekstukken van één besteklijn. 't Hekeltje heeft vier besteksoorten in het assortiment: Cambridge, lanka, Regular en Romanca. In figuur 3 zijn van deze besteksoorten de dessertmessen afgebeeld (Verhuurshop, 2016).



Figuur 3: Dessertmessen v.l.n.r.: Cambridge, lanka, Regular en Romanca

Een bestektype is een verzameling van bestekstukken met één specifieke functie. Er kan onderscheid gemaakt worden in de bestektypen: menumes, menuvork, menulepel, dessertmes, dessertvork, dessertlepel, cocktail/fruit mes, cocktail/fruit vork, cocktail/fruit lepel, sorbetlepel, koffielepel, gebaksvork, visvork, vismes en botermes. In een besteksoort hoeven niet alle bestektypen voor te komen. In bijlage 6 staat een overzicht van de bestektypen van de besteksoort Regular.

Een bestekstuk is één stuk van een bestektype. Bijvoorbeeld één menumes.

Een couvert, zoals in figuur 4 is weer gegeven, voor een hoofdgerecht is: één menumes, één menuvork en één menulepel. Het is ook mogelijk om een couvert te hebben voor bijvoorbeeld het dessert.



Figuur 4: Couvert lanka met menulepel, menuvork en menumes

1.3 Probleemstelling

Verwondering over de hoeveelheid werkzaamheden die met de hand worden uitgevoerd heeft geleid tot het zoeken naar automatiseringsoplossingen binnen 't Hekeltje.

Het gehuurde bestek wordt vuil retour gestuurd. Om te kunnen bepalen of alle bestekstukken retour zijn gekomen worden alle bestekstukken eerst handmatig gesorteerd en vervolgens geteld. De volgende aspecten vallen op in dit proces:

- Werkhouding
- Repeterende beweging
- Hygiëne
- Snij- en prikrisico
- Zwaar fysiek werk



Figuur 5: Bestek sorteren bij 't Hekeltje

Werkhouding: het bestek wordt staande gesorteerd aan een werktafel. De manier om dit te doen is met een gebogen houding door de bovenrug en nek voorover te buigen, zoals is te zien in figuur 5. Langdurig staand werken kan leiden tot gezondheidsklachten (Statische werkhouding staan, 2016).

Repeterende beweging: Arboportaal (2016) omschrijft repeterende handeling als volgt: “Onder repeterende handelingen worden handelingen verstaan die zich herhalen binnen 90 seconden. Deze handelingen kunnen een risico met zich meebrengen als zij gedurende minimaal 2 uur per dag of minimaal 1 uur achter elkaar uitgevoerd worden.” Er zijn regelmatig periodes waarbij hele dagen bestek moet worden gesorteerd. Hoewel dit door verschillende mensen wordt gedaan komt dit de motivatie en gezondheid van de werknemers niet ten goede.

Hygiëne: het bestek wordt vuil geretourneerd. Dit betekent dat er voedselresten aanwezig zijn op de bestekstukken. Hieruit kan een gezondheidsrisico voortkomen door de ontwikkeling van biologische agentia. Het begrip biologische agentia omvat al dan niet genetisch gemodificeerde micro-organismen, bijvoorbeeld virussen, bacteriën schimmels of parasieten, die een infectie, allergie of toxiciteit kunnen veroorzaken (wat zijn biologische agentia, 2016).

Snij- en prikrisico: de kans op incidenten bij het sorteren van bestekstukken is reëel. Van de incidentie zijn geen gegevens beschikbaar.

Zwaar fysiek werk: de bakken waarin de bestekstukken worden ingeleverd kunnen tot 600 stukken bevatten. Dit betekent dat de massa van een bestekbak op kan lopen tot 60 kilo.

1.4 Onderzoeksopzet

Om de problemen met het sorteren van bestekstukken in kaart te brengen, wordt gebruik van een ontwerptool. Gekozen is voor een systeemkundige benadering: wat is het doel van een besteksorteermachine, waarvoor dient een besteksorteermachine? Daarmee kunnen de functies bepaald worden die vervuld moeten worden om het doel van de besteksorteermachine te realiseren.

Deze aanpak levert in hoofdstuk 2 een tweetal steady state modellen op. Het eerste steady state model geeft een weergave van de startsituatie. Deze startsituatie wordt het Ist-model genoemd. Aan de hand van dit Ist-model kunnen eisen worden opgesteld voor de gewenste situatie. In het Soll-model worden deze eisen vertaald in een nieuw steady state model (Veld, 2010).

Vanuit het Soll-model wordt de opdracht en het doel van de afstudeeropdracht bepaald. In het Soll-model is een black box opgenomen die de besteksorteermachine voorstelt. Deze black box wordt open gemaakt in hoofdstuk 3 door de functies van een besteksorteermachine te beschouwen in de functieanalyse. Per functie worden aan de hand van werkingsprincipes praktische oplossingen verkregen.

Aan de hand van concurrentie-, patenten en normenonderzoek worden de gevonden praktische oplossingen beoordeeld op haalbaarheid. Op basis van deze vergelijking wordt een eerste schifting gemaakt en worden eisen en wensen opgesteld voor het ontwerp van een besteksorteermachine.

Als de ontwerpcriteria en de eisen bekend zijn, wordt er gebruik gemaakt van methodisch ontwerpen (Oskam, Cowan, Hoiting, & Souren, 2012). Met behulp van een morfologisch overzicht waarin alle mogelijkheden voor de functievervullers per functie zijn weergegeven worden drie concepten gegenereerd waarna door middel van de Kesselring methode het beste concept wordt gekozen.

Dit concept wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 4. Bij fabrikanten wordt informatie ingewonnen over onderdelen en op internet worden productspecificaties opgevraagd en opgezocht. Daarnaast worden er praktische testen gedaan om de conceptkeuze te ondersteunen of te weerleggen.

2. Probleemanalyse

In de probleemanalyse wordt aan de hand van systeemkunde, toegepast op de casus van 't Hekeltje, de huidige situatie geschetst in een steady state model. Dit steady state model wordt gebruikt om aan te geven waar zich problemen kunnen voordoen in het sorteerproces van bestekstukken.

Vervolgens wordt de gewenste situatie geschetst, de Soll situatie. Daarna wordt aan de hand van de modellen verklaard waarom er verschillen zijn tussen het model van het handmatig sorteren, de Ist situatie en de gewenste situatie van het automatisch sorteren, de Soll situatie.

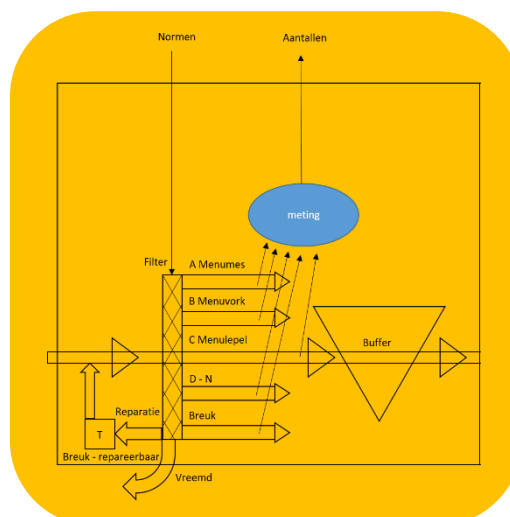
Na de analyse aan de hand van de systeemkunde zijn de normen te vinden die betrekking hebben op het automatisch sorteren van bestekstukken. Ook is er een samenvatting gemaakt van de patenten over bestekstukken sorteren.

Als laatste in het analysedeel is het pakket van eisen en het pakket van wensen opgesteld aan de hand van de steady state modellen, de normen en de patenten.

2.1 Steady state model – Ist situatie

In het steady state model in figuur 7 van het bestek verwerkingsproces bij verhuurbedrijf 't Hekeltje worden alle functies door mensen uitgevoerd, behalve het wassen.

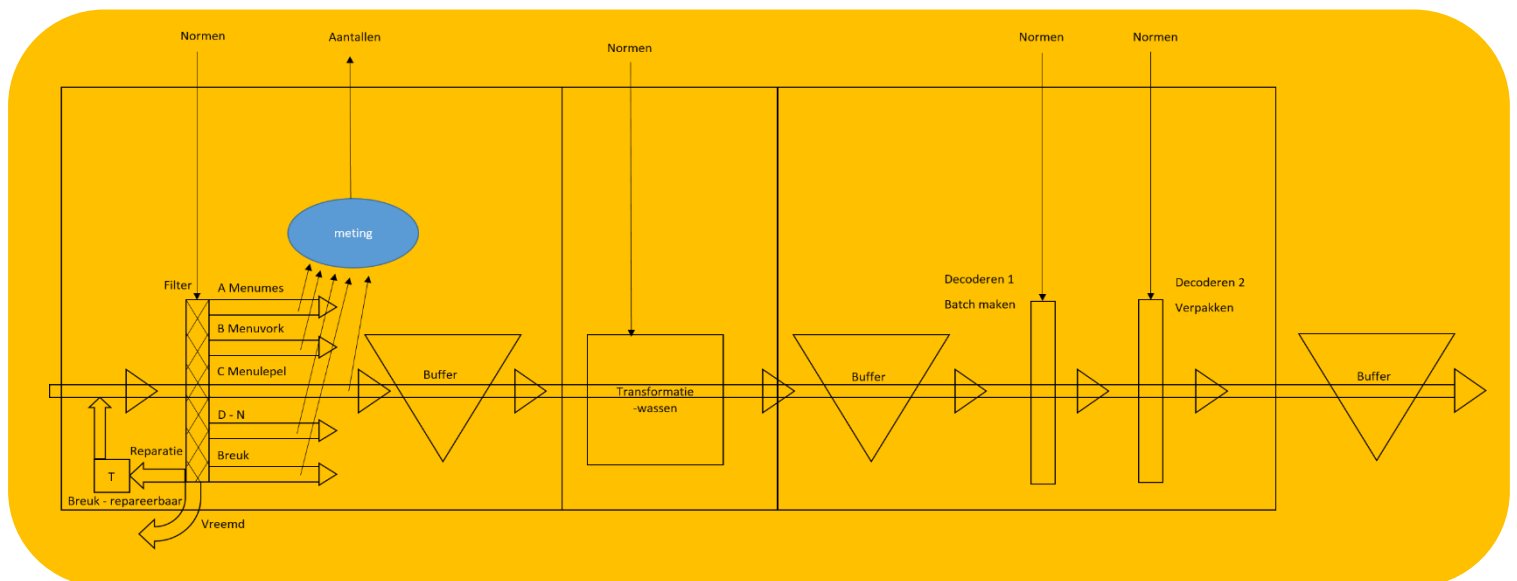
Het bestek verwerkingsproces begint bij de inname van het gebruikte, ongewassen en in wanordelijke toestand ingeleverde bestek. In één of meerdere bestekbakken komt het bestek retour. Per bestektype wordt het bestek bij elkaar in een bak gedaan (filter). Ook worden vreemde bestekstukken, dat wat niet van het verhuurbedrijf is, kapotte bestekstukken en kapotte bestekstukken die nog gerepareerd kunnen worden, apart gehouden. Bestek wat nog gerepareerd kan worden, wordt gerepareerd en toegevoegd in de bestekbak met bestek van dit type. Hierna wordt het bestek geteld (meting). Dit deel van het proces is de grenszone aan de invoerzijde zoals te zien is in figuur 6.



Figuur 6: Grenszone invoerzijde Ist-model

Vervolgens worden de bestekbakken weggezet tot er genoeg bestek is om te wassen (buffer). Het bestek wordt per type in de bestekwasmachine gedaan. Als het bestek is gewassen en gedroogd (transformatie- functie) wordt het opgevangen in een grote bak (buffer). Dit is het begin van de grenszone uitvoerzijde. Vanuit deze bak wordt het bestek afgeteld in batches van tien of vijftig bestekstukken (decoderen 1). Deze pakketjes van tien of vijftig stuks van het zelfde type bestek worden geseald in plastic (decoderen 2). Het bestek wordt opgeslagen in het magazijn (buffer) en is klaar voor de volgende klant. In bijlage 10 staat het steady state model nogmaals in groter formaat.

Volgens het LEAN model zijn er stappen in het proces die waarde toevoegen aan het proces en stappen die noodzakelijk zijn voor het proces (Shook, 2010). Het sorteren van de bestekstukken voegt waarde toe in het proces omdat de klant de juiste bestekstukken in het pakket wil. De verhuurder wil de kwaliteit van de verhuur waarborgen en geen verkeerde bestekstukken wil meegeven aan de klant. Het wassen voegt waarde toe omdat de klant schoon bestek wil huren. Het tellen van de bestekstukken is waarde toevoegend, enerzijds omdat de klant de juiste hoeveelheid bestekstukken in het gehuurde pakket wil hebben en anderzijds omdat de verhuurder de juiste hoeveelheid bestekstukken wil uitgeven bij de verhuur zodat er geen voorraadproblemen ontstaan. Het verpakken van het bestek voegt waarde toe omdat zo het bestek tijdens de opslag niet kan worden vervuild en omdat het tijd scheelt met het verzamelen van orders. Elke processtap is dus waarde toevoegend aan het bestek sorteerproces. Sommige stappen voegen waarde toe voor de klant, sommige voegen waarde toe voor de verhuurder.



Figuur 7: Steady state model 1st situatie 't hekeltje

Op basis van het Ist-model zijn eisen geformuleerd voor de gewenste situatie. Het sorteren van bestekstukken is zoals hiervoor te lezen is waarde toevoegend. Daarbij is het niet noodzakelijk om dit met de hand te doen. Hieruit is de eis opgesteld voor de gewenste situatie dat het sorteren van bestek niet handmatig wordt gedaan.

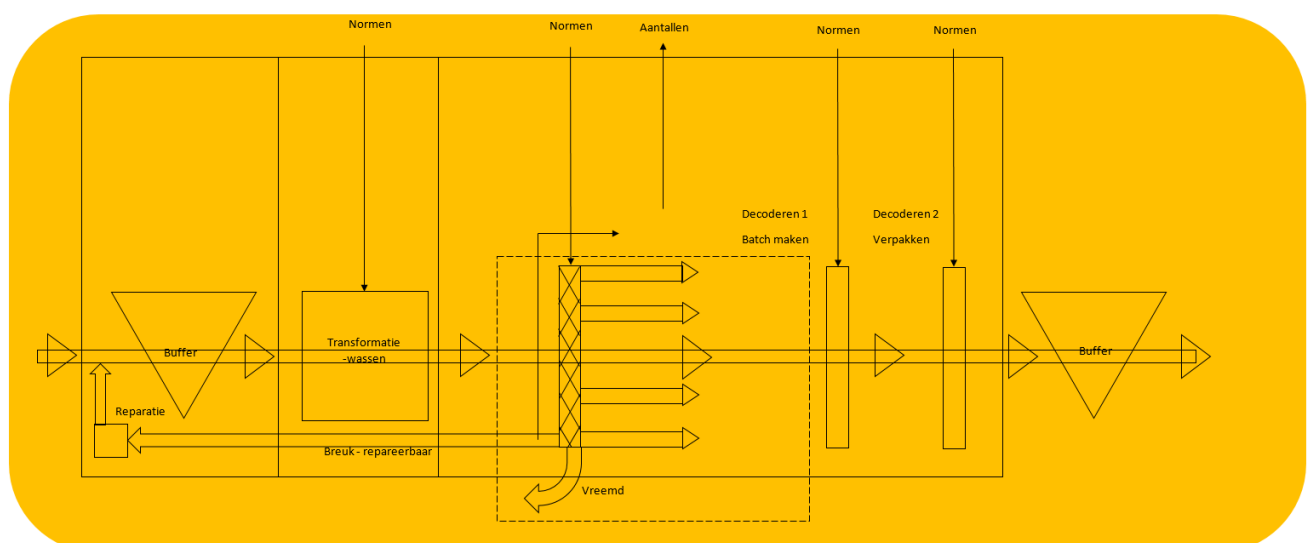
2.2 Steady state model – Soll situatie

Op basis van de eis die is opgesteld in de Ist-situatie is bepaald dat er gebruik gemaakt wordt van een machine om bestek te sorteren in de gewenste Soll-situatie. De besteksorteermachine kan worden gezien als een black box waarbij er ongeordend bestek ingevoerd wordt en gesorteerd bestek uit komt. De black box van de besteksorteermachine kan op twee plekken in het nieuwe steady state model worden geplaatst. De eerste mogelijkheid is op dezelfde plek als waar in het Ist-model het bestek wordt gesorteerd door een medewerker. Dat houdt in dat het bestek vies de besteksorteermachine in komt. Het resultaat hiervan is dat de besteksorteermachine ook vies wordt en daardoor veel onderhoud nodig zal hebben. Ook zal het lastiger zijn om bestekstukken te kunnen herkennen doordat de vorm en het gewicht verandert door aangehecht vuil.

