



Job: Jumping Obstacle

HET ONTWERPEN VAN EEN INTERACTIEF SPRINGTOESTEL VOOR DE
BOVENBOUW VAN HET BASIS BEWEGINGSONDERWIJS



Door
Steven Bontje &
Femy van Zijtveld



MENS EN TECHNIEK
— BEWEGINGSTECHNOLOGIE —

IN OPDRACHT VAN

Job: Jumping Obstacle

HET ONTWERPEN VAN EEN INTERACTIEF SPRINGTOESTEL VOOR DE BOVENBOUW IN HET BASIS BEWEGINGSONDERWIJS



Steven Bontje	14111349
Femy van Zijtveld	14075113
Datum en plaats verschijning	Oktober 2018 - Den Haag
Opdrachtgever	Michiel Krijger, Gymzaal van de Toekomst - Lectoraat Gezonde Leefstijl in een Stimulerende Omgeving
Begeleiders	Manon Kessels Caroline Doorenbosch

Voorwoord

Beste lezer,

Dit verslag is geschreven in het kader van het afstudeerproject van de opleiding Mens en Techniek | Bewegingstechnologie (BT) aan De Haagse Hogeschool. Het verslag is geschreven door Steven Bontje en Femy van Zijtveld, studenten van deze opleiding. Het verslag is bestemd voor docenten van de opleiding BT en Academie voor Lichamelijke Opvoeding (ALO), het lectoraat Gezonde Leefstijl in een Stimulerende Omgeving en een ieder geïnteresseerd in de mogelijkheid van techniek in de gymzaal.

Voor het afstudeerproject is er een ontwerptraject doorlopen van 16 weken, met additionele weken voor het verslag. In deze periode hebben we gewerkt aan een ontwerpopdracht voor De Gymzaal van de Toekomst van het lectoraat Gezonde Leefstijl in een Stimulerende Omgeving. Hierbij is een interactief gymtoestel ontworpen en een prototype vervaardigd.

Graag willen wij onze 1^{ste} afstudeerbegeleider Manon Kessels, 2^e afstudeerbegeleider Caroline Doorenbosch en opdrachtgever Michiel Krijger bedanken voor de begeleiding en medewerking gedurende het afstudeerproject. Ook willen we specialisten hartelijk danken voor hun kennis en bijdrage. Dat zijn Falke Hendriks van Janssen-Fritsen B.V., specialist in turntoestellen en kinderfysiotherapeut Geke Meerman.

Wij wensen u veel leesplezier tijdens het lezen van dit verslag.

Steven Bontje,
Femy van Zijtveld

Oktober 2018

Inhoudsopgave

Voorwoord.....	
Samenvatting.....	4
1. Inleiding	5
1.1 Randvoorwaarden	5
1.2 Leeswijzer	5
2. Ontwerpcyclus 1	6
2.1 Analyse.....	6
2.2 Eisen en wensen	12
2.3 Ontwerpfase	13
2.4 Materialisatie.....	17
2.5 Evaluatie	17
3. Ontwerpcyclus 2	18
3.1 Analyse.....	18
3.2 Eisen en wensen	20
3.3 Ontwerpfase	20
4. Prototype	22
4.1 Programmeren.....	22
4.2 Werkplaats.....	23
5. Evaluatie	24
5.1 Test met doelgroep.....	25
6. Discussie	26
7. Conclusie.....	27
Literatuurlijst	28
Appendices	30
Appendix I: Ontwerpcyclus 1	30
Appendix II: Ontwerpcyclus 2	38
Appendix III: Handleiding.....	47
Appendix IV: Evaluatie.....	55
Appendix V: Discussie	61
Appendix VI: Projectplan	62
Appendix VII: Reflectieverslag	67

Samenvatting

Inleiding: Vanuit De Gymzaal van de Toekomst is de opdracht ontstaan om een interactief springtoestel te ontwerpen om een bijdrage te leveren aan de motivatie tijdens de gymles. De doelstelling van het project luidt: het ontwerpen van een springtoestel met een interactief systeem dat gebruikt kan worden als springoefening bij het bewegingsonderwijs voor de bovenbouw van de basisschool.

Ontwerpcyclus 1: In de analyse is gekeken naar de principes van het bewegingsonderwijs op de basisschool, waar ze streven naar het positief beïnvloeden of optimaliseren van de gedragswijzen van het kind. Er is gekozen voor het steunspringen, waarbij het aanbieden van niveauverschil en variatie belangrijk is voor het ontwerp. Hiernaast speelt feedback van zowel het interactief systeem als de leerkracht een grote rol. De feedback van het systeem moet een belonende functie hebben, met als doel de motivatie te verhogen. Conform conventionele springtoestellen moet het ontwerp in hoogte verstelbaar en mobiel zijn. Het springtoestel moet aan de Nederlandse veiligheidsnormen (NEN) voldoen, volgens de normen van turntoestellen. Daarnaast zijn er sensoren gekozen die beweging of aanwezigheid van mensen meten, namelijk kracht-, licht-, en geluidssensoren. De gekozen hardware-onderdelen zijn LED-lampen, geluid en LCD schermen in combinatie met een Arduino. Vanuit deze analyse zijn de eisen en wensen opgesteld, waar de ontwerpen op moeten aansluiten. Ideeschetsen zijn samengevoegd in een morfologische kaart, waar vier concepten uit zijn gekomen. De concepten die het meest aan de eisen en wensen voldoen, zijn gecombineerd tot een eindontwerp genaamd Job (Jumping Obstacle). In de materialisatie zijn de onderdelen geconcretiseerd, zoals gebruik van hout en acrylaat. In de evaluatie is na het testen van de gekozen sensoren naar voren gekomen dat ze ongeschikt zijn, waardoor opnieuw gezocht moet worden naar sensoren. Daarnaast moet het ontwerp als add-on op een bestaande kast passen.

Ontwerpcyclus 2: In de 2^e analyse zijn er extra eisen en wensen bijgekomen. De sensor moet capacitief zijn, het systeem moet op bluetooth werken en niet meer zijn dan €300, en het ontwerp moet als add-on op een bestaand springtoestel passen. De LED-platen zullen vervangen worden en er zijn berekeningen gemaakt. In de ontwerpfase is Job herontworpen en zijn de LED-platen vervangen door “Bakens”. In het eindontwerp zijn de maten van Job verenigbaar met bestaande kasten en is de spelvorm van het interactief systeem bedacht.

Prototype: Met het computer platform Arduino Uno is het spelvorm geprogrammeerd met behulp van LED-lampen, een speaker, twee sensoren en een code die lampen willekeurig activeert. Vervolgens is het prototype vervaardigd in de werkplaats, waar het interactief systeem verwerkt is in Job.

Evaluatie: De veiligheidsnormen van de NEN worden in dit project niet getest, net als de wensen het positief beïnvloeden van motivatie en conditie. Het ontwerp voldoet aan de overige eisen en wensen. Ook is het prototype getest met een pilotmeting, waar de twee spelvormen op gespeeld kan worden.

Discussie: Na de evaluatie van het ontwerp is een kritische blik geworpen op het ontwerpproces en het ontwerp zelf. Zo is het spelvorm van het interactief systeem laat in het ontwerpproces meegenomen en is er een mogelijke educatieve rol van capacitieve sensor. De code voor het bluetooth interactief systeem is niet geschreven, maar de code voor het prototype wel en de prijs van het ontwerp is onbekend. Ook mist het prototype een plank waardoor deze op een bestaande kast te plaatsen is en als laatst zijn 3 wensen (conditioneel, sprong, motivatie) niet getest in de evaluatie. Voor alle punten zijn aanbevelingen gedaan, waarin nieuwe analyses, vervolgonderzoeken en meetprotocolen worden voorgesteld.

Conclusie: Een interactief springtoestel is ontworpen en het prototype is vervaardigd. De spelfunctie van het interactieve systeem werkt. Er mag geconcludeerd worden dat er aan de doelstelling is voldaan.