De tweede plek is direct na het drogen van bestek. Hierdoor is de invoer voor de besteksorteermachine constant: schoon en droog bestek in wanordelijke toestand. Hierdoor wordt het gewicht en de vorm niet beïnvloed door externe factoren.

Hieruit kan als randvoorwaarde worden gesteld dat het bestek schoon en droog wordt ingevoerd in de besteksorteermachine.

In het steady state model van de Soll situatie, figuur 8 en de grote weergave in bijlage 11, wordt weer gegeven hoe het systeemkundige proces eruitziet met een besteksorteermachine. Ook hier is een input van gebruikt, vies en in wanordelijke toestand ingeleverd bestek door een klant. Omdat het opstarten van de wasmachine tijd nodig heeft en behoorlijk wat water kost, wordt het bestek tijdelijk in een buffer gezet totdat er voldoende bestek gewassen kan worden en de bestek wasmachine aanstaat. Het bestek wordt in de bestek wasmachine gewassen per teruggekomen klantorder en vervolgens in de droogmachine gedroogd. De bestek droogmachine komt uit op een besteksorteermachine. De besteksorteermachine sorteert het bestek op bestektype en controleert op afwijkingen van het bestek zoals ernstige vervormingen. Bestek dat niet herkend wordt valt onder de noemer 'vreemd' en wordt apart opgevangen. Het gesorteerde bestek wordt in batches van 10 of 50 stuks van het zelfde bestektype uitgesplitst, geteld en verpakt met krimpfolie. Het bestek is nu gereed om opnieuw verhuurd te worden.



Figuur 8: Steady state model Soll-situatie

2.3 Opdracht

Op basis van beide steady state modellen in hoofdstuk 2.1 en 2.2 is er in samenspraak met SCIENCECUP en verhuurbedrijf 't Hekeltje een opdracht voor het afstudeerproject geformuleerd:

Ontwerp een machine voor het sorteren van bestek.

De opdracht kan worden vervuld door de volgende deelvragen te onderzoeken:

1. Welke functies moet een besteksorteermachine kunnen vervullen?
2. Op welke wijze kunnen de functies van een besteksorteermachine ingevuld worden?
3. Aan welke eisen moet een besteksorteermachine voldoen?

2.4 Doel

Het doel van dit afstudeerverslag is om een theoretisch ontwerp te maken van een machine die het handmatig sorteren bestek vervangt. De machine moet er voor zorgen dat de arbeidsomstandigheden verbeteren en de kwaliteit van het bestek sorteerproces wordt verhoogd door het elimineren van menselijke fouten in dit deel van het bestek verwerkingsproces.

3. Onderzoek

In het deel onderzoek wordt onderzocht welke functies een besteksorteermachine moet hebben om bestek te kunnen sorteren. Dit wordt in de functieanalyse in hoofdstuk 3.1 beschreven. De functies die hier zijn genoemd, worden vertaald naar werkingsprincipes en praktische toepassingen. Dit is te lezen in hoofdstuk 3.2 tot en met 3.4. Na de functieanalyse worden de normen genoemd waaraan een besteksorteermachine moet voldoen in hoofdstuk 3.5 gevolgd door de patenten van besteksorteermachines in hoofdstuk 3.6 en de besteksorteermachines die momenteel op de markt zijn in hoofdstuk 3.7.

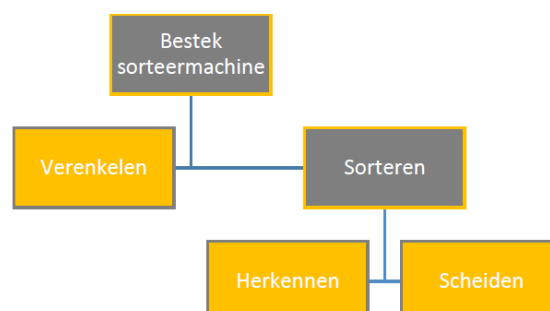
In hoofdstuk 3.8 wordt aan de hand van de functieanalyse, de normen, het patentenonderzoek en de steady state modellen de eisen, wensen en in hoofdstuk 3.9 de randvoorwaarden vastgesteld voor het ontwerpen van een besteksorteermachine. De functies en de invulling van de functies zijn in hoofdstuk 3.10 in een morfologisch overzicht gezet en op basis van gemaakte afwegingen tot drie concepten ingedeeld.

3.1 Functieanalyse

In het steady state model van de Soll situatie in figuur 8 is met een gestippelde zwarte lijn aangegeven waar een besteksorteermachine ingevoegd wordt. Dit is te beschouwen als een black box. De besteksorteermachine heeft als invoer gewassen en gedroogd bestek in wanordelijke toestand. De uitvoer van de besteksorteermachine is op besteksoort en bestektype gesorteerd bestek. Door de black box te openen worden de functies van een besteksorteermachine gevonden.

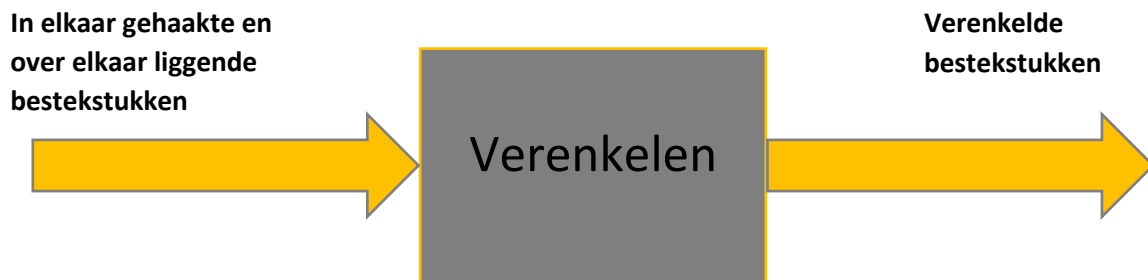
Een besteksorteermachine kan worden opgedeeld in een aantal functies. Er wordt uitgegaan van een input van gewassen bestekstukken, waarbij verschillende bestektypes door elkaar liggen en de bestekstukken in wanordelijke toestand in de machine binnenkomen. Dat houdt in dat bijvoorbeeld een menumes en een dessertvork tegelijk de machine binnen in kunnen komen. Daarnaast is het ook mogelijk dat twee bestekstukken in elkaar gehaakt zijn. In praktijk komt dit alleen voor bij vorken. In elkaar gehaakte bestekstukken kunnen niet makkelijk verwerkt worden, dus is het nodig om de bestekstukken te verenken. Als de bestekstukken niet meer in elkaar gehaakt en over elkaar liggen dan kunnen de bestekstukken gesorteerd worden. Het sorteren bestaat uit twee delen: het deel waar wordt vastgesteld van welke besteksoort een bestekstuk is en het deel waar het bestekstuk wordt verplaatst naar een bak met bestekstukken van het zelfde bestektype. Deze delen worden respectievelijk herkennen en scheiden genoemd zoals schematisch is weer gegeven in figuur 9. De praktische mogelijkheden van de invulling van de functies wordt omschreven in de opvolgende hoofdstukken.

Figuur 9: Functieanalyse



3.2 Verenkelen

Om de input van de besteksorteermachine bruikbaar te maken voor het herkenningsmechanisme wordt het bestek verenkeld. In figuur 10 staat dit schematisch weergegeven. Het verenkelen kan op verschillende manieren.

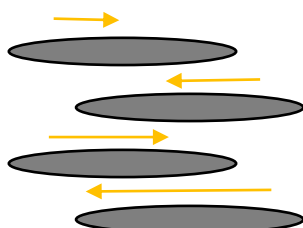


Figuur 10: Verenkelen bestekstukken

Door het bestek te verenkelen wordt de stroom van bestekstukken opgedeeld in enkele bestekstukken. Daarnaast haken bestekstukken in elkaar en in elkaar gehaakte bestekstukken kunnen niet worden verwerkt in de vervolgstappen. Het uit elkaar halen van bestekstukken is met name nodig voor in elkaar gehaakte vorken, een vork en een lepel of een vork en een mes. De andere bestekstukken zullen niet in elkaar haken. Om deze uit elkaar te kunnen halen is er een kracht nodig. Er zijn verschillende manieren om deze kracht uit te oefenen op de vorken. Ze kunnen uit elkaar getrokken worden, er kan gebruik gemaakt worden van een trilling, er kan van de eigen massa gebruik gemaakt worden en er kan gebruik gemaakt worden van een val van een hoogte.

Deze principes van het toepassen van een kracht op het bestek kunnen worden vertaald naar praktische toepassingen. De besproken manieren van verenkelen zijn transportbanden, een bewegende trap, een trilgoot, een hopper, een wig, een zeef, borstels en een centrifuge.

3.2.1 Transportbanden

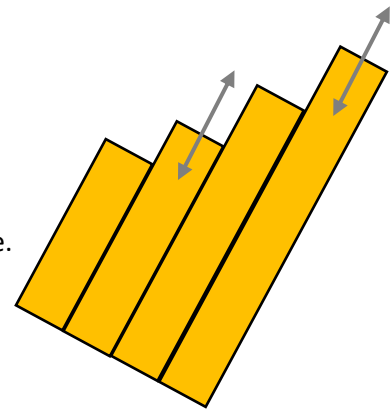


Figuur 11: Schematische weergave transportbanden

Door transportbanden boven elkaar te plaatsen, zie figuur 11, en met verschillende, oplopende snelheden te laten draaien, wordt het bestek uit elkaar verplaatst. Door het hoogteverschil zal het bestek wat in elkaar gehaakt zit de kans krijgen door de impact van de val, uit elkaar te gaan. Door het verschil in snelheid van de banden wordt er ruimte gecreëerd tussen de bestekstukken die uit elkaar gehaald zijn.

3.2.2 Bewegende trap

De bewegende trap is gezien bij de sorteerindustrie voor wortels (Sormac, 2016). De trapvormige beweging wordt gemaakt door treden die op en neer bewegen. Een trede bestaat uit twee delen. Het ene deel is statisch, het andere deel beweegt op en neer. Het deel dat op en neer beweegt is het achterste deel van de onderliggende trede en het voorste deel van de bovenliggende trede. Een schematische weergave is te zien in figuur 12. Het te verenkelen goed rolt van het statische deel op het bewegende deel en wordt op deze wijze stap voor stap omhoog bewogen. Wat op het bewegende deel ligt wordt meegenomen, wat op het statische deel ligt rolt in de opvolgende cyclus op het bewegende deel. Dit principe werkt alleen als het te verplaatsen medium rolt. De fabrikant geeft aan dat dit principe niet werkt voor het verenkelen van bestek.



Figuur 12: Schematische weergave bewegende trap

3.2.3 Trilgoot



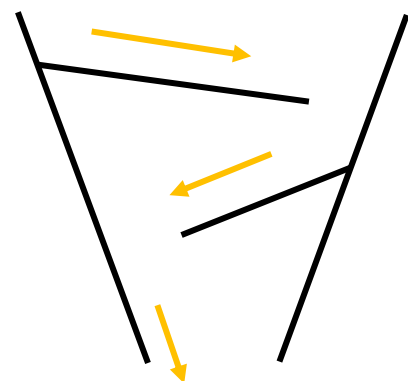
Het scheiden van bestek met een trilgoot wordt gedaan door een hoeveelheid bestek (batch) op een vlakke plaat met opstaande randen te plaatsen. Door een schudbeweging wordt het bestek van oriëntatie veranderd. Bestek wat los ligt kan daarna herkend en weggehaald worden. Het schudden zal meermaals gedaan worden totdat de batch volledig is verwerkt, zie figuur 13. (Adept Anyfeeder, 2016)

Figuur 13: Trilgoot (Adept Anyfeeder, 2016)

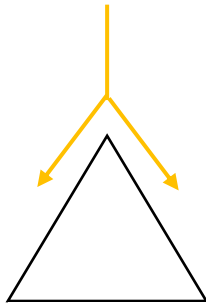
3.2.4 Hopper

In een onderzoek naar het verenkelen en sorteren van bestek wordt het verenkelen met een hopper genoemd, bedacht door Hashimoto (Akella, 2004). De hopper heeft verschillende niveaus, welke in de valrichting een steilere hoek hebben zoals te zien is in figuur 14.

Door een kleine opening te houden kan er niet een hele bulk bestek in een keer door de opening en door de steeds steilere platen in de hopper krijgt het bestek een steeds grotere snelheid waardoor de afstand tussen de afzonderlijke stukken bestek wordt vergroot.



Figuur 14: Hopper



Figuur 15: Wig

3.2.5 Wig

Het te verenkelen bestek wordt van enige hoogte op een wigvormig element gedropt waardoor het bestek wat in elkaar haakt van elkaar los komt zoals in de theoretische weergave in figuur 15 te zien is. Voor deze methode is een afvoer nodig van het verenkeld bestek, zodat het bestek niet ophoopt onder de wig.

3.2.6 Zeef

In meerdere stappen wordt het bestek gezeefd en per soort afgevoerd. Belangrijk is om te kijken naar de mazen van de zeef. De grootste stukken bestek worden er als eerste uit gezeefd, als laatste de kleinste. De zeven trillen, zodat het bestek van oriëntatie blijft veranderen en dientengevolge door de mazen van de zeef kunnen. Deze methode zou ook als (voor)sorteermethode gebruikt kunnen worden. In figuur 16 staat een voorbeeld van een zeef.



Figuur 16: Zeef

3.2.7 Borstels

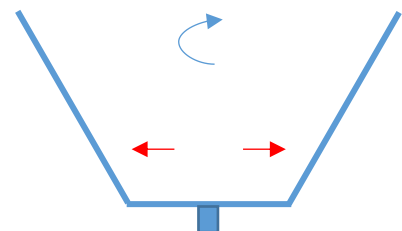
Boven een transportband wordt een roterende borstel opgehangen. De borstel 'veegt' dubbele bestekstukken van elkaar af. De borstelbeweging zal ook voldoende kracht uitoefenen op in elkaar gehaakte bestekstukken om ze uit elkaar te halen. Een voorbeeld van een borstel staat in figuur 17.



Figuur 17: Veegborstel (Lumag veegborstel voor km600, 2016)

3.2.8 Centrifuge

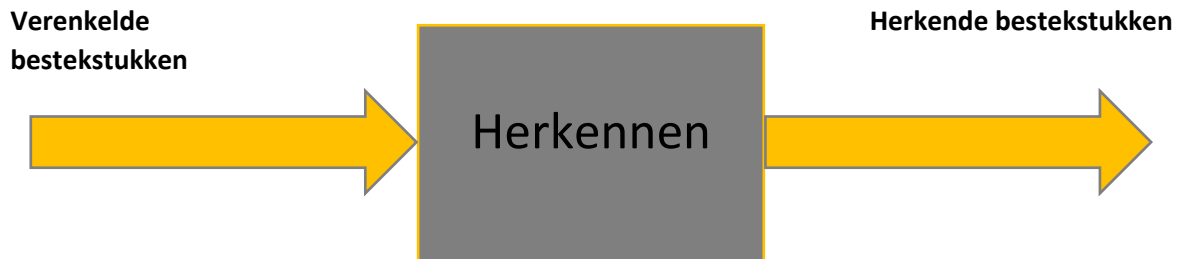
Door gebruik te maken van het verschil in massa van het bestek hoeft het bestek niet eerst verenkeld te worden, maar kan het bestek gelijk in de bestekcentrifuge worden verwerkt. Door het bestek rond te draaien in een trommel met een schuine zijde, zal door het verschil in gewicht het bestek bij een variërende snelheid per soort over de rand vallen. In figuur 18 staat een doorsnede getekend.



Figuur 18: Doorsnede centrifuge met schuine wanden

3.3 Herkennen

Na het verenken van het bestek wordt het bestek geïdentificeerd. Dit is schematisch weer gegeven in figuur 19. Het herkennen van bestekstukken kan op basis van massa door het bestek te wegen, op basis van vorm door visuele herkenning te gebruiken of op basis van afmeting door gebruik te maken van een zeef. De herkenningmethoden worden hieronder uitgelegd.



Figuur 19: Herkennen van bestekstukken

Het herkennen van een bestekstuk wordt gedaan aan de hand van de eigenschappen van het bestekstuk. Alle bestektypen zijn gemaakt van hetzelfde materiaal, dus dit is geen mogelijkheid. Wel is het mogelijk om te kijken naar de massa, de vorm, de afmetingen, het zwaartepunt of een combinatie van eigenschappen.

3.3.1 Wegen

Wegen is een manier van herkennen op basis van massa. Met een weegapparaat, zie figuur 20, wordt de massa van een enkel bestekstuk gemeten. Als elke besteksoort een andere massa heeft dan is het mogelijk om op basis van de massa te bepalen om welke besteksoort het gaat.



Figuur 20: Weegschaal

3.3.2 Lijnscanner

Een laserscanner of laserscanner, zie figuur 21, laat een laserlijn heen en weer bewegen. Door het opvangen van het teruggekaatste licht kan er een beeld gemaakt worden van het voorwerp dat onder de scanner ligt. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de lichtsnelheid. Licht dat op de vlakke ondergrond wordt teruggekaatst wordt als nulmeting gebruikt. Licht dat eerder teruggekaatst wordt dan de nulmeting moet dan dus van het voorwerp zijn.



Figuur 21: Lijnscanner van Sick (Directindustry, 2016)

3.3.3 2D camera

Een 2D camera, figuur 22, maakt een 2 dimensionaal beeld. Hierop is geen hoogte te zien. Dit beeld kan met beeld verwerkingssoftware gebruikt worden om objecten te herkennen en de positie in het platte vlak te bepalen. De beeldherkenning met een 2D camera wordt gedaan door het beeld te vergelijken met een vooraf door de software geleerd beeld. Er wordt bij de vergelijking gekeken naar vorm en afmetingen.



Figuur 22: 2D camera van Cognex

3.3.4 3D camera

Een 3D camera maakt naast een 2D beeld ook gebruik van een laserlijn. De vervorming van deze lijn wordt gebruikt om de hoogte van het object te berekenen. Met een 3D camera is het mogelijk om zowel de positie in het platte vlak als de hoogtepositie te bepalen. Met een 3D camera zou het wellicht mogelijk zijn om ook niet verenkelde bestekstukken te herkennen. In figuur 23 is een 3D camera weergegeven.



Figuur 23: 3D camera (Sick, 2016)

3.3.5 Zeef

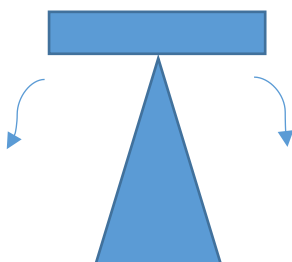
Door de objecten door een reeks vormen te laten vallen is het mogelijk om objecten te herkennen op basis van afmetingen. De grootste voorwerpen kunnen niet door de kleinste vorm en blijven daar achter. De kleinste kunnen door alle vormen en zullen als laatste overblijven. Elk voorwerp dat op deze manier 'herkend' wordt heeft een eigen unieke 'zeef'. Indien er gewisseld wordt van de te sorteren objecten worden de zeefplaten ook gewisseld. Er moet bij deze vorm van herkennen rekening gehouden worden met ombouwtijd. In figuur 24 een afbeelding van vormherkenning.



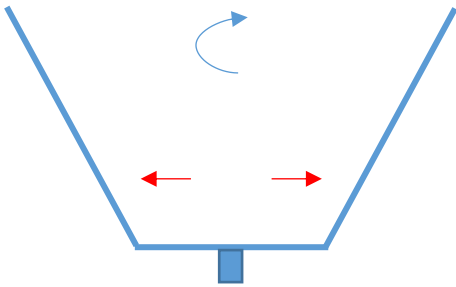
Figuur 24: Herkenning op vorm (3 Vosjes, 2016)

3.3.6 Tripper

Net als bij het wegen van bestek wordt bij het principe van de tripper, figuur 25, gebruik gemaakt van verschil in zwaartepunt van de bestekstukken. Door het verschil in zwaartepunt kan een bestekstuk worden geïdentificeerd. De tripper wordt ingesteld voor een specifiek bestektype. Bij het 'herkennen' van dit type zal de tripper omklappen en het bestekstuk direct sorteren. Voor dit principe geldt dat het zwaartepunt van de bestektypen moeten verschillen.



Figuur 25: Tripper



Figuur 26: Doorsnede centrifuge met schuine wand

3.3.7 Centrifuge

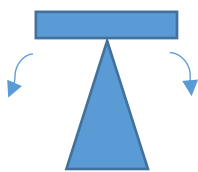
De centrifuge 'herkent' bestek op basis van de massa. Door de verschillende massa's van de bestekstukken van verschillende bestektypen en variatie in draaisnelheid van de centrifuge worden de bestekstukken in batches met de zelfde massa over de rand van een centrifuge met schuine wanden geslingerd, zie figuur 26.

3.4 Scheiden

Het tweede aspect van het sorteren van de bestekstukken is het verplaatsen van de bestekstukken naar de opvangbakjes, het scheiden. De bestekstukken zijn herkend door een herkenningsmechanisme en op basis van de identificatie van een bestekstuk kan het worden verplaatst naar een opvangbakje. Dit is schematisch weer gegeven in figuur 27.



Figuur 27: Sorteren bestekstukken



Figuur 28: Tripper

3.4.1 Tripper

De tripper, figuur 28, maakt gebruik van het verschil in zwaartepunt van de typen bestek. Een tripper klappt om bij het 'herkennen' van een bepaald bestektype. Door meerdere trippers achter elkaar te plaatsen is het mogelijk om meerdere bestektypen te herkennen.

3.4.2 Robot met grijper

Om het herkende bestekstuk in een bakje te plaatsen kan voor de verplaatsing gebruik gemaakt worden van een robot.

Een bestekstuk blijft niet uit zichzelf aan de robot hangen, en daarvoor is een end of arm tool nodig. Uit testen bij een proof of principle in 2015 is gebleken dat een grijper het gewenste resultaat geeft voor het oppakken van bestekstukken (Boot, Raad, & Kunst, 2016).

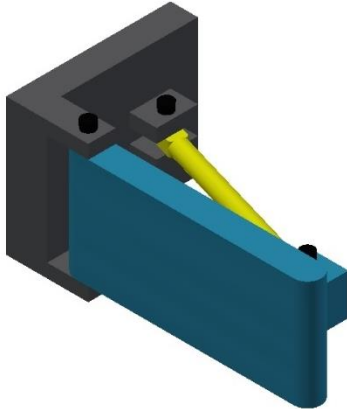
De robot met de grijper pakt het bestekstuk op en werpt het bestekstuk af in het daarvoor bedoelde bakje. In figuur 29 een afbeelding van een grijper aan een robot.



Figuur 29: Robot met grijper

3.4.3 Pusher

Met een pusher, figuur 30, kan op een van de uiteinden van het bestek een impuls worden gegeven zodat het bestek van richting verandert. Het bestek wordt vervolgens door een goot naar een opvangbakje geleid, waarbij de oriëntatie van het bestek gelijk is.



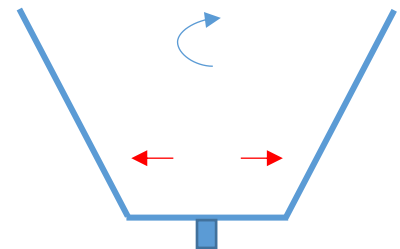
Figuur 30: Pusher

Door een kracht uit te oefenen op de zwaarste kant van een bestekstuk zal het van richting veranderen. Het bestekstuk heeft een snelheid loodrecht op de afwerprichting. Door de pusher wordt een kracht uitgeoefend anders dan de bewegingsrichting. Hierdoor wordt de beweging van het bestekstuk veranderd in de richting van het afwerpstation.

Omdat het bestek in twee oriëntaties aan kan komen zijn er twee pushers nodig per afwerp station.

3.4.4 Centrifuge

De centrifuge scheidt de bestekstukken door de draaisnelheid te variëren. Door de schuine wanden van de centrifuge, figuur 31, kan de middelpuntvliedende kracht worden opgedeeld in een component evenwijdig aan de wand en een component loodrecht op de wand. Als de component evenwijdig aan de wand groter is dan de kracht die de zwaartekracht uitoefent op het bestekstuk, dan zal het bestekstuk langs de wand omhoog bewegen. De diameter van de wand wordt naarmate het bestekstuk omhoog beweegt groter en daardoor zal ook de middelpuntvliedende kracht op het bestekstuk toenemen. Het bestekstuk zal door de kracht over de rand worden geslingerd.



Figuur 31: Centrifuge met schuine wand

3.5 Normenonderzoek

Een mechanisch apparaat moet aan verschillende normen voldoen. Omdat het bestek in contact komt met voedsel wat mensen opeten, mag het bestek na het wassen niet verontreinigd worden. Daarnaast moet een machine veilig zijn voor de gebruiker. De normen die van toepassing zijn op een machine die bestek sorteert staan in tabel 1.

Norm:	Heeft betrekking op:
EN 547-1996+A1:2008 Deel 1 t/m 3	Veiligheid van machines – Menselijke lichaamsafmetingen
EN 547-1996+A1:2008 Deel 4	Veiligheid van machines - Tweehandenbediening
EN 614-2000+A1:2008 Deel 2	Veiligheid van machines – Ergonomische ontwerpprincipes
EN 617:2001+A1:2010	Transporteurs – Veiligheids- en EMC-eisen voor installaties voor opslag van stortgoed in silo's, bunkers, voorraadbakken en trechters
EN 620:2002+A1:2010	Stuk- en stortgoedtransporteurs - Veiligheids- en EMC-eisen voor vast opgestelde bandtransporteurs voor stortgoed
Arbowet	Arbeidsomstandigheden

Tabel 1: Normen

Uit de normen zijn de belangrijkste punten gehaald die toegepast moeten worden voor het ontwerpen van een besteksorteermachine. De veiligheid van de gebruiker moet gewaarborgd worden. Daarnaast is het belangrijk dat er rekening wordt gehouden met de ergonomie. Bij gebruik van bandtransporteurs is het noodzakelijk dat knelgevaar voorkomen wordt.

In de Arbeidsomstandighedenwet staat opgenomen dat bewegingen die zich in minder dan 90 seconden herhalen en langer duren dan één uur zo veel mogelijk voorkomen moeten worden. Daarnaast staat er in de Arbowet dat de geluidsbelasting voor een werknemer maximaal 80 dB(A) mag zijn. Boven deze grens moeten er maatregelen genomen worden om de geluidsbelasting te beperken.

Uit de normen kunnen de volgende eisen worden opgesteld voor het pakket van eisen:

- De besteksorteermachine moet veilig zijn
- De besteksorteermachine moet zo stil mogelijk zijn
- Ergonomisch verantwoord

3.6 Patentenonderzoek

Bij het kijken naar bestaande oplossingen is er gekeken welke patenten er zijn op het gebied van bestek sorteren. In tabel 2 staan de patenten opgesomd.

Patent naam	Patentnummer
Tableware sorter	US3325005 A
Apparatus for sorting cutlery	US4750621 A
Flatware separation apparatus	US4954250 A

Tabel 2: Patenten bestek sorteren

De tableware sorter, gepatenteerd in 1967, is bedoeld voor gebruik op schepen. Er wordt in het patent uitgelegd dat de machine zowel bestekstukken als ander tafelgerei kan sorteren. De machine kan borden, bekers, messen, vorken en lepels scheiden. Dit wordt geheel op mechanische wijze gedaan op basis van de afmetingen van de te sorteren objecten.

Het apparatus for sorting cutlery, waarvoor het patent in 1988 is toegekend, maakt gebruik van de laatste stand van de techniek, maar dan wel die van 1988. De hedendaagse technieken zijn verder gevorderd en betrouwbaarder. Er wordt in dit patent voor de herkenning gebruik gemaakt van een lijnscanner, gecombineerd met een encoder voor de snelheid van de band. Met een computer wordt een compleet beeld gegenereerd van de lijntjes die door de lijnscanner zijn gemaakt. Omdat het oppervlak van een lepel gekromd is, wordt het laserlicht van de lijnscanner diffuus teruggekaatst. Dit kan het lastig maken om een betrouwbare meting te krijgen.

Flatware separating apparatus, gepatenteerd in 1990, maakt gebruik van vloeistof om het bestek te sorteren. Dit verhoogt het risico op verontreiniging van het bestek als het uit de besteksorteermachine komt. Het bestek komt in aanraking met voedsel en kan daardoor bij verontreiniging gevolgen hebben voor de gezondheid van de gebruiker.

Afweging:

- De Tableware sorter is volledig mechanisch, wat betekent dat het voor elke besteksoort, doordat deze andere afmetingen hebben, ingesteld moet worden.
- Het apparatus for sorting cutlery is op het gebied van de gebruikte techniek verouderd.
- Het patent van de flatware separating apparatus kan niet gebruikt worden voor het ontwerpen van een bestek sorteer machine omdat de bestekstukken vervuild kunnen raken door de vloeistof.

De eisen die naar aanleiding van het patentenonderzoek opgesteld kunnen worden zijn:

- Geschikt voor meerdere besteksoorten
- Bestekstukken komen onvervuild uit machine

3.7 Concurrentieonderzoek

Uit het concurrentieonderzoek, zie bijlage 2, is naar voren gekomen dat er twee besteksorteermachines op de markt zijn. Deze machines, de ACS 400 van Wexiödisk en de ABS 7000 van Brimato, zijn beide gebaseerd op dezelfde principes. Ze maken beide gebruik van een magneetband om het bestek te verenken, een 2D camera systeem voor het herkennen van de bestekstukken en flippers voor het scheiden. De magneetband die gebruikt wordt voor het scheiden van bestek heeft als gevolg dat alleen bestek dat door een magneet aangetrokken wordt gesorteerd kan worden. Niet alle bestek is magnetisch, zie bijlage 1. Hieruit wordt als eis gesteld dat geen gebruik gemaakt kan worden van magnetisme voor het verenken, herkennen of scheiden.

3.8 Pakket van eisen en wensen

Aan een machine die bestek sorteert worden eisen gesteld. Vanuit het steady state model in hoofdstuk 2, het normenonderzoek, het patentenonderzoek en het concurrentieonderzoek zijn de volgende eisen en wensen opgesteld voor het automatisch sorteren van bestek:

Eisen:

- Er moet geen menselijke tussenkomst zijn bij het sorteren van het bestek.
- Er moeten 15 bestektypen herkend kunnen worden.
- Bestekstukken komen in gelijke oriëntatie uit de machine in opvangbakken per bestektype.
- De machine maakt gewassen bestekstukken niet vies.
- Geen magnetisme gebruiken als manier voor verenken, herkennen of scheiden.

Omdat er bij het ontwerp nog geen rekening wordt gehouden met bediening vervalt de eis van ergonomisch verantwoord.

Wensen:

- De besteksorteermachine is zo veilig mogelijk
- De bestek sorteer machine sorteert zo betrouwbaar mogelijk
- De besteksorteermachine kan meerdere besteksoorten sorteren. Hoe meer verschillende besteksoorten er gesorteerd kunnen worden met de machine hoe beter.
- Zo min mogelijk insteltijd bij wisselen besteksoort
- De besteksorteermachine is zo klein mogelijk. Hierbij geldt: hoe kleiner hoe beter.
- De besteksorteermachine is zo robuust mogelijk
- De besteksorteermachine heeft een zo lang mogelijke levensduur
- De besteksorteermachine is zo goedkoop mogelijk.
- De besteksorteermachine is zo stil mogelijk.
- De onderdelen van de besteksorteermachine zijn zo makkelijk mogelijk te vervangen.
- De besteksorteermachine heeft zo min mogelijk onderhoud nodig.