1. Inleiding

Het lectoraat 'Gezonde Leefstijl in een Stimulerende Omgeving' (GLSO) richt zich op het bevorderen van een gezonde leefstijl van jeugd (4-24 jaar) in de regio Haaglanden (De Haagse Hogeschool, 2016). Met het project 'De Gymzaal van de Toekomst' van de GLSO wordt er gekeken naar de ontwikkeling van een sportomgeving met nieuwe technische mogelijkheden. Zij willen dat de gymzaal mee verandert met de technologische ontwikkeling in het onderwijs. Hierbij vindt de Onderwijsraad dat de gymles meer aansluiting moet hebben met de leefwereld van de jeugd (Onderwijsraad, 2017). Vandaag de dag zitten steeds meer kinderen achter de computer of op hun mobieltje, waardoor ze te veel zitten en te weinig bewegen (Simons et al., 2014). Door de gymles meer aan te laten sluiten bij de leefwereld van de jeugd zorgt men ervoor dat de gymlessen aantrekkelijker worden. Op deze manier willen de leraren het bewegen en spelgedrag van kinderen stimuleren (Steenart et al., 2014). Het project 'Gymzaal van de Toekomst' wil deze aansluiting realiseren door onderzoek te doen naar en het testen van de mogelijkheden, voor het inzetten van een interactief gymtoestel in het bewegingsonderwijs. Dit interactief gymtoestel wordt ontworpen om de gymles motiverender, efficiënter en/of om de oefeningen effectiever te maken. In dit afstudeerproject wordt gekozen om een interactief gymtoestel te ontwerpen dat een bijdrage levert aan de motivatie van leerlingen tijdens de gymles.

Binnen het bewegingsonderwijs zijn veel toestellen ontworpen voor verschillende leerlijnen en één daarvan is het onderdeel springen. Het springen komt veelvuldig terug in de gymles, met een kast, een bok, springplanken, trampolines en matten. Er is echter nog weinig bekend over een interactief systeem in een springtoestel in de gymles met als doel om het springen uitdagender te maken, de sprongbewegingen te stimuleren en met het niveau van het kind mee te groeien. Het is interessant om te kijken of een springtoestel met een interactief systeem daarin kan helpen.

De doelstelling is dan ook: Het ontwerpen van een springtoestel met een interactief systeem dat gebruikt kan worden als springoefening bij het bewegingsonderwijs voor de bovenbouw van de basisschool.

Met als ontwerpvisie: Het ontwerpen van een springtoestel met een interactief systeem dat een bijdrage levert aan de motivatie van leerlingen tijdens de les.

1.1 Randvoorwaarden

Bij aanvang van de opdracht zijn er een aantal randvoorwaarden besproken met de opdrachtgever waaraan moet worden voldaan. Deze zijn:

- Het toestel moet sensoren bevatten
- Het toestel moet robuust en stabiel zijn
- Het toestel moet veilig zijn
- Het toestel is bedoeld voor basisschoolkinderen in groep 6 – 8

1.2 Leeswijzer

Het verslag is op chronologische volgorde geschreven. Er zijn twee ontwerpcycli doorlopen. Na de inleiding in Hoofdstuk 1, is de eerste ontwerpcyclus beschreven in Hoofdstuk 2: van analyse, naar eisen en wensen, naar ontwerp tot evaluatie. Hoofdstuk 3 beslaat de tweede ontwerpcyclus met opnieuw een analyse en een ontwerpfase, waar het eindontwerp tot stand komt. In Hoofdstuk 4 komt de vervaardiging aan bod van het prototype en het interactieve systeem. Hoofdstuk 5 gaat in op de evaluatie van het ontwerp en licht de test met de doelgroep toe. In Hoofdstuk 6 worden discussiepunten besproken en Hoofdstuk 7 bevat de conclusie en aanbevelingen.

2. Ontwerpcyclus 1

2.1 Analyse

Verschillende onderdelen zullen worden geanalyseerd om tot eisen en wensen te komen. Door middel van de deeleisen wordt duidelijk waar een interactief springtoestel aan moet voldoen. De deelonderwerpen zijn:

- Springen
- Doelgroep
- Marktonderzoek van gymtoestellen
- Interactief systeem
- Veiligheid

Deze onderwerpen worden in dit hoofdstuk behandeld, waaruit eisen en wensen kunnen worden opgesteld. Dit wordt gedaan in een literatuurstudie, waar voor het springen en de doelgroep extra onderzoek is gedaan bij leraren. Ook is G. Meerman, kinderfysiotherapeut bij Kinderpraktijk Jacq Smolders, benaderd voor informatie over beweegproblemen. F. Hendriks is benaderd voor kennis uit de markt als Manager Research & Development bij Janssen-Fritsen B.V., een specialist in bewegingsonderwijs, turnsport en sportzaalinrichting.

2.1.1 Springen

Het bewegingsonderwijs op de basisschool streeft naar het positief beïnvloeden van de gedragswijzen van het kind: sensomotorisch, conditioneel, cognitief, emotioneel en het doorzettingsvermogen (Van der Loo & Van Dokkum, 2015). Om aan te sluiten op het bewegingsonderwijs, is een wens om met het ontwerp kinderen op conditioneel vlak positief te kunnen beïnvloeden. Deze wens richt zich op toename van: kracht, lenigheid, snelheid en/of uithoudingsvermogen.

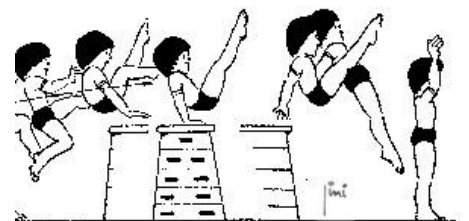
Voor de leerlijn springen zijn vijf verschillende soorten sprongen te onderscheiden om bewegingsproblemen aan te bieden in eenvoudige oefeningen (Van Berkel, 2012). Dit zijn:

Vrij springen, loopspringen, steunspringen, touwtjespringen en hoog- en verspringen.

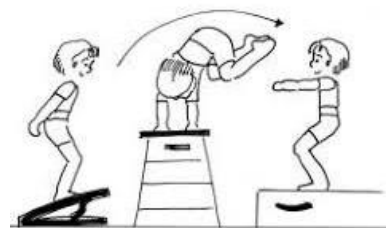
Voor vrij springen wordt er geen gebruik gemaakt van hulpmiddelen, waardoor dit type niet in aanmerking komt voor dit project. Vanwege het benodigde zand, ruimte en beperkte variëteit vallen ook ver-, loop- en touwtjespringen af. Wat wel voldoet is hoog- en steunspringen.

Hoogspringen wordt gedefinieerd als het verplaatsen van het lichaamsswaartepunt over een bepaalde hoogte, maar legt de nadruk op het landen op een mat. De kracht benodigd voor de afzet komt ook terug in steunspringen, waarbij aanvullend contact met het toestel benodigd is. Het springtoestel zal daarom worden ontworpen voor steunspringen.

Steunspringen is een sprong die wordt onderbroken door met de handen op een steunvlak te steunen, waarna de landing volgt. Het bewegingsprobleem is een krachtige afzet voor een lange zweeffase en coördinatie voor de handenplaatsing. Voorbeelden van soorten steunsprongen zijn: wendsprong (zoals een radslag), spreidsprong, dievensprong en zweefsprong (Figuur 1 en 2).



Figuur 1: Tekening van de dievensprong (Turnsport Vlaanderen, 2006)



Figuur 2: Tekening van een wendsprong, zonder gestrekte benen (LO Les, 2018).

Eis:

- Het springtoestel is te gebruiken voor het steunspringen

Wensen:

- Het ontwerp moet kinderen op conditioneel vlak positief beïnvloeden, dus in toename van kracht, lenigheid, snelheid en/of uithoudingsvermogen
- De springactiviteit, die mogelijk is op het springtoestel, heeft positieve invloed op coördinatie, balans of spronghoogte

2.1.2 Doelgroep

Kinderen ondergaan veel veranderingen en per leeftijdsgroep past een andere aanpak. Ook de mate van zelfstandigheid groeit met de leeftijd. Deze doelgroep heeft al minimaal drie jaar gymles en is daarmee bekend met een groot deel van het bewegingsonderwijs. Ze behoeven daarom een andere aanpak voor motorisch leren en motivatie t.o.v. de onderbouw of middelbare scholieren. In de bovenbouw van het basisonderwijs wordt tijdens springoefeningen veel gevarieerd met de lengte van de aanloop, verschillende hoogtes en langere zweeffase. Er is gekozen om een toestel te ontwerpen dat een bijdrage levert aan de motivatie van de leerlingen, daarom wordt er niet verder ingegaan op het motorisch leren om de sprong te verbeteren.

Motivatie

Motivatie kan worden opgedeeld in intrinsieke en extrinsieke motivatie. Intrinsieke motivatie heeft de kenmerken om een taak te willen uitvoeren uit persoonlijke redenen (gevoel van competentie en autonomie) ; extrinsieke motivatie dat er externe factoren worden aangeboden of ontnomen (Cerasoli et al., 2014; Deci & Ryan, 2012). Uit een meta-analyse kwam naar voren dat intrinsieke motivatie sterk en blijvend is, ook al wordt er extrinsieke motivatie aangeboden (Ryan & Deci, 2000). Uit het onderzoek bleek dat positieve feedback motivatie verhoogt dat het motorisch leren verbetert (Avila et al., 2012). In andere onderzoeken is aangetoond dat extrinsieke motivatie de prestatie van het geheugen vergroot, wat ook het geval is bij het introduceren van een keuze in een taak, doch op een andere manier (Muruyama et al., 2016). Het toevoegen van een keuze verhoogt de intrinsieke motivatie, maar werkt alleen als de keuze betekenis heeft en van waarde is voor de gebruiker. Omdat niet elke toegevoegde keuze gunstig hoeft te zijn, moet deze methode met voorzichtigheid worden toegepast in de praktijk. In de lessen moeten kinderen een sprong uitvoeren en het is de vraag of de kinderen meer intrinsiek gemotiveerd zijn als ze een keuze hebben in de sprong. Toch zou, volgens Cerasoli et al., beide soorten motivatie aanwezig moeten zijn voor het vergroten van de prestatie.

Uit contact met G. Meerman, kinderfysiotherapeut, kwam naar voren dat intrinsieke motivatie getriggerd wordt door doorzettingsvermogen. Hierin verhoogt zij de moeilijkheidsgraad totdat het kind vier van de tien keer de beweging voldoende kan uitvoeren. Bij minder dan vier voltooiingen is het niveau te hoog; het kind wordt dan uitgedaagd om het niveau wel te halen. Er wordt gebruik gemaakt van Vygotski's *zone van naaste ontwikkeling*. Hierbij worden de stappen tussen twee opeenvolgende opdrachten klein gemaakt en is het einddoel zichtbaar voor de kinderen (Nuij, 2016). Dit heeft als resultaat dat bewegingsactiviteiten interessant, haalbaar en uitdagend worden. Door de kleinere stappen voelen de kinderen zich sneller succesvol en krijgen ze een positieve relatie met sport en bewegen. Een springtoestel zou daarom verschillende niveaus moeten hebben om de kinderen uit te dagen. Ook moeten bewegingsproblemen door verschillende activiteiten en opstellingen worden aangeboden. Het dynamisch leren zorgt dat het

adaptatievermogen groeit. Een manier van toevoegen van niveaus kan door hoogteverstellingen of door het steunoppervlak te verkleinen. Momenteel variëren springtoestellen van 50 tot 135 cm (Janssen-Fritsen, 2017).

Ook positieve feedback op basis van sociaal vergelijkende kenmerken verhoogt het motorisch leren, bijvoorbeeld: de ene groep krijgt te horen dat ze beter presteerden dan de andere, ongeacht of dit waar was of niet (Avila, 2012). Volgens Prapvessis et al. (1999), zijn er twee soorten feedback: sensorische en aanvullende feedback. Bij sensorische feedback voelen, zien en horen de leerlingen hoe hun beweging voltrekt en kunnen ze zich daarop aanpassen. De aanvullende feedback wordt extern gedaan, bijvoorbeeld door de leerkracht, hoewel dit tot op een bepaalde hoogte ook met een interactief systeem kan (hierover meer in Hoofdstuk 2.1.4). Te veel instructies en feedback zouden de prestaties bij kinderen weer verminderen. In de praktijk wordt dit door de leerkracht zo compact mogelijk gedaan (Visser, 2017).

In de gymles zal de leerkracht bepalen wat het doel wordt van het gedrag, zoals springen op of over de kast. Bij een interactief systeem kan de kleur van een lamp of toonhoogte van geluid gelden als beloning of als extra feedback. Het is belangrijk dat de leerkracht de abstracte feedback kan vertalen voor de kinderen en er betekenis aan kan geven. De leerkracht moet verbale feedback geven over aanloopsnelheid, de afzet van één of twee voeten en balans tijdens de zweeffase. De aard van de sprong bepaalt welk tempo de aanloop of de kracht van de afzet zou moeten zijn (Van der Loo & Van Dokkum, 2015).

Eisen:

- Het toestel heeft verschillende niveaus voor sprongactiviteit: het toestel is maximaal verstelbaar in hoogte tot 135 cm en het steunoppervlak is te variëren in grootte
- Het springtoestel heeft variatie: het is bruikbaar voor verschillende soorten steunsprongen
- Het interactieve systeem van het springtoestel geeft een beloning na het gebruik van het toestel, zoals licht, geluid of tekst

Wensen:

- Het springtoestel vergroot de intrinsieke motivatie door toevoeging van keuze
- De feedback moet duidelijk zijn, niet te veel of overweldigend

2.1.3 Marktonderzoek

In het marktonderzoek is er gekeken naar de afmetingen, verplaatsbaarheid en materiaal bij verschillende springtoestellen en mogelijke alternatieven. Hieruit komt naar voren wat gangbaar is binnen het bewegingsonderwijs, waardoor het ontwerp kan aansluiten op de leerlijn. Ook wordt er naar de prijzen gekeken om binnen de markt te kunnen concurreren. De interactieve games geven ook de mogelijkheden weer van springen en spelen. De inhoud van het marktonderzoek is te lezen in de bijlage (Appendix I: Ontwerpcyclus I). In Nederland zijn normen waar gymtoestellen aan moeten voldoen, namelijk in de Nederlandse Norm, oftewel NEN. Er zijn NEN voorschriften omtrent de krachten die het materiaal aan moet kunnen. Dit wordt in Hoofdstuk 2.1.5 Veiligheid verder besproken. Zolang de buitenkant niemand kan beschadigen en de materialen brandveilig zijn. Zo kan het hout brandvertragend geïmpregneerd worden, of kunnen brandwerende materialen gebruikt worden. Ook moet de toplaag van het landingsvlak, zoals in gebruik bij een steunsprong, egaal en dempend zijn. Het springtoestel kan daarmee van zowel metaal, hout, textiel, rubber als kunststof gemaakt worden, of combinaties hiervan

Afmetingen

Hoewel de NEN voorschriften geen wetten maar meer een richtlijn zijn, geven ze duidelijkheid over wat wordt verstaan onder veiligheid en stabiliteit. Springkasten moeten voldoen aan norm NEN-EN 916:2003. Hierin staat over de afmetingen dat de minimale lengte en breedte voor de kasten 39,5 cm is, waar de maximale lengte 160,5 cm en maximale breedte 70,5 cm is.

Verplaatsbaarheid

In de gymles worden de leerlingen gevraagd om de opstelling klaar te zetten voor de komende gymles (Mooij, 2012). Gymtoestellen moeten daarom relatief simpel te verplaatsen zijn d.m.v. een systeem of lichte constructie. Kijkend naar de bestaande springtoestellen in de gymzaal zijn er verschillende manieren van mobiliteit te zien. Zo zijn er toestellen met alleen wielen, een wielhefsysteem of d.m.v. een steekkar. Om de mobiliteit van een toestel te vergroten wordt dit zo licht mogelijk gemaakt, zoals terug is te zien in een springkast die om deze reden hol is. Dit kan mede gerealiseerd worden door de materiaalkeuze. Als het toestel niet weg te rijden is, moet het kunnen worden opgetild. Voor het veilig verplaatsen moet een segment door ten minste twee kinderen verplaatst worden. De tilkracht met 1 arm is 50 N, de tilkracht per kind is dus 100 N. Een segment mag niet meer wegen dan 200 N (Broeren, 2017).