3.9 Randvoorwaarden

De randvoorwaarden voor de invoer van de te ontwerpen besteksorteermachine zijn dat:

- Het bestek schoon is
- Het bestek droog is

3.10 Morfologisch overzicht

Uit de deeloplossingen zijn concepten samengesteld met behulp van het morfologisch overzicht in figuur 33. De concepten zijn ontstaan door voor componenten te kiezen die met elkaar te combineren zijn en waarvan verwacht wordt dat het totale concept werkt. Zo zijn de volgende opties afgevallen of meegenomen, aangegeven met een vinkje, om de volgende redenen:

Verenkelen:

- ☐ Transportbanden: neemt te veel ruimte in en is te hoog.
- ☐ Bewegende trap: bestek rolt niet en komt uit zichzelf niet op de volgende trede (Sormac, 2016).
- ☒ Trilgoot: in elkaar gehaakt bestek wordt uit elkaar geforceerd door de trilling en verenkeld.
- ☒ Werkt bij andere in elkaar gehaakte voorwerpen (Anyfeeder, 2016).
- ☒ Hopper: in elkaar gehaakt bestek wordt uit elkaar geforceerd door de impact van de val en uit elkaar bewogen door verschil in snelheid. Lijkt uitvoerbaar (Akella, 2004).
- ☐ Wig: in elkaar gehaakte vorken moeten recht op de punt vallen om succesvol verenkeld te worden. Risico op falen is hoog.
- ☐ Zeef: veel verschillende zeven nodig om meerdere besteksoorten te kunnen sorteren. Dit lijkt inefficiënt.
- ☐ Borstel: uit eigen testen gebleken dat dit niet werkt.
- ☒ Zie figuur 32, waarop het eindresultaat te zien is.
- ☒ Centrifuge: op basis van de theorie dat door een schuine wand een opwaartse kracht kan worden gegenereerd door de centrifugale kracht. Theoretisch zou dit kunnen werken.



Figuur 32: Resultaat borsteltest

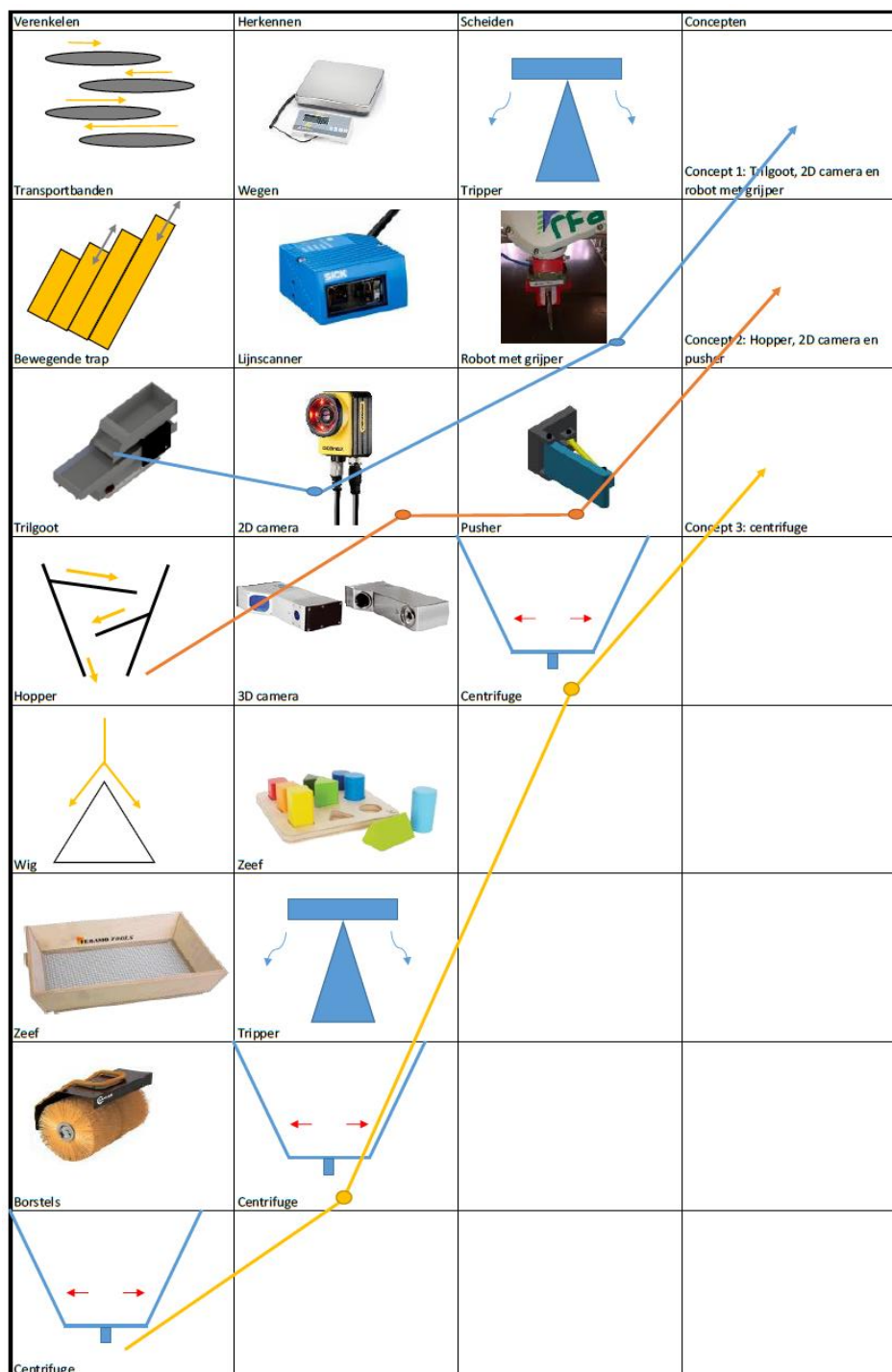
Herkennen:

- ☐ Wegen: te hoge complexiteit om uit te voeren (High accuracy in motion checkweigher, 2016).
- ☐ Lijnscanner: onvoldoende betrouwbaar, zoals aangegeven in patentenonderzoek.
- ☒ 2D camera: betrouwbaar indien gebruikt met juiste lichtbron. Dit is getest bij Isotron in Den Bosch, zie bijlage 4.
- ☐ 3D camera: overgekwalificeerd vanwege hoogtemeting. Daardoor te duur voor de uit te voeren functie in een besteksorteermachine (Sick, 2016).
- ☐ Zeef: veel verschillende zeven nodig om meerdere besteksoorten te kunnen sorteren. Dit lijkt inefficiënt.
- ☐ Tripper: technisch te hoge complexiteit om bestek óver één of meerdere trippers te laten verplaatsen. Hiermee vervalt deze optie.
- ☒ Centrifuge: Door variatie in snelheid kunnen verschillende massa's 'herkend' worden. Theoretisch zou dit kunnen werken.

Scheiden:

- ☐ Tripper: technisch te hoge complexiteit om bestek óver één of meerdere trippers te laten verplaatsen. Hiermee vervalt deze optie.
- ☒ Robot met gripper: uit eigen test is gebleken dat dit mogelijk is. Zie bijlage 9.
- ☒ Pusher: wordt in bestaande besteksorteermachines gebruikt en voldoet.
- ☒ Centrifuge: Door variatie in snelheid kunnen verschillende massa's gescheiden worden. Theoretisch zou dit kunnen werken.

Op basis van bovenstaande afwegingen zijn drie concepten samengesteld. Deze concepten zijn in het volgende hoofdstuk verder uitgewerkt.



Figuur 33: Morfologisch overzicht

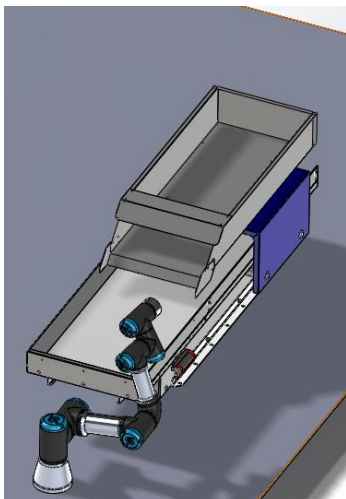
4. Concepten

Uit de gevonden methodes om te verenken, te herkennen en te sorteren zijn drie concepten samengesteld met behulp van een morfologisch overzicht zoals in het voorgaande hoofdstuk is beschreven. Het eerste concept maakt gebruik van trillingen om te verenken, vormherkenning om de bestekstukken te identificeren en een robot met een gripper om het bestek te sorteren. Het tweede concept heeft een hopper om te verenken, vormherkenning voor identificatie en pushers voor het sorteren. Het derde concept maakt gebruik van een centrifugeprincipe voor het verenken, het identificeren en het sorteren.

4.1 Concept 1: “Shaker”

Het eerste concept gebruikt een trilmechanisme om de bestekstukken te verenken. In de bovenste bak worden de bestekstukken uit de bestekdroger opgevangen. Vanuit de bovenste bak worden bestekstukken in de onderste bak geschud. In de onderste bak valt een aantal bestekstukken. Deze kunnen nu nog over elkaar liggen en in elkaar gehaakt zijn. Vervolgens zal de onderste bak schudden totdat de 2D camera die boven de bak hangt één of meerdere bestekstukken herkent. De kracht van het schudden zorgt ervoor dat de in elkaar gehaakte en over elkaar liggende bestekstukken uit elkaar gaan. Om de herkenning voor de 2D camera mogelijk te maken is er onderzoek gedaan naar verlichting. Het is een uitdaging om met reflecterende, glimmende voorwerpen een bruikbaar beeld te genereren. Uit het verlichtingsonderzoek, zie hiervoor bijlage 4, is geconcludeerd dat verlichting door middel van een backlight het beste resultaat geeft. Daarom is in de onderste trillende bak de verlichting ingebouwd in de bodem. De verlichting zit onder een licht doorlatende plaat. Het beeld dat van de bestekstukken verkregen wordt is een negatief in donker en licht, waarbij het donkere vlak het gedeelte is waar het licht niet door het bestek heen kan. Dit beeld wordt vergeleken met het door de computer voorgeprogrammeerde beeld van de bestektypen waarna bij een match een x en y coördinaat van het bestekstuk aan de robot wordt doorgegeven. Het hoogte-coördinaat is een vaste waarde omdat de hoogte van de onderste bak bekend is. De robot pakt met de gripper op de doorgegeven coördinaten de herkende bestekstukken op en legt deze in bakjes van hetzelfde bestektype. Door een intrinsiek veilige robot (Jaswanth, 2016) te gebruiken is het niet nodig om een

veiligheidsscherm rond de machine en robot te zetten omdat de robot bij een ingestelde weerstand automatisch stopt. In figuur 34 is een afbeelding te zien van een trilgoot en een robot.



Figuur 34: Concept Shaker samengesteld op basis van bestaande onderdelen van Anyfeeder (2016) en Grabcad (2016)

Overzicht van de componenten in het eerste concept:

- Dubbel trilmechanisme om te verenkelen. De bovenste is een buffer om het bestek uit de bestekdroger te verzamelen, de onderste is om te verenkelen en te ondersteunen bij het herkennen.
- Een 2D camera in combinatie met backlight om de bestekstukken te herkennen. De keuze van de backlight verlichting komt uit het verlichtingsonderzoek.
- Door middel van een intrinsiek veilige robot met een grijper worden de bestekstukken vanuit de trilmachine in een bakje geplaatst.

Op basis van deze componenten zijn de kosten, te vinden in tabel 3, voor dit concept geschat op:

Component	Kosten
Trilbak	€ 20.000
Robot	€ 20.000
Verlichting	€ 5.000
2D camera	€ 6.000
Grijper	€ 500
Totaal	€ 51.500

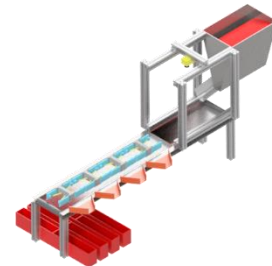
Tabel 3: Kostencalculatie concept Shaker

De snelheid van sorteren wordt bij dit concept bepaald door de snelheid van het verenkelen door het trilmechanisme. Deze snelheid is niet in te stellen en daarom heeft dit concept redelijk vaste snelheid.

4.2 Concept 2: “Roller”

Het tweede concept, weergegeven in figuur 35, heeft voor het verenken een hopper. De bestekstukken gaan via een trechter waarin platen zitten die in oplopende volgorde een steilere hoek krijgen. Door de impact van de val op de plaat worden de bestekstukken die in elkaar gehaakt zitten uit elkaar gehaald. De steiler wordende hoeken zorgen er voor dat de bestekstukken een steeds grotere snelheid krijgen waardoor de bestekstukken een afstand krijgen ten opzichte van elkaar.

Via een glijgoot vallen de bestekstukken op een licht doorlatende transportband. De transportband is aan het concept toegevoegd om de bestekstukken van de hopper naar flippers te transporteren. De bestekstukken kunnen in twee oriëntaties uit de goot op de transportband komen: met het handvat vooruit of met het handvat naar achteren. Onder het eerste deel van de transportband zit verlichting ingebouwd. Dit is om het bestek goed en betrouwbaar te kunnen herkennen. Dit is gebleken uit het verlichtingsonderzoek beschreven in bijlage 4. De transportband leidt de bestekstukken onder een 2D camera door. De 2D camera herkent het bestekstuk door te vergelijken met vooraf geprogrammeerde beelden van de besteksoorten en typen. Door een mechanische verdeler worden de bestekstukken naar een van beide zijden van de transportband verplaatst. Met een dubbele rij flippers, gericht naar de zijkanten van de transportband, worden de bestekstukken gesorteerd. Via een goot vallen de bestekstukken in een opvangbakje. Per opvangbakje zijn er twee flippers om het bestek af te werpen. Dit is omdat het bestek zowel met het handvat eerst als met het handvat laatst kan aankomen, zie figuur 36.



Figuur 35: Roller concept



Figuur 36: Mogelijkheden oriëntatie bestekstuk

De kosten van de componenten zijn in tabel 4 opgesomd. Bij deze ruwe kostencalculatie is alleen rekening gehouden met de kosten van de componenten. De kosten voor het programmeren en de installatie zijn hierin nog niet meegenomen.

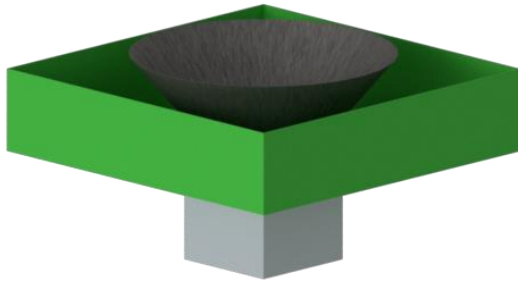
Component	Kosten
Hopper en goot	€ 500
Transportband met backlight	€ 15.000
Verdeler	€ 2.000
Pushers + goot	€ 12.000
2D camera + frame	€ 7.000
Totaal	€ 36.500

Tabel 4: Kostencalculatie concept Roller

De snelheid van dit concept wordt bepaald door de toevoer van bestekstukken in de hopper of door de snelheid waarmee de 2D camera de beelden kan verwerken. Dit houdt in dat de snelheid van sorteren ingesteld kan worden door de inkomende stroom van bestek groter of kleiner te maken.

4.3 Concept 3 “Turner”

Verenkelen, herkennen en sorteren op basis van massa.



Figuur 37: Turner concept

Volgens de tweede wet van Newton is $F=m \cdot a$. De kracht F is gelijk aan de massa maal de versnelling. Newton zegt ook dat $a=v^2/r$ voor een draaiende massa, bijvoorbeeld voor een centrifuge. Door substitutie in de eerste formule wordt gevonden: $F=m \cdot v^2/r$

Middelpuntvliedende kracht:

$$F=m \cdot \omega^2 \cdot r$$

Door de hoek van de wand van de draaiende trommel zal het bestek door de centrifugaal kracht een component in de verticale richting krijgen waardoor het bestek omhoog zal bewegen als deze component groter is dan de component van de zwaartekracht. Uiteindelijk zal het bestek helemaal bovenaan de trommel komen en over de rand worden geslingerd. In figuur 37 is een model weergegeven van concept Turner.

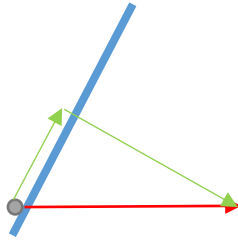
De kosten voor dit concept zijn in tabel 5 te vinden.

Component	Kosten
Elektromotor en reductiekast	€ 1.500
Opvangbak	€ 500
Frequentieregelaar	€ 800
Centrifugebak	€ 1.000
Totaal	€ 3.800

Tabel 5: Kostenberekening concept Turner

Voorwaarde voor het gebruik van deze manier van verenkelen en sorteren is dat het bestek per type een gelijke massa heeft en er weinig afwijking in gewicht is binnen een type. Daarnaast mogen twee typen bestek geen gelijke massa hebben.

De wand van de centrifuge staat onder een hoek met het platte vlak en door de centrifugale kracht zal het bestek omhoog worden geduwd.