Eis:

- De minimale afmetingen van het springtoestel zijn $l=39,5$ cm en $b=39,5$ cm
- Het springtoestel is mobiel verplaatsbaar of elk segment heeft een massa van maximaal 200N

2.1.4 Interactief systeem

Technologie biedt de mogelijkheid om de gymles interactiever en leuker te maken om zo leerlingen aan te zetten tot beweging (Rijksinstituut, 2017). Door technologische ontwikkelingen is er een groot aanbod van sensoren en hardware. In Hoofdstuk 2.1.2. 'Doelgroep' is de eis dat het interactief systeem leerlingen motiveert d.m.v. beloning naar voren gekomen. Het systeem hoeft geen feedback te geven om de sprong te verbeteren. Er wordt gekeken naar verschillende sensoren en hardware voor in het springtoestel en de relevantie voor het doel. De relevantie van sensoren voor een springtoestel is bijvoorbeeld het meten van de beweging of aanwezigheid van een persoon en irrelevant is bijvoorbeeld het meten van luchtdruk. Eerst wordt gekeken naar de bestaande interactieve springtoestel, waarna er wordt ingegaan op de sensoren (input) en hardware (output).

Marktonderzoek naar interactieve springtoestellen

Wat betreft interactieve technologie wordt er veel geëxperimenteerd en ontworpen. Er wordt veel aangeboden met projecties en interactieve wanden, waar spellen omheen worden bedacht. Er zijn ook veel andere soorten interactieve toestellen, echter zijn alleen de systemen meegenomen die de beweging van het springen stimuleren of vragen. Deze toestellen zijn niet ontworpen voor in de gymzaal of les. De toestellen hebben met name licht en geluid als output. Als input maken de toestellen gebruik van druksensoren en schakelaars. De exergames die gemaakt zijn door particulieren hebben echter tot dusver meer het doel tot entertainment, al motiveert het wel tot bewegen. Ook maken kinderen op een andere manier kennis met beweegdoelen- en methoden, zie Figuur 3.



Figuur 3: Jumpq, een voorbeeld van een spring exergame. Meer in Appendix I: Marktonderzoek. (Exergamefitness, 2018)

Sensoren

Het interactief systeem van het toestel geeft interactie a.d.h.v. menselijke bewegingen. Dit wordt o.a. gerealiseerd door het gebruik van sensoren in het springtoestel. Een optie is dat de gebruikers sensoren dragen. Hier wordt niet voor gekozen, de gebruiker kan gelijk aan de slag met het springtoestel zonder dat eerst sensoren op het lichaam geplaatst of gekalibreerd worden, wat het gebruik toegankelijker maakt. Hiernaast is het goedkoper wanneer alleen het springtoestel een sensor nodig heeft.

Sensoren meten fysische grootheden, waarbij een bepaalde energie omgezet wordt in een elektrisch signaal. De relevante sensoren voor het steunspringen zijn: rekstrookjes, buig/flex-, kracht/druk-, licht- en geluidsensoren. Dit wordt omschreven in Appendix I: Sensoren. Er is geen specifieke eis vanuit de opdrachtgever m.b.t. waar de leerlingen feedback op moeten krijgen. Daardoor is er geen duidelijke voorkeur wat betreft spronghoogte, aanloopsnelheid, zweeffase of alleen de aanwezigheid van een persoon. Het interactief systeem heeft niet het specifiek het doel om de sprong te verbeteren, maar om bewegen te motiveren. Dit kan gerealiseerd worden door het geven van een vorm van licht, geluid of tekst als feedback. Er wordt gekeken naar welk type sensor het meest reëel of bruikbaar is binnen dit doel, door te kijken naar prijs en functie.

De relevante sensoren die reëel en bruikbaar zijn voor het ontwerp zijn kracht/druk-, licht- en geluidsensoren. Kracht- en druksensoren zijn mogelijk, omdat deze sensoren een signaal afgeven wanneer er kracht op komt te staan. Hierdoor wordt het gedetecteerd wanneer iemand op het toestel land of steunt. In Appendix I is een klein onderzoek met het krachtenplatform toegevoegd om te kijken of het signaal verschillende sprongen kan onderscheiden en hoe groot de krachten zijn die bij het steunspringen ontstaan. Geluid- en lichtsensoren zijn beide betaalbaar en zijn bruikbaar voor het interactieve systeem. Een geluidsensor kan opmerken of een persoon voor de sensor staat en hoe ver deze voor de sensor staat. Een lichtsensor kan een signaal afgeven wanneer deze geen licht meer krijgt, bijvoorbeeld door tijdens de steunsprong je handen op de sensor te plaatsen.

Hardware

Om een programmeerbaar systeem te maken moet worden gewerkt met een computersysteem. Er zijn verschillende Arduino's, Raspberry Pi's of Labjack te gebruiken. Veel beschikbare sensoren zijn goed te gebruiken met Arduino's en Raspberry Pi's. Vanwege de gebruiksvriendelijke programmeertaal wordt gekeken naar Arduino, waar er keuze is in verschillende beschikbare pins, voltage, geheugen en beschikbaarheid voor shields. De meeste opties voor complexe projecten is de Arduino Mega (Arduino, 2018).

De relevante hardware-onderdelen die veel voorkomen bij bestaande interactieve springtoestellen zijn: speakers, LED-verlichting en LCD-schermen. Dit wordt omschreven in Appendix I: Sensoren. Hiernaast wordt in de gymles op de middelbare school ook veel gebruik gemaakt van videoanalyse. Door een beter ontwikkelde zelfreflectie en adaptatievermogen van middelbare scholieren, kunnen technische ontwikkelingen gemakkelijk gebruikt worden (Scholten, 2014). Aangezien de doelgroep van het project leerlingen van de bovenbouw op de basisschool is en het interactief systeem niet bedoeld is om de sprong te verbeteren, valt videoanalyse af om als hardware te gebruiken. Voor de hardware zijn alle bovengenoemde opties mogelijk en haalbaar in het interactieve systeem. Het gebruik van LED, LCD of een speaker is betaalbaar en gebruiksvriendelijk in de programmeertaal.

Eisen:

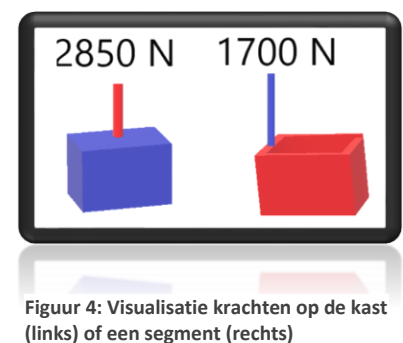
- Het interactief systeem heeft sensoren geplaatst in het springtoestel

- Het interactief systeem maakt gebruik van een of meerdere van deze sensoren: kracht/druk-, geluid- of lichtsensoren
- Het interactief systeem maakt gebruik van een of meerdere van deze hardware-onderdelen: LED, LCD en speaker

2.1.5 Veiligheid

Hoewel de normen van de NEN geen wetten maar meer een richtlijn zijn, geven ze duidelijkheid over wat wordt verstaan onder veiligheid en stabiliteit. “Maar er kan zeker ook worden afgeweken van de norm als de situatie de norm niet toelaat. De ontwerper dient dan wel met de juiste redenen en documenten te kunnen aantonen dat zijn oplossing (ook) voldoet aan de richtlijn” (Drost, 2013). Springkasten moeten voldoen aan norm NEN-EN 916:2003; paarden en turnbokken aan NEN-EN 916:2017 (deze normen zijn te koop of ter inzage in hun hoofdvestiging; voor meer informatie over de norm kunt u terecht bij NEN).