Figuur 38:
Krachtendiagram
centrifuge

De blauwe lijn vertegenwoordigt de wand van de centrifuge. De rode pijl geeft de middelpuntvliedende kracht aan. Door de schuine wand is deze op te delen in twee vectoren: een vector loodrecht op de wand en een vector evenwijdig aan de wand. Als de kracht evenwijdig aan de wand sterker is dan de zwaartekracht en de wrijvingskracht kan uitoefenen op het stuk bestek, dan zal het stuk bestek een beweging maken langs de wand van de trommel. Doordat de diameter groter wordt naarmate het stuk bestek omhoog beweegt, zal het stuk bestek over de rand vallen.

5. Conceptkeuze

De conceptkeuze wordt gedaan door het toepassen van de Kesselring methode. Alle concepten voldoen aan de eisen. Op basis van de wensen kan een keuze gemaakt worden voor het beste concept. De wensen voor fabricage en functionaliteit uit het pakket van eisen en wensen is uitgezet in een diagram. Het concept dat het dichtste bij de middenlijn ligt en het dichtste bij de 100% zit is volgens deze methode het beste concept. Om tot de scores te komen worden de wensen tegen elkaar afgewogen om tot een weegfactor te komen. Vervolgens worden de eisen gescoord door middel van de, deels ook geschatte, eigenschappen van de concepten. De scores voor de eigenschappen zijn in een tabel vastgelegd om de uitslag zo objectief mogelijk te maken.

Allereerst worden de wensen voor fabricage gescoord. Omdat niet alle wensen even belangrijk zijn worden ze met elkaar vergeleken om tot een weegfactor te komen. Aan de hand van deze vergelijking worden de weegfactoren bepaald in tabel 6. In tabel 7 zijn de te scoren punten uitgezet voor de eigenschappen die de wens kan hebben. Door de weegfactoren te vermenigvuldigen met de behaalde punten wordt een eindscore per wens verkregen. De optelsom van deze eindscores is de totaalscore van het concept. Door dit uit te drukken in een percentage van het totaal aantal punten wordt het duidelijk in hoeverre de concepten voldoen aan de wensen.

Criterium	Kosten	Complexiteit	Assemblage	Robuustheid	Onderhoud	Levensduur	Weegfactor
Kosten	1	0	0	0	0	0	1
Complexiteit	1	1	1	0	0	0	3
Assemblage	1	0	1	0	0	1	3
Robuust	1	1	1	1	0	0	4
Onderhoud	1	1	1	1	1	0	5
Levensduur	1	1	0	1	1	1	5

Tabel 6: Bepaling weegfactoren fabricage

Criterium	1 punt	3 punten	5 punten
Kosten	>€50.000	€30.001-€50.000	<€30.000
Complexiteit	Complex	Moeilijk	Simpel
Assemblage	Moeilijk	Gemiddeld	Simpel
Robuust	Niet robuust	Een beetje robuust	Heel robuust
Onderhoud	Veel onderhoud	Gemiddeld onderhoud	Weinig onderhoud
Levensduur	<5 jaar	5-7 jaar	>7 jaar

Tabel 7: Scorecriteria fabricage

De weegfactoren voor de fabricage in tabel 6 zijn bepaald door te bepalen welk criterium het belangrijkste is. Als het criterium op de horizontale as belangrijker is dan het criterium op de verticale as, dan wordt aan dit criterium de score 1 gegeven. Uiteindelijk worden de scores bij elkaar opgeteld. Het belangrijkste criterium krijgt de hoogste score, de minst belangrijke de laagste score. Aan de hand van deze scores worden de weegfactoren gegeven zoals te zien is in tabel 6.

De concepten zijn in tabel 8 met een score beoordeeld. Naast de criteria staan tussen haakjes de weegfactoren die bepaald zijn in tabel 6. De scores die gegeven worden zijn 1, 3 en 5 op basis van eigenschappen van het concept. In tabel 7 zijn de voorwaarden vastgesteld voor de te geven waarderingen. Naast de waardering staat tussen haakjes de waardering vermenigvuldigd met de weegfactor. De totaalscore van het concept is weer gegeven als percentage van de maximaal te behalen score.

Criterium	Concept Shaker	Concept Roller	Concept Turner
Kosten (1)	1(1)	3(3)	5(5)
Complexiteit (3)	3(9)	5(15)	5(15)
Assemblage (3)	3(9)	3(9)	5(15)
Robuust (4)	3(12)	3(12)	3(12)
Onderhoud (5)	1(5)	3(15)	3(15)
Levensduur (5)	3(15)	5(25)	1(5)
Totaal:	51 (49%)	79 (75%)	67 (64%)

Tabel 8: Score concepten fabricage

Naast de beoordeling op fabricage worden de concepten ook beoordeeld op de functionaliteit. De functionele wensen zijn in tabel 9 tegen elkaar afgewogen om tot een weegfactor te komen per wens.

Criterium	Inzetbaarheid	Veiligheid	Betrouwbaarheid	Sorteersnelheid	Afmetingen	Geluid	Weeg factor
Inzetbaarheid	1	1	1	1	1	1	6
Veiligheid	0	1	0	1	1	1	4
Betrouwbaarheid	0	1	1	1	1	1	5
Sorteersnelheid	0	0	0	1	1	0	2
Afmetingen	0	0	0	0	1	1	2
Geluid	0	0	0	1	0	1	2

Tabel 9: Weegfactoren bepaling functionaliteit

Criterium	1 punt	3 punten	5 punten
Inzetbaarheid	Gelimiteerd aantal besteksoorten		Alle besteksoorten
Veiligheid	Laag	Gemiddeld	Hoog
Betrouwbaarheid	<80%	80-90%	>90%
Sorteersnelheid	Laag	Vaste snelheid	Hoog
Afmetingen	> 4 m ²	2-4 m ²	< 2 m ²
Stil	Bestekstukken komen vaker dan 3 keer tegen elkaar		Bestekstukken komen minder dan 3 keer tegen elkaar

Tabel 10: Scorecriteria functionaliteit

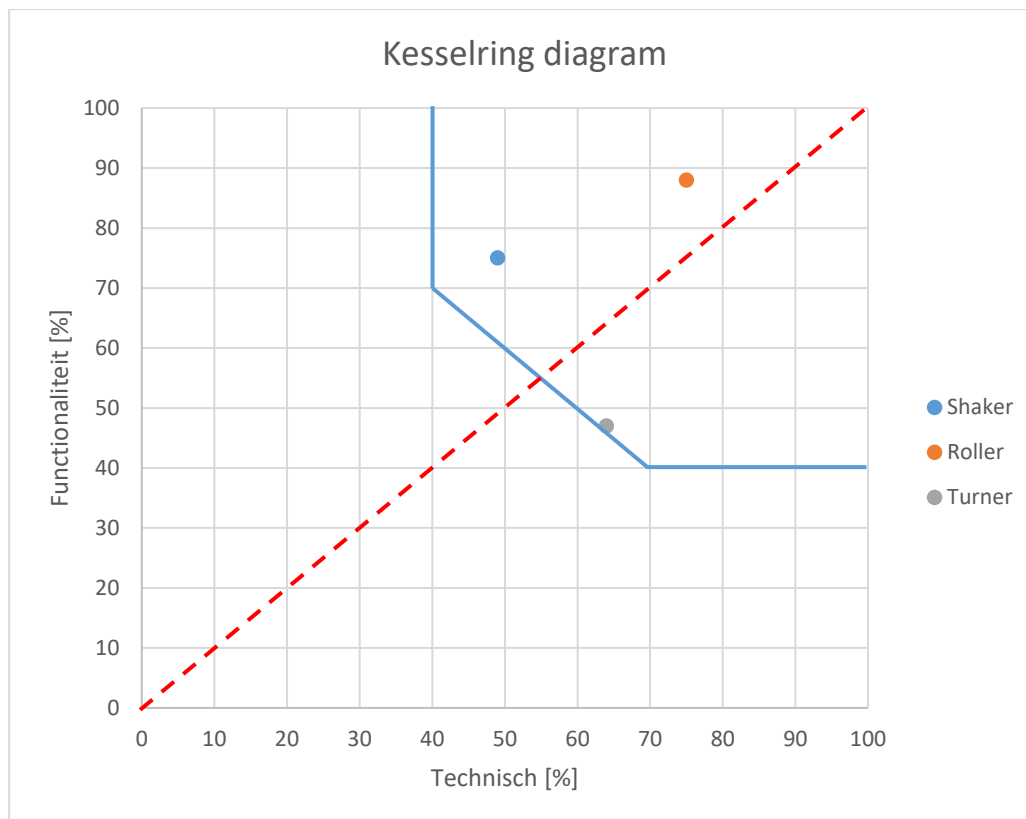
In tabel 10 zijn de te behalen punten per criterium vastgesteld voor de functionaliteit van de concepten. Inzetbaarheid is vertaald naar het aantal besteksoorten wat gesorteerd kan worden. Sommige verenk-, herken- en scheidingsmethoden werken alleen onder bepaalde condities. Dat maakt dat niet alle besteksoorten hiermee gesorteerd kunnen worden. Bij veiligheid is gekeken welk concept het meest veilig is en welke het minst veilig is. Hierbij is rekening gehouden met knel en snijgevaar. Hierbij is het Shaker concept het veiligste, wanneer gebruik gemaakt wordt van een intrinsiek veilige robot. Dit is een robot die bij het voelen van een ingestelde weerstand automatisch stopt met de beweging.

In tabel 11 zijn alle scores voor de functionaliteit uitgezet en vermenigvuldigd met de weegfactor.

Criterium	Concept Shaker	Concept Roller	Concept Turner
Inzetbaarheid (6)	5(30)	5(30)	1(6)
Veiligheid (4)	5(20)	3(12)	5(20)
Betrouwbaarheid (5)	3(15)	5(25)	1(5)
Sorteersnelheid (2)	3(6)	5(10)	3(6)
Afmetingen (2)	3(6)	3(6)	5(10)
Stil (2)	1(2)	5(10)	1(2)
Totaal:	79 (75%)	92 (88%)	49 (47%)

Tabel 11: Score concepten functionaliteit

De resultaten uit de beide scoretabellen hiervoor zijn in een Kesselring diagram uitgezet. Hoe dichterbij het concept bij de lijn en hoe verder richting de rechterbovenhoek van het diagram hoe beter het concept is.



Figuur 39: Kesselring diagram

In het Kesselring diagram van figuur 39 is de blauwe markering concept 1, de oranje markering concept 2 en de grijze markering concept 3. Alle concepten scoren voldoende punten om in de blauw afgebakende zone te vallen. Deze zone geeft aan dat een concept voldoende voldoet aan de eisen en wensen. Hierbij moet een concept minimaal voor 40% voldoen aan de technische en functionele eisen en wensen en gemiddeld minimaal 55% scoren voor beide criteria.

Uit de tabel is af te lezen dat het Roller concept de beste score heeft behaald volgens de Kesselring methode.

6. Testen

In hoofdstuk 5, conceptkeuze, is het Roller concept als beste uitgekomen op basis van de Kesselring methode. In het hoofdstuk detaillering worden testen van delen van het concept beschreven als bewijs dat het hele concept werkt. Van alle concepten is één of meerdere onderdelen als test uitgevoerd om de conceptkeuze te ondersteunen. Van het Shaker concept is de robot met de grijper getest op betrouwbaarheid. Voor zowel het Shaker concept als het Roller concept is er getest welke 2D camera voldoet en met welke verlichting dit het beste resultaat geeft. Voor het Turner concept is een weegtest gedaan van bestekstukken in een bestektype van verschillende besteksoorten.

De beschrijving van de testen is beschreven in bijlagen 4, 7, 8 en 9. Om te komen tot een volgende stap in het ontwerpproces is gebruik gemaakt van de uitkomsten van de testen:

- ➔ Het gebruiken van rode backlight verlichting geeft het beste resultaat voor het herkennen van bestektypen met een 2D camera.
- ➔ De weegtest laat zien dat door overlap in massa tussen bestektypen het niet mogelijk is om op basis van massa bestekstukken te herkennen.
- ➔ Een hopper kan in elkaar gehaakte bestekstukken verenken.
- ➔ De geteste grijper, met kussentjes op de bekjes, zoals te zien is in bijlage 9, kan alle bestekstukken van alle bestektypen oppakken.

Op basis van de uitkomsten van de testen zijn de eisen voor de besteksorteermachine aangescherpt. De eisen die toegevoegd kunnen worden zijn:

- Bij gebruik van een 2D camera moet gebruik gemaakt worden van rode backlight verlichting
- Er kan geen gebruik gemaakt worden van de eigenschap massa van het bestek om te herkennen of sorteren.
- Als een robot met grijper wordt gebruikt, pas de grijper aan zodat het bestek blijft hangen.

Conclusie en aanbevelingen

In deze conclusie is er antwoord gegeven op de verschillende deelvragen en de hoofdvraag. Tot slot zijn er aanbevelingen gedaan richting de opdrachtgever voor de voortzetting van het project.

Deelvraag 1: Welke functies moet een besteksorteermachine kunnen vervullen?

Volgens een systeemkundige benadering zijn de steady-state modellen van de bestaande en gewenste situatie opgesteld. Deze modellen dienen als basis voor de functieanalyse waarin de machine is weergegeven als een zogeheten black box.

Uit de functieanalyse is gebleken dat de sorteermachine het bestek dient te verenken, herkennen en scheiden.

Deelvraag 2: Op welke wijze kunnen de functies van een besteksorteermachine ingevuld worden?

Door de functies te onderzoeken zijn er verschillende functievervullers opgesteld. Deze zijn beoordeeld op haalbaarheid. De haalbare functievervullers zijn hieronder besproken.

De functie van het verenken van het bestek kan ingevuld worden door het gebruik van een hopper of een trilgoot.

Het herkennen van de verschillende bestekstukken is het beste op te lossen door het gebruik van een 2D-camera. Hierbij dient er wel rekening gehouden te worden met het gebruik van rode backlight verlichting om de herkenning betrouwbaar te houden.

Door gebruik te maken van een robotarm of een lopende band met pushers is het bestek te scheiden. De gripper van de robotarm dient in deze situatie voorzien te zijn van kussentjes om het bestek niet te beschadigen.

Deelvraag 3: Aan welke eisen moet een besteksorteermachine voldoen?

De besteksorteermachine dient aan de nationale regel- en wetgeving op het gebied van veiligheid en arbeidsomstandigheden te voldoen. Hiernaast mogen er geen gepatenteerde systemen binnen de machine gebruikt worden.

De belangrijkste eisen zijn opgesteld in overleg met de opdrachtgever. Deze eisen zijn;

- Er is geen menselijke tussenkomst bij het sorteren van het bestek;
- De machine moet vijftien bestektypen herkennen;
- Bestekstukken komen in gelijke oriëntatie en per bestektype uit de machine in de opvangbakken;
- De machine maakt de gewassen bestekstukken niet vies.
- Er mag geen gebruik gemaakt van magnetisme om te verenken, herkennen of scheiden.

Hoofdvraag: Ontwerp een machine voor het sorteren van bestek.

De opdracht van het ontwerpen van een machine voor het sorteren van bestek is binnen de verwachtingen en op basis van de casus van het verhuurbedrijf 't Hekeltje afgerond.

Aan de hand van de uitkomsten van de geformuleerde deelvragen zijn drie concepten samengesteld voor een besteksorteermachine. De concepten zijn op functionaliteit en fabricage getoetst door middel van de Kesselring methode. Hieruit is als beste concept een besteksorteermachine gekomen met een hopper om te verenken, een 2D camera om te herkennen en pushers voor het scheiden van bestekstukken. Aan de hand van deelttesten is gevalideerd dat dit concept werkt.

Het onderzoek heeft geleid tot een theoretisch ontwerp van een besteksorteermachine. Voor het vervolg van het onderzoek zal eerst dit theoretische ontwerp als praktische opstelling moeten worden getest. Dit is in deze fase en afstudeeropdracht niet gelukt vanwege de kosten die daar mee zijn gemoeid.

Verwijzingen

- (2016, December 7). Opgehaald van Directindustry: http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/894-7677853.jpg
- 3 Vosjes. (2016, December 2). *Kleuren en vormenpuzzel*. Opgehaald van 3 Vosjes: <http://www.3vosjes.nl/kleuren-en-vormenpuzzel-hape.html>
- Adept Anyfeeder. (2016, September 22). Opgehaald van Adept: <https://www.adept.de/produkte/zufuehrloesungen/anyfeeder/anyfeeder-sx340/allgemeines>
- AK Steel. (2016, Oktober 12). *316_316l_data_sheet*. Opgehaald van AK Steel: https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwit-5rcseHPAhUGOxoKHbDIB3kQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.aksteel.com%2Fpdf%2Fmarkets_products%2Fstainless%2Faustenitic%2F316_316l_data_sheet.pdf&usg=AFQjCNGcqb8auYYYZfS
- Akella, V. (2004). *Silverware singulating system*. Hyderabad, A.P., India: Osmania University.
- Anyfeeder. (2016, 10 27). Opgehaald van Adept Cobra i600 and an Adept AnyFeeder - Flexible Feeding: https://www.youtube.com/watch?v=nyQ_J3RjdMk
- Boot, D., Raad, W. v., & Kunst, J. (2016, December 5). *Cutlery Sorter*. Opgehaald van Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=kigQ91HeEEQ>
- Cognex. (2016, September). *Lighting Advisor*. Opgehaald van Cognex: <http://www.cognex.com/ExploreLearn/UsefulTools/LightingAdvisor/>
- High accuracy in motion checkweigher*. (2016, 12 18). Opgehaald van Vandeberg Scales: <http://vbssys.com/>
- Hit-equipment. (2016, september). *Cutlery Sorter Brimato ABS 7000*. Opgehaald van Hit Equipment International: <http://www.hit-equipment.com.au/cutlery-sorter-brimato/>
- Jaswanth. (2016, 11 5). *Universal robot UR3*. Opgehaald van Grabcad: <https://grabcad.com/library/universal-robot-ur3-1>
- Leeuwin. (2016, Oktober 17). *Bestekmaterialen*. Opgehaald van Leeuwin: <http://www.leeuwin.nl/bestekmateriaal.html>
- Lumag veegborstel voor km600*. (2016, December 4). Opgehaald van Matom: <http://www.matom.nl/accessoires-veegmachines/lumag-veegborstel-voor-km600-3km600004-1-99>
- Oskam, I., Cowan, K., Hoiting, L., & Souren, P. (2012). *Ontwerpen van technische innovaties*. Noordhoff Uitgevers B.V.
- Shook, M. R. (2010). *Leren zien* (Versie 1.4 ed.). (R. A. René Aernoudts, Vert.) Driebergen, Nederland: Lean management instituut.

- Sick. (2016, November 30). *IVC-3D41111 / Vision*. Opgehaald van Sick:
<https://www.sick.com/us/en/vision/3d-vision/ivc-3d/ivc-3d41111/p/p148164>
- Sormac. (2016, Oktober 11). *Verenkelaar-PVW-54*. Opgehaald van Sormac:
<http://www.sormac.nl/nl/product/Verenkelaar-PVW-54>
- Statische werkhouding staan*. (2016, 12 4). Opgehaald van Arboportaal:
<https://www.arboportaal.nl/onderwerpen/statische-werkhouding-staan>
- Veld, J. i. (2010). *Analyse van bedrijfsprocessen* (Tiende druk ed.). (M. i. Veld, & B. Slatius, Red.)
Groningen/Houten, Nederland: Noordhoff Uitgevers B.V.
- Wat zijn biologische agentia*. (2016, 12 4). Opgehaald van Arboportaal:
<https://www.arboportaal.nl/onderwerpen/wat-zijn-biologische-agentia>
- Wexiödisk. (2016, September 18). *ACS 400HC Cutlery Sorter*. Opgehaald van Wexiödisk AB:
http://www.wexiodisk.com/uploads/033639cbb6-ac400_eng.pdf

Bijlage 1: Bestek materialen

De materialen waarvan bestek gemaakt wordt zijn INOX 18/10, zilver en plastic.

INOX 18/10 (RVS type 316) bestek

Deze legering van rvs bestaat ten minste uit 18% chroom en 10% nikkel en maximaal 0.1% koolstof. Het is zeer corrosiebestendig en door het hoge percentage nikkel glanst het gemakkelijk. Dit materiaal is niet hardbaar door een warmtebehandeling. Het is relatief gemakkelijk te bewerken door koud vervormen, waarna het echter wel nog een warmtebehandeling nodig heeft om alle interne stress in het materiaal weg te halen. De structuur van rvs 316 is austenitisch door de toevoeging van ongeveer 8% nikkel. In volledig austenitische staat is het materiaal niet magnetisch en goed corrosiebestendig. (AK Steel, 2016)

Zilveren bestek

Zilveren bestek wordt gemaakt van sterling zilver. Omdat puur zilver een zacht materiaal is, wordt er ander metaal aan toegevoegd. Sterling zilver bestaat voor minimaal 92.5% uit zilver en de overige 7.5% uit andere metalen, meestal koper. Hierdoor wordt het sterker. Sterling zilver is te herkennen aan het merkje '925'. Het is ook mogelijk om bestek te maken met een gehalte van 99.9% zilver. Dit bestek is niet zo sterk en zal gemakkelijk buigen. Bestek van sterling zilver is het meest gangbare zilveren bestek.

Verzilverd bestek

Dit bestek lijkt in aanzicht op zilveren bestek. Op een rvs of alpaca stuk bestek is een laag zilver toegevoegd. Dit kan variëren tussen 90 gram zilver op 12 messen en lepels en 200 gram. Hierdoor lijkt het zilver. Het bestek is, doordat de binnenkant gemaakt is van rvs of alpaca, sterker dan zilveren bestek en daardoor als dagelijks bestek te gebruiken. (Leeuwin, 2016)

Kunststof bestek

Voor feesten en partijen wordt veel kunststof bestek gebruikt. Dit wordt na gebruik weggegooid. Kunststof bestek wordt veelal gemaakt van polypropyleen (PP), polystyreen (PS) of het biologisch afbreekbare polyactide/polymelkzuur (PLA). Met het oog op de toekomst wordt plastic bestek meegenomen in het onderzoek. Met de ontwikkelingen op het gebied van materialen is het mogelijk dat binnen een aantal jaren duurzaam bestek gemaakt wordt van kunststof.

In tabel 12 zijn alle eigenschappen opgesomd.

Eigenschappen/ materiaal	INOX 18/10	Sterling zilver	Alpaca, verzilverd	Kunststof
Chemische samenstelling	18% chroom 10% nikkel 0.08% koolstof. Mangaan, Fosfor, Zwavel, Molybdeen, Stikstof en IJzer	92.5% zilver 7.5% koper	60-63% koper 17-19% nikkel rest% zink	Polypropyleen Polystyreen Polyactide
Dichtheid				
Magnetisch	Zwak	Nee		Nee
Overig	Glimt	Glimt	Glimt	Wegwerp bestek

Tabel 12: Materialen bestek (AK Steel, 2016), (Leeuwin, 2016)

Bijlage 2: Bestaande besteksorteermachines

De ACS-400HC, tabel 13 en figuur 40, en de ABS 7000, tabel 14 en figuur 41, zijn bestaande mechanische besteksorteermachines. De input voor deze machine is gereinigd bestek. Om te sorteren maken deze machines gebruik van uitstoters. Deze geven het bestek op het juiste moment een zetje zodat het in de goede oriëntatie in de bakjes valt. Deze machines kunnen maximaal 4 verschillende soorten bestek sorteren: een theelepel, een vork, een lepel en een mes (Wexiödisk, 2016) (Hit-equipment, 2016). Het is mogelijk om tot 30 verschillende programma's van 4 soorten bestek in te voeren. Volgens de productspecificaties is het mogelijk om 3000-7000 stuks bestek per uur te sorteren en te tellen. Het is bij deze machines nog wel nodig om handmatig de volle bakjes met bestek weg te halen en een lege terug te plaatsen.

Specificaties ACS-400HC

Hoogte	1300 mm
Breedte	900 mm
Lengte	2300 mm
Gewicht	350 kg
Energieverbruik	300 W
Stroomvoorziening	230 V / 50-60 Hz
Capaciteit	Tot 5000 stuks per uur
Maximale afmetingen te sorteren bestek	210 mm x 46 mm x 30 mm (LxBxH)
Verenkelmethode	Magneetband
Herkenningsmethode	Vision
Sorteermethode	Flippers
Fabrikant	Wexiödisk, Zweden

Tabel 13: Specificaties ACS-400HC



Figuur 40: ACS-400HC

Specificaties ABS 7000

Hoogte	1650 mm
Breedte	1250 mm
Lengte	3950 mm
Gewicht	200 kg
Energieverbruik	2000 W
Stroomvoorziening	3 x 230 V / 50-60 Hz / 16 A
Capaciteit	Tot 7000 stuks per uur
Verenkelmethode	Magneetband
Herkenningmethode	Vision
Sortermethode	Flippers
Fabrikant	Brimato, Duitsland

Tabel 14: Specificaties ABS 7000

Op de site van Hit Equipment (2016) wordt vermeld dat de machine met een camera systeem de bestekstukken kan sorteren in acht bakken. De ABS 7000 kan vier bestektypen in een programma herkennen. De besteksoorten die herkend kunnen worden zijn een mes, een vork, een lepel en een theelepel.



Figuur 41: ABS 7000

Bijlage 3: Patenten

United States Patent Office

3,325,005

Patented June 13, 1967

1

2

3,325,005

TABLEWARE SORTER

Erik Naslund and Heinz F. Carlson, Santa Clara, Calif.,
assignors to FMC Corporation, San Jose, Calif., a cor-
poration of California

Filed Nov. 27, 1964, Ser. No. 414,340

20 Claims. (Cl. 209—30)

The invention pertains to sorting devices, and one particularly for sorting articles according to their respective heights and diameters. In the case of articles which are not round, such as rectangular boxes, the invention pertains to sorting such articles according to their largest minor dimensions in a plane parallel to the article supporting surface.

The apparatus of the present invention is particularly adapted for sorting tableware in connection with automatic sculleries. The apparatus is capable of segregating in one operation a plurality of articles of different configurations, such as, dishes or tableware.

In one embodiment of the invention, the segregating device can be mounted on an oscillating support, such as the deck of a ship, and will operate satisfactorily as the ship rolls and pitches.

An object of this invention is to segregate a random assortment of tableware into spaced rows according to their heights and diameters.

Another object is to provide a device for segregating tableware as described above, with the device on an oscillating support.

Another object is to provide a device for segregating articles according to their largest minor dimensions in a plane parallel to the article supporting surface.

Another object is to provide a device for segregating articles as stated in the preceding object and to remove the articles from their supporting surface in a lateral direction substantially parallel to the surface of their supporting surface.

In principle, our invention accomplishes these objects in the case of circular tableware by providing apparatus for singulating a random assortment of tableware using a pair of endless belts moving at different speeds, intercepting certain of the tableware according to their heights, intercepting the remaining tableware according to their diameters and moving all of the intercepted tableware transversely of the belts to discharge zones where the tableware is placed on a discharge conveyor and removed for subsequent handling. In the case of noncircular articles the invention accomplishes these objects in the same manner by using deflecting elements which are so spaced that the articles having the largest minor dimensions in a plane parallel to the article supporting surface (the minor dimension in the case of a rectangle lying flat being its width whereas in the case of a circular article the minor dimension is its diameter) are first removed and those passing to the next deflecting elements downstream are then removed according to their largest minor dimensions, and so on until all the desired articles are segregated.

The invention may be more fully understood by referring to the following description and accompanying drawings in which:

FIGURE 1 is a plan of a preferred embodiment of the invention shown partly diagrammatically, partly in section and with parts removed.

FIGURE 2 is a vertical section of the preferred embodiment also shown partly diagrammatically and with parts removed, taken along the lines 2—2 of FIGURE 1.

FIGURE 3 is a vertical transverse section also shown partly diagrammatically, taken along the lines 3—3 of FIGURE 1, with part of a downstream segregating station shown for clarity.

FIGURE 4 is a transverse section also shown partly diagrammatically, taken along the lines 4—4 of FIGURE 1, with part of a downstream segregating station shown for clarity.

FIGURE 5 is a plan partly in section, with parts broken away and showing partly diagrammatically a modified form of one of the transfer conveyors shown in FIGURE 1.

FIGURE 6 is a transverse vertical section similar to FIGURE 3 but with parts of the segregating apparatus being inclined for use on an oscillating support.

FIGURE 7 is an enlarged detail of a typical link apparatus for attaching a pushing element to one of the endless chains shown in FIGURE 1.

FIGURE 8 is an enlarged diagrammatic isometric of the driving apparatus employed in the preferred embodiment.

In general, as shown in FIGURES 1 and 2, the tableware sorter comprises a frame 10 which includes a lower base portion 11 adapted for mounting on any suitable support, a feed conveyor 12, a sorting conveyor 13 and a plurality of segregating stations 16, 17, 18, 19 and 20 each having a transfer conveyor 16a, 17a, 18a, 19a and 20a for moving articles to a corresponding transverse discharge zone 25, 26, 27, 28, and 29. Segregated articles are removed from the discharge zones by a transverse discharge conveyor 14. Articles such as cups C (FIGS. 1, 2 and 3) are transferred from the feed conveyor 12 to the sorting conveyor 13 in singulated relation and are intercepted and moved to the discharge zone 29 at the segregating station 20. Other articles such as bowls B (FIGS. 1, 2 and 3), dinner plates D (FIGS. 1, 2 and 4), salad plates S (FIGS. 1, 2 and 4), and fruit dishes F (FIGS. 1 and 2) are intercepted at the respective segregating stations 19, 18, 17 and 16 and are then transferred to their respective discharge zones 28, 27, 26 and 25. It should be noted, that the invention is not limited to tableware, per se, but is readily adapted to other objects having a variety of widths and heights.

The drive train for the apparatus will now be described. The feed conveyor 12 comprises a belt 12a trained about a roller 30 which is keyed to a shaft 32, as best shown in FIGURES 1, 2 and 8. The shaft 32 is driven by a belt and pulley arrangement 34 which is connected to a second pulley 36 keyed to a shaft 38 journaled on the frame 10. The belt 12a is also trained about an idler pulley, not shown, journaled on the frame 10 in any well-known manner, and its upper run rides on a support plate 12b mounted on the frame 10. The sorting conveyor 13 comprises a belt 13a trained around an idler roller 40 keyed to the shaft 38 and a driven roller 42 keyed to a shaft 44. The sorting conveyor 13 functions to carry the various tableware from the feed conveyor 12 to the various segregating stations 19, 18, 17 and 16 where they are intercepted and transferred to the discharge conveyor 14. A belt and pulley arrangement 46 is keyed to the shaft 44 and to a pulley 15b keyed on the shaft 15a of a motor 15 (FIG. 8). The upper run of the sorting belt 13a rides on a table 48 mounted on the frame 10 whereas the bottom run of the belt is tensioned by a pair of rollers 50 and 52 keyed to shafts 54 and 56, respectively, journaled on the frame 10.

The discharge conveyor 14 comprises a belt 58 for the segregated articles which is trained about an idler roller 60 having a longitudinal axis which is parallel to the longitudinal axis of the sorting belt 13a and is keyed on a shaft 62 journaled on the frame 10. The belt 58 is also trained about a roller, which is driven by any suitable motor and drive arrangement, not shown. The details of the drive for the discharge belt 58 are not critical. In some cases it could be replaced by a downwardly inclined chute

Figuur 42: Eerste pagina patent 3325005: tableware sorter

United States Patent [19]

Akesson et al.

[11] **Patent Number:** 4,750,621[45] **Date of Patent:** Jun. 14, 1988[54] **APPARATUS FOR SORTING CUTLERY**[75] **Inventors:** Lars Akesson, Åkersberga; Nils Lööf, Järfälla, both of Sweden[73] **Assignee:** Regionala Stiftelsen i Varmland med firma ERRESS, Hagfors, Sweden[21] **Appl. No.:** 19,559[22] **PCT Filed:** May 9, 1986[86] **PCT No.:** PCT/SE86/00217

§ 371 Date: Jan. 21, 1987

§ 102(e) Date: Jan. 21, 1987

[87] **PCT Pub. No.:** WO86/06661

PCT Pub. Date: Nov. 20, 1986

[30] **Foreign Application Priority Data**

May 14, 1985 [SE] Sweden 8502382

[51] **Int. Cl.⁴** B07B 13/05[52] **U.S. Cl.** 209/539; 209/540;

209/926

[58] **Field of Search** 209/509, 536, 539, 540,

209/576, 926

[56] **References Cited****U.S. PATENT DOCUMENTS**

4,380,294 4/1983 Morris 209/540

4,457,434 7/1984 Brown et al. 209/539

4,511,046 4/1985 Walsh et al. 209/539

4,585,126 4/1986 Paddock et al. 209/539

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

0007248 7/1979 European Pat. Off. .