In de normen voor de gymnastiekmaten staat dat een mat een piek deceleratie van <40 g moet hebben, een bodem weerstandscoefficiënt van $>1,5$ en een top weerstandscoefficiënt van $>0,9$. Voor het steunoppervlakte van springkasten geldt dat de piek deceleratie van 50 g niet overschreden mag worden bij een landing op dit stuk van de kast. Dit houdt in dat het steunoppervlakte van het springtoestel dempend genoeg moet zijn. Ter vergelijking: landen met één gestrekt been na een sprong van één meter hoogte heeft een piek deceleratie van 100 g (Herman, 2015). Aan de top van de kast mag een horizontale kracht van 20% (of minimaal 70 N) van het totale gewicht van de kast er niet voor zorgen dat een segment los komt of dat de kast roteert. De kast mag tijdens geen enkele oefening verschuiven. Na een val van 12 cm hoogte mag de kast niet breken, splinteren of scheuren. Daarnaast moet het in het centrum 2850 N aankunnen voor een minuut, en per segment 1700 N in de zijdes (zie Figuur 4).



Figuur 4: Visualisatie krachten op de kast (links) of een segment (rechts)

Bij turntoestellen geldt in z'n algemeenheid dat de oppervlakte egaal moet zijn, dus geen uitstekende voorwerpen, draden of scherpe randen. Als een toestel uit meerdere segmenten bestaat, mag het niet mogelijk zijn om vast komen te zitten tussen de segmenten. Ook mag er geen gat in een toestel zitten met een diameter groter dan 20 cm om inklemming van het hoofd te voorkomen. Ook hierbij mag het toestel bij gebruik niet omvallen of loskomen van de grond. Volgens het CDC zijn bij P95 van jongens van dertien jaar 60 kilo (CDC, 2010). Bij het gebruik door een kind moet met een veiligheidsfactor van 1,2 het springtoestel 72 kilo aankunnen. Voor de veiligheid moet er vanuit worden gegaan dat twee kinderen tegelijk het springtoestel gebruiken. Dan moet het toestel 144 kg aankunnen met dezelfde veiligheidsfactor (NEN, 2003).

Er zijn verschillende manieren om een object stabiel en geschikt te maken om op te springen. Springtoestellen hebben vaak een groot grondoppervlak en een hoge wrijvingscoëfficiënt en gewicht waardoor het toestel niet verschuift. Een groot grondoppervlak t.o.v. steunoppervlak zorgt ervoor dat het toestel niet kan omkiepen.

Eisen:

Het springtoestel moet voldoen aan de volgende NEN veiligheidseisen:

- Het steunoppervlak van het springtoestel overschrijdt bij een landing niet een piek deceleratie van 50 g

- Het springtoestel mag bij een horizontale kracht aan de top van 20% van het totale gewicht of min. 70 N niet verschuiven, roteren of loskomen
- Het springtoestel verschuift tijdens geen enkele oefening
- Het springtoestel moet een verticale kracht van 2850 N voor een minuut lang volhouden zonder te scheuren, breken etc.
- Het springtoestel kan het gebruik van twee kinderen tegelijk aan, met een gezamenlijk gewicht van 144 kg, en een veiligheidsfactor van 1,2
- Het springtoestel doorstaat een val vanaf 12 cm hoogte
- Het springtoestel heeft geen opening van een diameter groter dan 20 cm, vanwege beklemmingsgevaar
- Alle segmenten moeten afzonderlijk een verticale kracht van 1700 N op het centrum van de zijden voor een minuut volhouden zonder te breken of scheuren

Wens:

- Het oppervlakte van het springtoestel is egaal, i.e. geen uitstekende voorwerpen, draden, scherpe randen etc.

2.2 Eisen en wensen

Aan de hand van het voorgaande hoofdstuk zijn eisen en wensen opgesteld, waar het ontwerp aan moet voldoen. Deze komen samen in Tabel 1.

Tabel 1 – Lijst van eisen en wensen o.b.v. voorgaande analyse

	Eisen	Afkorting
1	Het springtoestel is te gebruiken voor het steunspringen	Steun
2	Het toestel heeft verschillende niveaus voor sprongactiviteit: het toestel is maximaal verstelbaar in hoogte tot 135 cm en het steunoppervlak is te variëren in grootte	Niveau
3	Het springtoestel heeft variatie: het is bruikbaar voor verschillende soorten steunsprongen	Variatie
4	Het interactieve systeem van het springtoestel geeft een beloning na het gebruik van het toestel, zoals licht, geluid of tekst	Beloning
5	De minimale afmetingen van het springtoestel zijn $l=39,5$ cm en $b= 39,5$ cm	Maat
6	Het springtoestel is mobiel verplaatsbaar of elk segment heeft een massa van maximaal 200N	Mobiel
7	Het interactief systeem heeft sensoren geplaatst in het springtoestel	Sensor
8	Het interactief systeem maakt gebruik van een of meerdere van deze sensoren: kracht/druk-, geluid- of lichtsensoren	Soort sensor
9	Het interactief systeem maakt gebruik van een of meerdere van deze hardware-onderdelen: LED, LCD en speaker	Hardware
10	Het springtoestel moet voldoen aan de volgende veiligheidseisen: a. Het steunoppervlak van het springtoestel overschrijdt bij een landing niet een piek deceleratie van 50 g b. Het springtoestel mag bij een horizontale kracht aan de top van 20% van het totale gewicht of min. 70 N niet verschuiven, roteren of loskomen c. Het springtoestel verschuift tijdens geen enkele oefening d. Het springtoestel moet een verticale kracht van 2850 N voor een minuut lang volhouden zonder te scheuren, breken etc. e. Het springtoestel kan het gebruik van twee kinderen tegelijk aan, met een gezamenlijk gewicht van 144 kg, en een veiligheidsfactor van 1,2 f. Het springtoestel doorstaat een val vanaf 12 cm hoogte	NEN

- g. Het springtoestel heeft geen opening van een diameter groter dan 20 cm, vanwege beklemmingsgevaar
- h. Alle segmenten moeten afzonderlijk een verticale kracht van 1700 N op het centrum van de zijden voor een minuut volhouden zonder te breken of scheuren

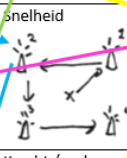
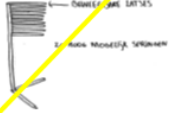
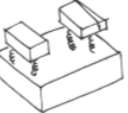
	Wensen	Afkorting
1	Het ontwerp moet kinderen op conditioneel vlak positief beïnvloeden, dus in toename van kracht, lenigheid, snelheid en/of uithoudingsvermogen	Conditioneel
2	De springactiviteit, die mogelijk is op het springtoestel, heeft positieve invloed op coördinatie, balans en/of spronghoogte	Sprong
3	Het springtoestel vergroot de intrinsieke motivatie door toevoeging van keuze	Motivatie
4	De feedback moet duidelijk zijn, niet te veel of overweldigend	Feedback
5	Het steunoppervlakte van het springtoestel is egaal, i.e. geen uitstekende voorwerpen, draden, scherpe randen etc.	Egaal