0020108 5/1980 European Pat. Off. .

384974 5/1976 Sweden .

405214 11/1978 Sweden .

409251 8/1979 Sweden .

414543 8/1980 Sweden .

Primary Examiner—Joseph F. Peters, Jr.

Assistant Examiner—Stephen P. Avila

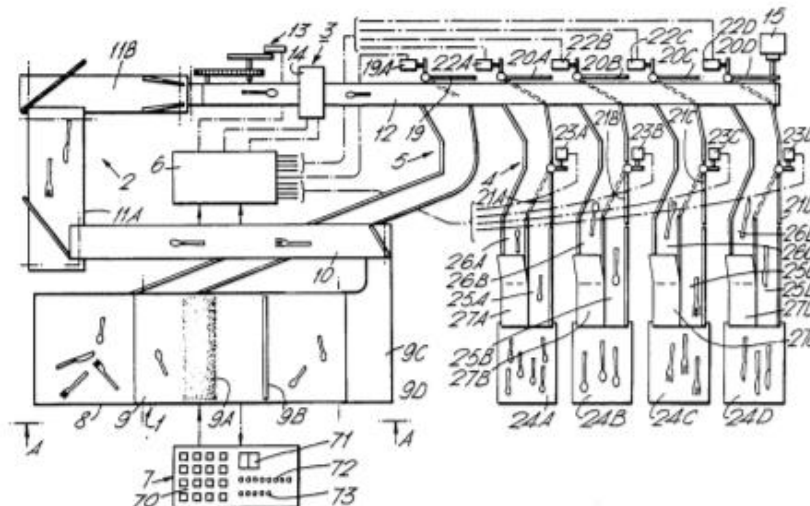
Attorney, Agent, or Firm—Murray and Whisenhunt

[57]

ABSTRACT

The invention relates to a method of sorting cutlery, comprising opto-electronic dynamic recognition and identification of the cutlery. The pieces of cutlery are brought forward in a longitudinal direction one by one behind each other on a moving conveyor belt (12). The movement of the belt is precision linked to a pulsator (13), which emits pulses with a frequency that is directly proportional to the speed of the belt. The pieces of cutlery are brought by the conveyor belt to pass one by one through an optical read-off unit (14) between a light source (32) and a bar (40) of photo-transistors (33) or light-conductors (38) which transmit light to photo-transistors. The bar extends at right angles to the direction of movement of the belt, so that it is partially shaded by the cutlery when this passes, whereupon the photo-transistors in the parts of the bar shaded at any moment are inactivated. At a moment of time which is controlled by the pulsator the standstill of activation is recognized for all photo-transistors in the bar. The standstill of activation for at least certain selected moments of time, representing a corresponding number of optical sections of the cutlery, is communicated to a computer (6) in the form of binary words, which each represent the width of the cutlery in the present section and which together with any further data form a digital signalization of the cutlery. This signalization is scanned with regard to a number of digital signalizations of the different pieces of cutlery that are to be sorted which have been previously programmed in the computer's memory unit. With accord between the scanned one and any of the programmed cutlery signalizations the cutlery is guided to a box (24A-D) corresponding to this type of cutlery or correspondingly. The invention also concerns the apparatus for the execution of the method.

11 Claims, 8 Drawing Sheets



Figuur 43:Eerste pagina patent 4750621: apparatus for sorting cutlery

United States Patent [19]**Weihe et al.**[11] **Patent Number:** **4,954,250**[45] **Date of Patent:** **Sep. 4, 1990**[54] **FLATWARE SEPARATING APPARATUS**[75] **Inventors:** Clyde Weihe, Needham Heights;
Lewis Maroti, Melrose; Peter
Albertini, Dover, all of Mass.[73] **Assignee:** Food Service Innovations, Inc.,
Dover, Mass.[21] **Appl. No.:** 352,356[22] **Filed:** May 16, 1989[51] **Int. Cl.** B07C 5/12[52] **U.S. Cl.** 209/629; 209/632;
209/633; 209/644; 209/660; 209/673; 209/926;
209/932; 209/940[58] **Field of Search** 209/44.1, 44.2, 557,
209/606, 615-618, 629, 632, 633, 644, 651-654,
656, 658, 659, 660, 667-669, 671, 673, 707, 911,
932, 940[56] **References Cited****U.S. PATENT DOCUMENTS**

909,413	1/1909	Huntley	209/656
1,459,553	6/1923	Rocheleau	209/673
2,340,775	2/1944	Snyder	209/644
2,417,878	3/1947	Luzietti et al.	209/644
3,247,858	4/1966	Kraeft	209/926 X

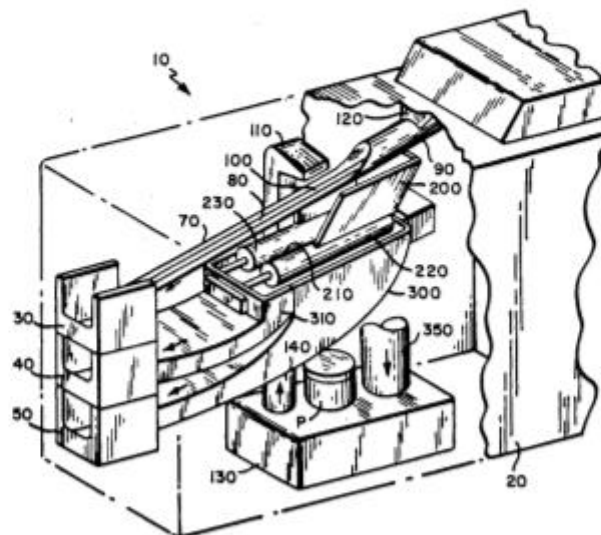
3,545,613	12/1970	Nystuen	209/926 X
3,583,564	6/1971	Peters	209/616
4,635,798	1/1987	Bruck	209/940 X
4,750,621	6/1988	Akesson et al.	209/926 X

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

2042321	3/1972	Fed. Rep. of Germany	209/926
2915993	11/1979	Fed. Rep. of Germany	209/644

Primary Examiner—Johnny D. Cherry*Assistant Examiner*—Edward M. Wacyra*Attorney, Agent, or Firm*—M. Lawrence Oliverio[57] **ABSTRACT**

A flatware separating apparatus comprising a track having a top surface for receiving and delivering different items of flatware along a selected path; a mechanism for contacting selected items of the flatware at a selected point along the path of the track and pushing the selected items off the surface of the track and allowing other selected items of the flatware to remain on the surface; and a mechanism for further separating the selected items of flatware pushed off the surface of the track.

39 Claims, 5 Drawing Sheets

Figuur 44: Eerste pagina patent 4954250: flatware separating apparatus

Bijlage 4: Verlichtingsonderzoek

Om een beeld te kunnen krijgen met een 2D of 3D camera is er licht nodig. Zonder licht wordt enkel een zwart beeld verkregen. Welk licht het beste gebruikt kan worden hangt af van het object dat herkend moet worden. In het geval van bestek gaat het om glimmende voorwerpen. In het verlichtingsonderzoek is er gekeken naar de richting waarin de verlichting toegepast kan worden en op welke positie de verlichtingsvorm geplaatst kan worden. Daarnaast is er onderzoek gedaan naar de invloed van de kleur van het licht. Hieruit wordt een conclusie getrokken welke verlichting het beste gebruikt kan worden voor het verkrijgen van een bruikbaar beeld bij het herkennen van bestekstukken.

Richting en positie

Er is een ruime keuze van richtingen waarin er verlicht kan worden. Het is mogelijk om vanaf de bovenkant te verlichten, van de zijkant te verlichten, vanaf de onderkant of onder een hoek. De richting waarin wordt verlicht hangt nauw samen met de positie van de plaatsing van de verlichting. De meest gebruikte manieren van verlichten zijn: backlight, barlight, dome, on-axis en ringlight.

Backlight

Het product wordt verlicht vanaf de onderkant. Bij het maken van een opname vanaf de bovenkant wordt een negatief in licht en donker waargenomen. Deze manier van verlichten is te gebruiken voor het herkennen van vormen. De vorm wordt donker en de rest van het beeld wordt licht weergegeven. Details op de boven of onderkant het voorwerp zijn met deze manier van verlichten niet waar te nemen.

Barlight

Een rechte rij met licht, een bar, kan vanaf verschillende richtingen een object verlichten. Doordat het licht gericht wordt in een enkele richting is het mogelijk om op matte oppervlakken contrast te creëren. Het effect kan worden geoptimaliseerd door de juiste hoek te kiezen voor de verlichting. Welke hoek dit is hangt af van het te verlichten object. De plaatsing van deze verlichtingsvorm is variabel en hangt af van de toepassing.

Dome

De dome ziet er uit als een halfronde bol. Aan de binnenzijde voorzien van licht, zodat er geen schaduwen zijn. Ook zorgt het er voor een vlak aanzicht; ronde of bolle objecten lijken vlak. Volgens de lighting advisor van Cognex is dit type verlichting geschikt voor reflecterende objecten. De dome wordt vaak geplaatst rond de lens van de camera.

On-axis

Zoals de naam al doet vermoeden wordt het licht evenwijdig aan de kijkrichting van de camera geprojecteerd. Hierdoor worden hoogteverschillen in het object goed zichtbaar. Bij gekromde oppervlakken zal het licht worden gebroken waardoor het in alle richtingen terugkaatst. De axiale belichting is geschikt voor vlakke voorwerpen en minder geschikt voor voorwerpen met gebogen oppervlakken.

Ringlight

Een ringlight verspreidt licht door middel van licht dat in een cirkel geplaatst is. De ringlight wordt bevestigd rond de lens van de camera zodat het licht niet in de lens schijnt. (Cognex, 2016)

Kleur

De kleur van de verlichting kan veel invloed hebben op het herkennen van voorwerpen. Zo kan er door het gebruik van gekleurd licht en kleurenfilters ruis worden beperkt. Ook kan hierdoor de snelheid van de herkenning worden verhoogd, doordat niet alle kleuren aanwezig zijn in het beeld. De kleur die het beste past, hangt sterk af van het voorwerp wat herkend of geïnspecteerd moet worden.

In een test bij Isotron in Den Bosch is er onderzoek gedaan naar de invloed op de beeldvorming van een bestekstuk door verschillende verlichtingsvormen en kleuren verlichting.

Met een backlight is een duidelijk beeld te maken van een bestekstuk en het een hoge betrouwbaarheid geeft voor beeldherkenning.

Met een barlight is er een beeld te maken van de bestekstukken. Bij de lepel is er een waas in het beeld door de verstrooiing van het licht op de bolle of holle kant van de lepel. Een barlight is daarom niet geschikt voor herkenning van bestek.

Dome verlichting is goed toepasbaar op kleine voorwerpen. Omdat de messen, vorken en lepels te groot zijn voor de dome die aanwezig is, is hiermee geen test gedaan. De medewerker van Isotron gaf aan dat een dome voor deze afmetingen heel erg duur zijn; rond de €10.000. Vanwege de hoge prijs is de dome afgevalen als verlichtingsvorm voor het herkennen van bestek.

De test met de ringlight geeft net als bij de test met de barlight verstrooiing bij de herkenning van lepels. Het beeld wordt wazig en is daarom niet betrouwbaar voor het herkennen van bestekstukken. Daarnaast is een ringlight erg kwetsbaar. Bij de minste of geringste verplaatsing van het licht is de werking minder. Om deze twee redenen valt de ringlight af voor het herkennen van bestek.

Hieruit is gebleken dat het toepassen van rode backlight verlichting het beste resultaat geeft voor beeldherkenning met een 2D camera op bestekstukken.

Bijlage 5: Markt

De bedrijven in tabel 15 zijn potentiële afnemers voor een besteksorteermachine. Naast verhuurbedrijven, grote hotelketens en pretparken is er ook een mogelijkheid dat grote restaurants de kansen zien van het automatisch bestek sorteren. Deze bedrijven hebben elke dag te maken met bestek sorteren. Of het nou verhuur en inname van bestek is of het gebruikte bestek van de klanten. In alle gevallen moet het bestek gesorteerd worden. Bij verhuurbedrijven op bestektype en bij horecabedrijven per couvert.

Verhuurbedrijven Nederland	Grote hotelketens	Pretparken
Accuraat verhuur	Park Plaza Hotels	Alton Towers
All-in verhuur	Art'otel	Attractiepark Slagharen
Arma verhuur Horeca	Adam's Mark	Attractiepark Toverland
Bakker verhuur	Days inn	Avonturenpark Hellendoorn
Bel Ons	Hilton	Chessington World of Adventures
Bobo verhuur	Van der Valk	De Efteling
Boels party&events	Choice Hotels	Disneyland
Carpe Diem Events&Verhuur	Howard Johnson	Drievliet
David van Schie	Best Western Hotels	Duinrell
De Vesting	Hyatt	Europapark
Diggels	Le Meridien	Futuroscope
Feestverhuur.be	Marriott	Gardaland
Feestverhuur-catering	Radisson	Gronalund
Fiesta verhuur	Raffles	Heide Park
Héman	Romantik	Konining Juliana Toren
Hettema verhuur	Worldhotels	Legoland
Kijk Partyverhuur	Utell	Legoland
Party Unlimited Verhuur	Gresham	Linnaeushof
Party verhuur Margraten	NH Hotels	Liseberg
Partygarant	IHG	Madurodam
Partyland	Wyndham Hotel Group	Parc Asterix
Servé verhuurservice	Starwood Hotels & Resorts	Parque Warner
Skippy Rent	Carlton / Rezidor	Phantasialand
Spijkerman	Accor Hotels	Plopsaland
Stammis Horeca verhuur		Port aventura
t Arendje		Puy du Fou
t Hekeltje		Speelstad Oranje
Tip Top verhuurservice		Thorpe Park
Triade party rent		Tivoli Gardens
Van Doorn Verhuur		Walibi Holland
Verhuurbedrijf Zuid-Holland		Walt Disney Studio's
Voskuil Verhuur Service		
WP Verhuur		

Tabel 15: Potentiële afnemers van een besteksorteermachine

Bijlage 6: Besteksoorten en bestektypen bij 't Hekeltje

Verhuurbedrijf 't Hekeltje verhuurt vier besteksoorten: Cambridge, Ianka, Regular en Romanca. Onder een besteksoort vallen bestektypen: menumes, menuvork, menulepel, dessertmes, dessertvork, dessertlepel, cocktail/fruit mes, cocktail/fruit vork, cocktail/fruit lepel, vismes, visvork, sorbetlepel, gebaksvork en koffie/thee lepel. Hieronder staan foto's van de besteksoorten, figuur 46, en bestektypen, figuur 47 tot en met 53.



Figuur 45: Dessertmessen v.l.n.r.: Cambridge, Ianka, Regular en Romanca

De volgende bestektypen in figuur 47 tot en met 53 zijn van de soort Regular.



Figuur 46: v.l.n.r. Menumes, Menuvork en Menulepel van de soort Regular



Figuur 47: v.l.n.r. Dessertmes, Dessertvork en Dessertlepel van de soort Regular



Figuur 48: v.l.n.r. Cocktail/fruit mes, Cocktail/fruit vork en Cocktail/fruit lepel van de soort Regular



Figuur 49: v.l.n.r. Vismes en Visvork van de soort Regular



Figuur 50: Sorbetlepel van de soort Regular



Figuur 51: Gebaksvork van de soort Regular



Figuur 52: Koffie/thee lepel van de soort Regular

Bovenstaande foto's zijn afkomstig van de website van 't Hekeltje (2016).

Bijlage 7: Weegtest

Te testen: kan een bestektype door weging worden herkend?

Om te bepalen of het mogelijk is om op gewicht te sorteren is van twee besteksoorten een aantal bestektypen gewogen met een weegschaal. De resultaten zijn hieronder te vinden in tabel 16.

Type:	Massa in grammen
Menu mes	108, 106, 105, 108, 107, 107, 109, 101, 106
Menu vork	53, 36, 36, 37, 36, 35, 50, 52, 36, 54
Menu lepel	38, 69, 75, 39, 40, 40, 68, 40, 67, 40
Dessert mes	63, 69, 72, 67, 69, 66
Dessert vork	22, 36, 36, 23, 36, 22, 22, 23, 23
Dessert lepel	26, 27, 27, 47, 26, 51, 48

Tabel 16: Weegtest bestek

Voor het concept Turner is het belangrijk dat er geen overlap in massa is tussen verschillende bestektypen. Daarom is gekeken naar de massa. Alle bestekstukken zijn individueel gewogen. Het meten van de massa van een tweede besteksoort is niet nodig, omdat uit de meting van de eerste besteksoort blijkt dat er veel overlap is tussen de verschillende bestektypen in massa. Hierdoor is het niet mogelijk om op massa te sorteren.