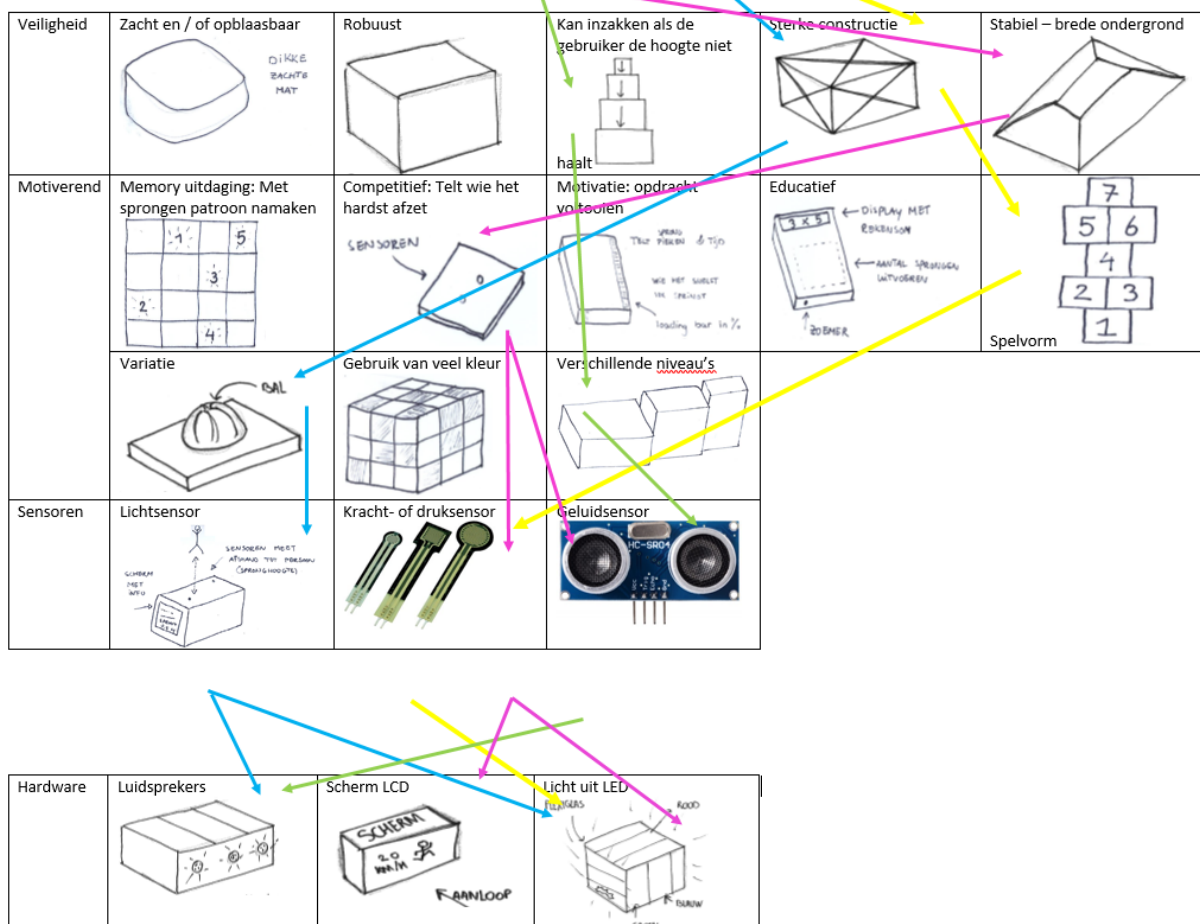
2.3 Ontwerpfase

Er zijn ideesketten gemaakt die aan de eisen, wensen en randvoorwaarden voldoen. De eisen en wensen zijn, wat betreft het interactief systeem, sensor en conditioneel doel, nog breed gedefinieerd. Dit is om de ideefase zo breed mogelijk in te gaan om van daaruit te convergeren. De schetsen vanuit de ideefase komen samen in een morfologische kaart. Aan de hand van de lijnen komen zo twee tot vier concepten samen. Deze concepten worden uitgetekend en worden gescoord a.d.h.v. de eisen en wensen in de kardinale methode. Van daaruit wordt een ontwerp gekozen waar vervolgens een eindontwerp van wordt gemaakt.

2.3.1 Morfologische kaart

Er zijn kernbegrippen bedacht om daar d.m.v. associatief denken woordwebs van te maken. De kernbegrippen zijn: Steunen, Conditioneel, Mobiliteit, Veiligheid, Motiverend, Sensoren en Hardware. Zo hebben ieder een aantal woorden zoals “steekkar” bij Mobiliteit en “zacht” bij Veiligheid (Appendix I: Ontwerpcyclus 1). De ideesketten zijn met de Hoe Kun Je?- methode tot stand gekomen. Bij elk woord uit de woordweb is de vraag gesteld: “Hoe Kun Je het toestel deze eigenschap geven?”. De uitwerking van de ideesketten komen samen in de morfologische kaart (Figuur 5).

Steunen					
Conditioneel	Lenigheid 	Drop-jump 	Snelheid 	Dansvloer 	Bukken & springen (uithouding + kracht) 
	Uitdagende sprongen 	Zo hoog mogelijk springen 	Kracht / zo hoog mogelijk 	Trappelen 	Snelheid 
Mobiliteit	Wiel dat omklapt naar vlakke grond 	Steek kar 	Uitklapsysteem 	(Zwenk)wiel met remblokje 	



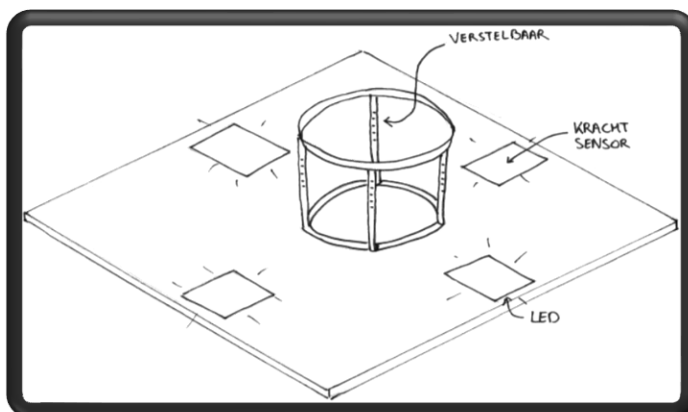
Figuur 5: Morfologische kaart van ideesketten

2.3.2 Concepten

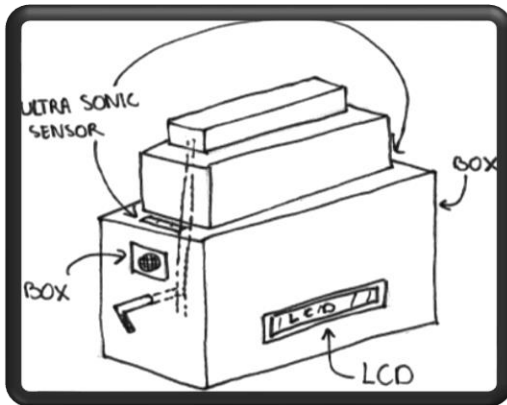
Er zijn vier concepten voortgekomen uit de morfologische kaart. De kleuren van de pijlen vormen gezamenlijk de concepten. De concepten zijn daarom Geel, Groen, Blauw en Roze. Elk concept voldoet aan de eigenschappen, genoemd in de morfologische kaart. Hieronder volgen de vier concepten.

Concept Geel

Door middel van LED-lampen kunnen de vlakken een kleur krijgen (zie Figuur 6). De vlakken moeten doorzichtig zijn, zoals acrylaat platen. Een druksensor kan meten wanneer iemand op het vlak staat, waarna een ander vlak op zal lichten. In het midden van het vlak is een ronde stalen buis, die in hoogte verstelbaar is. Tussen de vakken door moet de gebruiker steunsprongen uitvoeren.



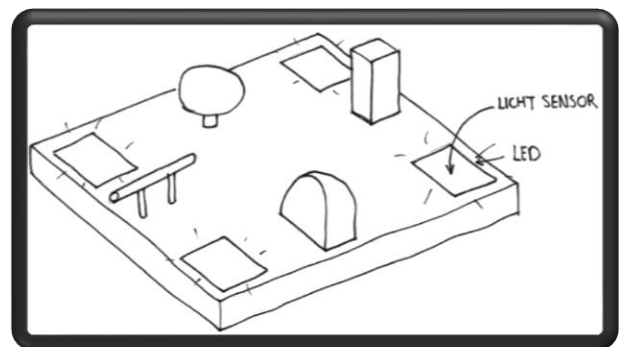
Figuur 6: Concept geel heeft een groot oppervlak met een frame in het midden waar een steunsprong over kan worden uitgevoerd. De leerling landt op een krachtenplatform en LED-verlichting indiceert een bepaalde kracht.



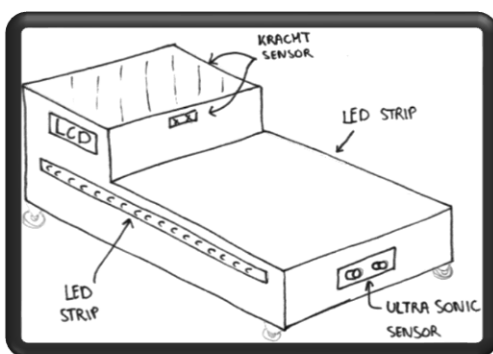
Figuur 7: Concept groen lijkt op een kast, maar het steunplatform is verstelbaar en wordt kleiner. De ultrasoonsonor kan de spronghoogte bepalen, wat te lezen is in het LCD scherm en eventueel geluid uit de box.

Concept Blauw

Net als in concept Geel, zitten de LED-lampen onder een acrylaat plaat waardoor het vlak een kleur kan geven (Figuur 8). Een lichtsensor kan vaststellen of iemand boven de plaat is. De snelheid en uithoudingsvermogen wordt getraind doordat de gebruiker door middel van steunsprongen van de ene plaat naar de andere moet verplaatsen. De verschillende obstakels dagen verschillende steunsprongen uit. Ze kunnen gemaakt zijn van kunststof of leder met een zachte vulling. Daarnaast is niveauverschil mogelijk door de vlakken sneller achter elkaar te laten schijnen.



Figuur 8: Concept blauw is ook weer een grote mat, waar steunsprongen over de obstakels gedaan moet worden. Tussen de obstakels landt de leerling op een platform. De lichtsensor meet aanwezigheid op het platform, wat verduidelijkt wordt met de LED-verlichting.



Figuur 9: Concept roze heeft twee plateaus waar verschillende sprongen over gedaan kan worden. Informatie van de krachtsensor komt terug in de LED-strip en de ultrasoon sensor meet aanwezigheid van een aanloop.

Concept Groen

Dit springtoestel (Figuur 7) kan net als een standaard kast gebruikt worden in de gymles. Echter is het plaatsingsvlak in hoogte verstelbaar, waardoor kinderen op verschillende niveaus kunnen oefenen; het plaatsingsvlak wordt zowel hoger als smaller. Het exterior kan van hout of kunststof gemaakt zijn, het interior heeft een stalen mechanisme. Door de ultrasoon sensor kan spronghoogte gemeten worden, de feedback kan d.m.v. luidsprekers en een LCD scherm plaatsvinden. Het toestel is mobiel door een wielhefsysteem.

Concept Roze

In Figuur 9 is concept Roze te zien. Het hoogste gedeelte fungeert hetzelfde als een standaard kast voor steunsprong oefeningen. Door het lage deel, kan een steunsprong op twee niveaus geoefend worden. Vanaf het lage deel kan ook naar het hoge deel worden gesprongen, en andersom. Hiermee kan ook de drop-jump geoefend worden. Een ultrasoon sensor meet afstand, dat kan worden ingezet voor de aanloop of spronghoogte; de krachtsensor kan onderscheid maken tussen verschillende steunsprongen. Dit ontwerp kan zowel van kunststof als van hout gemaakt worden, met synthetisch leder op het onderste plateau. De LED-strip en het LCD-scherm kunnen feedback geven. Het springtoestel is mobiel door de wielen die kunnen omklappen naar een vlak, waarna het stabiel staat.

2.3.3 Kardinale methode

Alle concepten voldoen aan de eisen en d.m.v. de kardinale methode worden de concepten gescoord aan de wensen. Er is gekozen om maximaal 4 punten toe te kennen lopend van punt 1 “matig” tot 4 “uitstekend”, met de resultaten in Tabel 2. Uit de kardinale methode komt naar voren dat concept Roze het hoogst scoort in totaal.

Tabel 2: De concepten worden gescoord a.d.h.v. de eisen en wensen in de kardinale methode

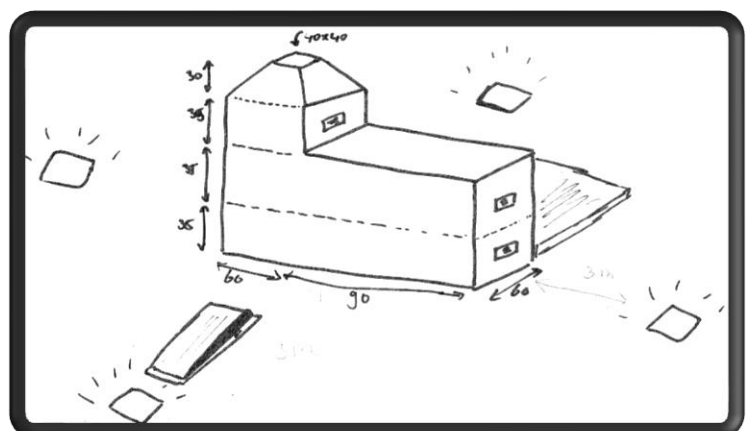
Wensen	Geel	Groen	Blauw	Roze
1. Conditioneel	2	2	3	3
2. Sprong	2	3	2	3
3. Motivatie	3	3	4	4
4. Feedback	3	1	3	2
5. Egaal	2	2	1	3
Totaal wensen	12	11	13	15

Job

Het winnende concept is concept Roze, maar in de wensen komt Blauw sterk naar voren. Het lectoraat van Gezonde Leefstijl in een Stimulerende Omgeving is gevraagd welk concept ze graag uitgewerkt zouden zien. Er is een voorkeur uitgesproken voor het springtoestel met LED-platen. Door de platen van concept Blauw en de vorm van het springtoestel van concept Roze is het ontwerp een combinatie geworden. Deze ideeën zijn praktisch omgezet naar wat handig is en wat werkt. Zo is de liggende L-vorm gebleven, maar is het bovenste segment te verplaatsen. Het bovenste segment is op drie plekken te bevestigen, zodat het aan het einde van de lange segmenten staat, in het midden en daar tussenin. Op deze manier kan de moeilijkheidsgraad van een sprong aangepast worden, naast hoogte verstelbaarheid. Het springtoestel heeft de naam Job gekregen, naar Jumping Obstacle.

Er zijn gelijke mogelijkheden als met een bestaande springkast, maar door het verplaatsbare segment ook veel meer. De bevestiging hiervan wordt gedaan met stalen pinnen die verzonken zijn in het oppervlak. De LED-platen zoals bij concept Geel liggen op 300 cm afstand van het springtoestel (Figuur 10).

Het is aan de leerkracht om te bepalen aan welke kant een mat en eventueel een springplank of trampoline ligt. Wat betreft de sensoren is hetzelfde idee gebruikt als concept Roze: in het steunoppervlak zit een krachtsensor of lichtsensor die opmerkt dat er wordt gesteund op het steunoppervlak. Aan de zijkant van de kast zit een ultrasoon sensor dat meet of er iemand voor de sensor staat en hoe ver. De basis voor de spelvorm is het uitvoeren van een steunsprong waarna er naar één van de platen moet worden gerend.



Figuur 10: Eindconcept Job. De segmenten hebben ieder een lengte waardoor de maximale hoogte 135 cm is. De platen van concept geel zijn gebleven, ieder op 300 cm van Job af.

Afhankelijk van de bruikbaarheid van de sensoren wordt de verlichting in de platen geactiveerd. Er wordt gebruik gemaakt van de Arduino Uno om alles op aan te sluiten en mee te programmeren.

De kast van de Job bestaat uit vier segmenten, de onderste 2 segmenten zijn qua afmetingen gelijk aan elkaar. De onderste 2 segmenten hebben de volgende afmetingen in lengte, breedte en hoogte respectievelijk: 150, 60 en 35 cm. Het op een na bovenste segment: 60 cm, 60 en 35 cm. Het bovenste segment: 60 cm, 60 en 30 cm, met het steunoppervlak 40 bij 40 cm. De vierkante LED-platen hebben een lengte en breedte van 30 cm, dit is gedaan, omdat de p95 van de voetlengte van kinderen van 11 jaar 25,3 cm is. Hierdoor kan de doelgroep met beide voeten op de LED-platen staan (Broeren, 2017).