- ➔ De conclusie uit de weegtest is dat door overlap in massa tussen bestektypen het niet mogelijk is om op basis van massa bestekstukken te herkennen.

Bijlage 8: Test hopper

Te testen: kan een hopper in elkaar gehaakte bestekstukken verenken?

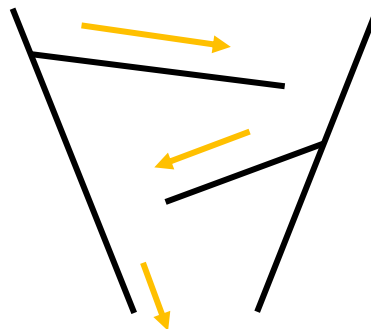
De hopper is een soort trechter met schuine schotten er in geplaatst zoals te zien is in figuur 53. De schotten worden in toenemende mate steiler. Daardoor wordt het bestek gesinguleerd. Dit is te verklaren met de formule $v=0.5at^2$. Als door de impact van de val beide bestekstukken uit elkaar zijn gestoten en opspringen van de schotten zal het bestekstuk dat het eerste neerkomt het eerste naar beneden glijden. Het tijdsverschil tussen de twee bestekstukken zorgt er voor dat de snelheid van de beide bestekstukken verschillend is en daardoor de bestekstukken afstand nemen van elkaar.

Deze theoretische benadering, figuur 55, is praktisch getest door een hopper te bouwen uit hout, zie figuur 56. Om te kunnen testen of in elkaar gehaakte vorken ook vereneld kunnen worden zijn twee vorken in elkaar gedrukt zodat ze aan elkaar blijven hangen. Van een hoogte van 100 mm zijn de in elkaar gehaakte vorken in de hopper gevallen. Aan de onderkant van de hopper komen de beide bestekstukken er vereneld na elkaar uit.

➔ De conclusie is dat een hopper bestekstukken kan verenken, ook als ze in elkaar gehaakt zijn.



Figuur 54: Testmodel hopper



Figuur 53: Theoretische weergave hopper

Bijlage 9: Test robot met grijper

Te testen: kan een grijper alle bestekstukken oppakken?

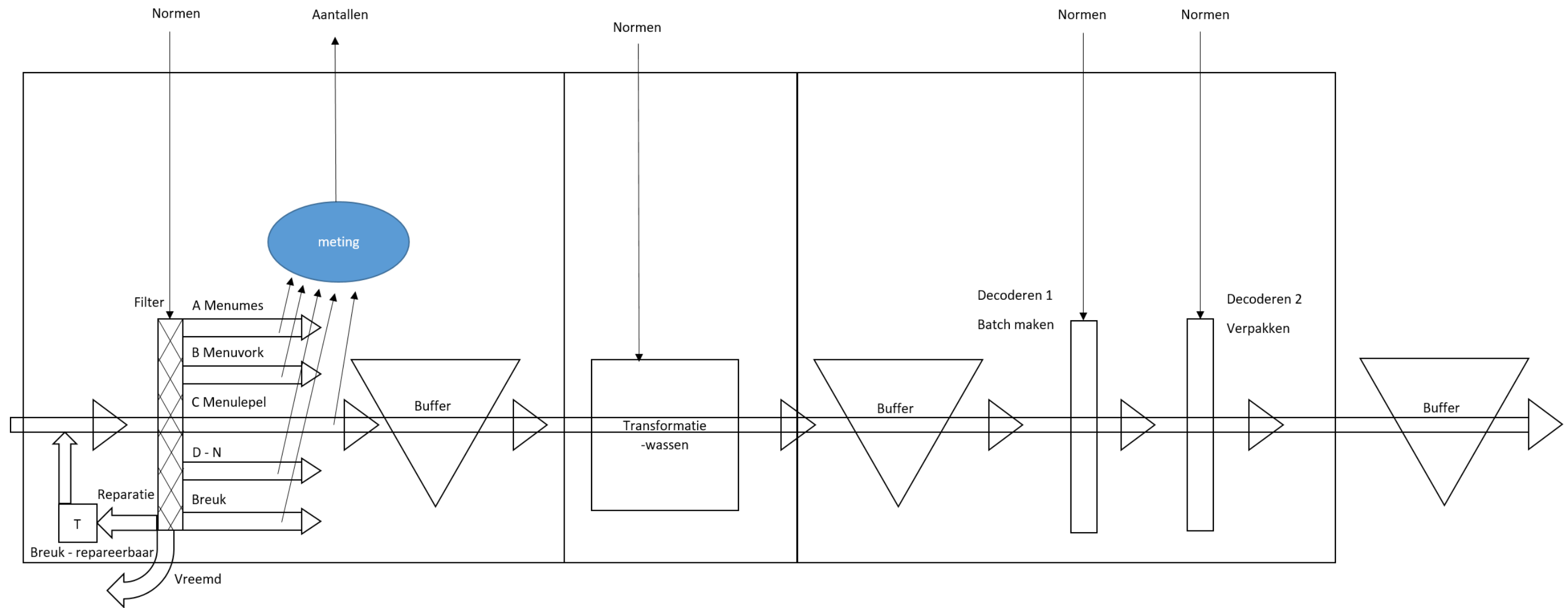
De test voor de robot met grijper is uitgevoerd op de Haagse Hogeschool in Delft in het robotlab. De robot die gebruikt is voor de test is een Kawasaki FS06L. De grijper is gemaakt met een actuator van Schunk, zoals te zien in figuur 57. De bekjes van de grijper zijn met een 3D printer gemaakt en in de bekjes zijn kussentjes van schuim geplakt zodat bestekstukken niet worden beschadigd en bij beweging in de bek blijven hangen (Boot, Raad, & Kunst, 2016).

- ➔ De conclusie is dat deze grijper alle bestekstukken van alle bestektypen kan oppakken.



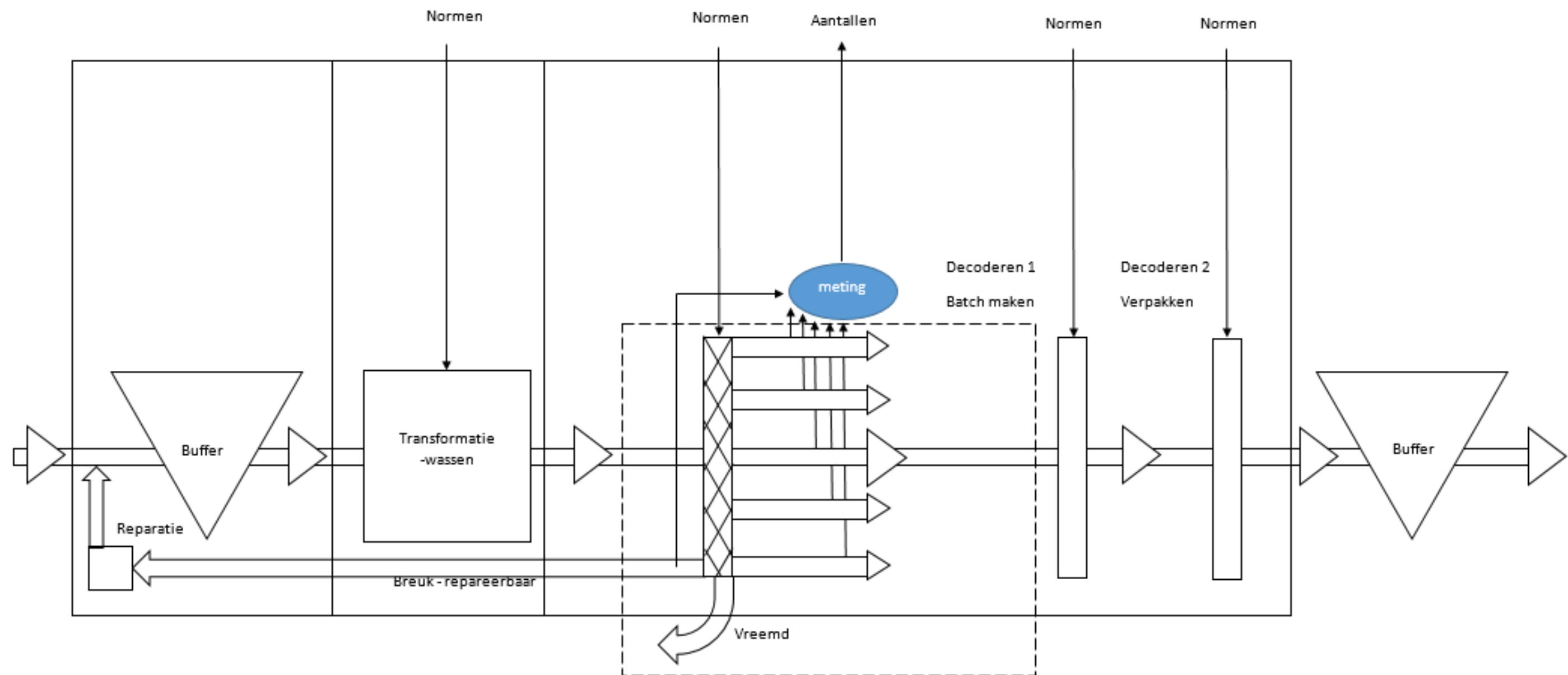
Figuur 55: Test robot met grijper

Bijlage 10: Steady state model – Ist situatie



A3 weergave van het Ist-model. Uitleg van dit model in hoofdstuk 2.1

Bijlage 11: Steady state model – Soll situatie



A3 weergave van het Soll-model. Uitleg van dit model in hoofdstuk 2.2

De zwarte omkadering geeft de black box voor een besteksorteermachine weer.

Bijlage 12: Reflectie competenties afstudeeropdracht

Onderdeel van het afstudeerverslag is de reflectie op de competenties. Hieronder is van de competenties professionaliseren, analyseren en onderzoeken toegelicht dat deze op voldoende niveau zijn behaald tijdens het afstuderen. In figuur 56 is het competentieprofiel te zien van voor en na het afstuderen zoals dat door de opleiding werktuigbouwkunde is vastgesteld.

Professionaliseren

Vanuit de opleiding werktuigbouwkunde is de eis dat deze competentie aan het einde van de afstudeerstage op niveau 3 behaald is. Mijn doelen zijn:

- Op zelfstandige wijze een onbekend en complex leerdoel en leerstrategie bepalen en uitvoeren in een multidisciplinaire context en het resultaat terugkoppelen naar het leerdoel
- Zich zelfstandig flexibel opstellen in uiteenlopende onbekende en complexe beroepssituaties in een multidisciplinaire context
- Zelfstandig kunnen reflecteren op eigen onbekende en complexe handelen, denken en resultaten in een multidisciplinaire context

Deze doelen heb ik behaald door zelfstandig bij bedrijven informatie op te vragen. Daarnaast heb ik testen gedaan bij een bedrijf dat gespecialiseerd is in industriële camera's en verlichting.

Ik heb mijzelf zelfstandig opgesteld door zowel met bedrijven in gesprek te gaan op het kantoor van SCIENCECUP, als bij bedrijven langs te gaan om informatie en input te krijgen voor de afstudeeropdracht. Door zowel zelfstandig als in overleg met stagebegeleider en stagecoach naar de gedane arbeid te kijken zijn de doelstellingen geëvalueerd en bijgesteld.

Analyseren

Vanuit de opleiding werktuigbouwkunde is de eis dat deze competentie aan het einde van de afstudeerstage op niveau 3 gehandhaafd is. Mijn doelen zijn:

- Zelfstandig selecteren van relevante complexe en onbekende aspecten uit een ongestructureerde context met betrekking tot de complexe vraagstelling
- Zelfstandig aangeven wat de mogelijke invloed is op complexe en onbekende bedrijfseconomische, maatschappelijke en vakgebied gerelateerde aspecten in een multidisciplinaire context
- zelfstandig opstellen van een programma van (onbekende en complexe technische & niet-technische) eisen in een multidisciplinaire context en dit vast kunnen leggen

Deze competentie is op niveau 3 gehandhaafd doordat ik zelfstandig het complexe probleem van bestek sorteren heb geanalyseerd en uit een ongestructureerd geheel de punten er uit heb gelicht waarvan ik van mening ben dat deze relevant zijn. Daarnaast is er een aantal oplossingen voor het probleem gezocht. In het afstudeerverslag is mijn gemaakte pakket van eisen en wensen te lezen.

Onderzoeken

Vanuit de opleiding werktuigbouwkunde is de eis dat deze competentie aan het einde van de afstudeerstage op niveau 3 gehandhaafd is. Mijn doelen zijn:

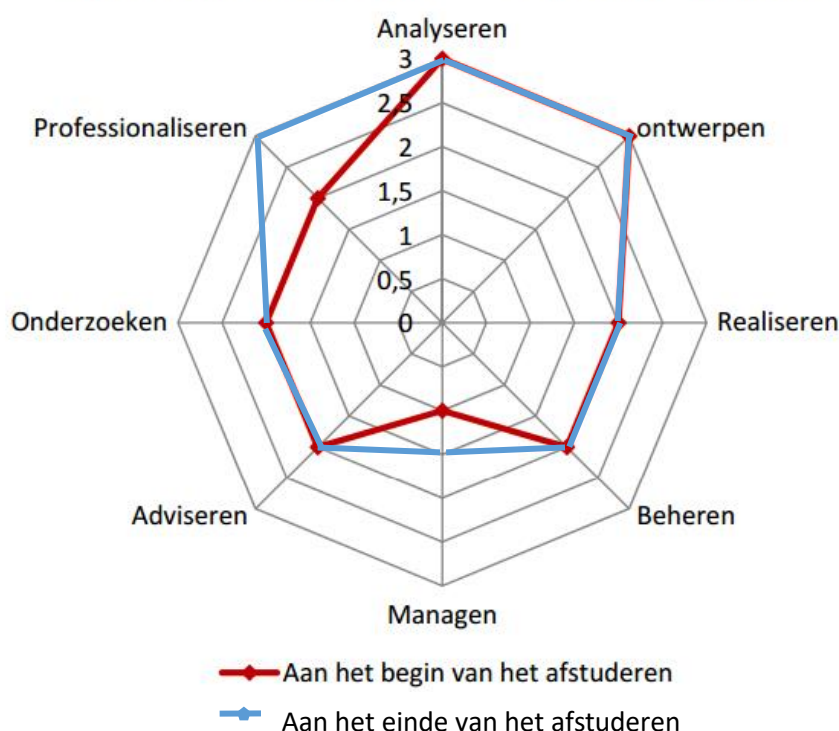
- Zelfstandig de doelstellingen van een gewenst onderzoek vanuit de onbekende en complexe vraagstelling opstellen in een multidisciplinaire context
- Zelfstandig (wetenschappelijke) literatuur en eigen / andere informatiebronnen selecteren en verkrijgen om zich verder in de onbekende en complexe vraagstelling te verdiepen, daarbij de betrouwbaarheid van de verschillende informatiebronnen kunnen valideren in een multidisciplinaire context
- Zelfstandig de resultaten samenvatten, structureren en interpreteren en conclusies trekken in relatie tot de onbekende en complexe onderzoeksvraag in een multidisciplinaire context.

Dit afstudeerproject heeft een sterk onderzoekend karakter. Het niveau wordt gehandhaafd doordat er onderzocht wordt wat er nodig is om bestek te sorteren met een machine. Daarvoor zijn er patenten en normen gezocht en daaruit zijn de belangrijkste eisen gehaald. Het onderzoek heeft als resultaat een concluderend advies voor de opbouw van een sorteermachine.

Managen

Het managen wordt verondersteld op niveau 1 gehandhaafd te zijn. Tijdens de afstudeeropdracht heb ik gewerkt aan mijn management competentie doordat ik meerdere bedrijven betrokken heb bij mijn afstudeeropdracht. Hierdoor is informatie vergaard en heb ik goede adviezen gekregen om de afstudeeropdracht de goede richting te geven. Daarom heb ik de competentie managen verbeterd naar niveau 1,5.

Competentie profiel HBO - Werktuigbouwkunde



Figuur 56: Competentieprofiel HBO Werktuigbouwkunde