2.4 Materialisatie

Op basis van de materiaaleigenschappen zijn materialen gekozen om de krachten te kunnen opvangen (Tabel 3). Elk segment van de kast van Job bestaat uit brand preventief geïmpregneerd hout. Alleen het hout dat de verticale krachten opvangt is gemaakt van eikenhout vanwege z'n elastische functie (Leijendeckers, 2010). De delen die niet de krachten opvangen kunnen van goedkope en lichter hout gemaakt worden. Om de buitenkant van het ontwerp egaal te houden worden geen schroeven gebruikt om de delen te bevestigen. In plaats daarvan is aangeraden door werkplaatsmedewerkers om houten lamellen schijven en lijm te gebruiken. Voor de steunoppervlak van het bovenste segment is gekozen voor synthetisch leder, net als bij bestaande kasten. Volgens de NEN zorgt deze laag bij contact voor genoeg demping.

Tabel 3: Elasticiteitsmodulus van verschillende materialen (Houtvademecum, 2010; Kunststoffen BV, 2018; Elasticiteitsmodulus, 2018).

Materiaal	Elasticiteitsmodulus (N/mm ²)	Buigspanning (N/mm ²)
Hout (loodrecht)	370	24
Hout (vezelrichting)	7.400	
Staal S235	210.000	65
Acrylaat	3210	107
Glas	69.000	44

De vier LED-platen bestaan uit 2 platen per stuk, een houten grondplaat en een bovenste acrylaat plaat. Deze 2 platen zijn aan elkaar vastgeschroefd door bouten en hebben een smalle open ruimte tussen hen. In deze ruimte zijn LED-lampjes geplaatst en door de acrylaatplaat is de LED-verlichting te zien.

2.5 Evaluatie

Het ontwerp van een interactief springtoestel is gekozen aan de hand van eisen en wensen en mensen met ervaring uit de praktijk. Hoe de sensoren moeten werken in het interactief systeem is uitgezocht. De sensoren zijn aangesloten op een Arduino met een werkende code. Vóór de sensor staan, zoals bij LDR en ultrasoon, geeft een voltage terug dat te kalibreren is met afstand. Hier is getest hoe accuraat gekalibreerd kan worden en gekeken hoe gevoelig de sensor is (Appendix I: Ontwerpcyclus 1 - Testprotocol). Een krachtenplatform is gebruikt om de afzet en landingen te meten in Newton met bestaande code en het gebruik van het rekenprogramma MatLab. Daar is een kracht- en signaalanalyse mee gedaan (Appendix I: Ontwerpcyclus 1).

De druksensoren met een hoog meetbereik tot minstens 3000 N blijken erg duur te zijn (€35.000). Goedkope kracht- en druksensoren gaan bij een te hoge druk of kracht snel kapot en hebben dus een te laag meetbereik voor het ontwerp. Hierdoor worden de concepten met kracht/druksensoren onrealistisch en zullen deze niet snel geïntegreerd worden in de gymzaal. Ook is een goedkope ultrasoon sensor getest met een Arduino. De beschikbare sensor bleek niet accuraat genoeg, met een trage feedback-loop. De sensor mist dan iemand die net een paar centimeters buiten zijn meetbereik staat, of als iemand te snel aan komt

lopen. Omdat de aanloop voor een sprong redelijk snel moet, valt ook deze sensor af. Als laatste is een LDR lichtsensor getest. Omdat de lichtinval met name van boven komt, kan de sensor alleen in het bovenste vlak geplaatst worden. Er is getest met een code waar de licht sensitiviteit erg belangrijk was, en kon alleen meten of een object boven de sensor is geweest. Dit was niet altijd accuraat, snelle sprongen merkte het niet op. Doordat gymzalen geen standaard licht hebben, soms TL buizen op verschillende hoogtes en soms met ramen, blijkt de code niet toereikend voor alle gymzalen. Door het teveel aan diversiteit valt ook de LDR af als bruikbare sensor.

Het ontwerp van Job kan hetzelfde blijven, maar moet een alternatief krijgen wat betreft de sensoren en het doel van het interactieve systeem. Ook moet de functie van de LED-platen herzien worden. In concept Blauw bestaat het uit sensoren, maar in de Job zitten de sensoren in het springtoestel. In de nieuwe analyse moet worden gekeken naar het doel van de platen in het interactief systeem.

De sensoren zijn getest m.b.v. bestaande programma's die voor de Arduino Uno beschikbaar zijn, met kleine aanpassingen. In Hoofdstuk 4 zal verder op het programmeren worden ingegaan.

Er is een gesprek geweest met Mevr. F. Hendriks, de Manager Research en Development van Janssen-Fritsen B.V., een bedrijf gespecialiseerd in toestellen en gymzaalinrichtingen. Er is aangeraden om een kijk te nemen naar een versnellingsensor in de kast. Deze sensor meet versnellingen in de y-, x- en z-as, waarmee deze (interne) verplaatsing van het toestel kan opmerken. Hiernaast werd er aangeraden om het interactief systeem draadloos te maken d.m.v. bluetooth wat meer gebruikersvriendelijk is en veiliger in de gymzaal.

Naar aanleiding van de concepten is er een consult geweest met ervaringsdeskundigen van het bewegingsonderwijs. Dit zijn M. Bosman, van het lectoraat van Gezonde Leefstijl in een Stimulerende Omgeving, als mede docenten van de HALO en leerkrachten bewegingsonderwijs in het basisonderwijs. Hieruit is naar voren gekomen dat er een preferentie is voor ontwerpen die toegevoegd kunnen worden bij een bestaand ontwerp, een "add-on". Naar diens zeggen zou het gebruik van het ontwerp bespoedigd kunnen worden als het bestaande toestellen niet hoeft te vervangen. Een add-on kan daarmee de bestaande leerlijn volgen en interactieve feedback geven, waar het zowel voor de leerkracht als de leerling duidelijk is wat er moet gebeuren. Om dit proces te bespoedigen is het daarom verstandig om de kosten minimaal te houden, zodat het in elke gymzaal geïmplementeerd kan worden.

Nieuwe wensen:

- Het interactief systeem werkt met bluetooth
- Het springtoestel kan als add-on gebruikt worden op bestaande springtoestellen

3. Ontwerpcyclus 2

3.1 Analyse

Na de korte evaluatie blijken de sensoren niet te werken zoals gedacht (Appendix I: Ontwerpcyclus 1 – Testprotocol). Hierdoor moet een nieuwe analyse uitgevoerd worden voor de sensoren. Weer wordt de sensor aan de Arduino aangesloten met een code specifiek voor die sensor. De activiteit moet een duidelijke waarde teruggeven aan het systeem, zoals een drempelwaarde. Zodra activiteit, of beweging duidelijk wordt waargenomen kan het gebruikt worden voor een Arduino systeem.

3.1.1 Sensoren

Op aanraden van F. Hendriks van Janssen-Fritsen, is gekeken naar versnellingssensoren voor in het springtoestel. Naar voorbeelden van voorgaande projecten van de Gymzaal van de Toekomst is ook naar capacitieve sensoren gekeken.

Een versnellingssensor meet versnellingen in drie richtingen. Bij een landing van de sprong verplaatst het landingsoppervlak mee met de kracht en duwt vervolgens terug volgens Newtons derde wet. Deze verplaatsingen kunnen dan nog wel klein zijn, een versnellingssensor zou die wel op kunnen pikken. De sensor zou aan de onderkant (binnenkant) van het steunoppervlak moeten komen.

Een capacitieve sensor bestaat slechts uit een geleidend oppervlakte. Wanneer het geleidende oppervlakte in contact komt met een ander geleidend oppervlakte, werkt de oppervlakte van de sensor als een condensator. Door contact verandert de capaciteit van de condensator en verandert de stroom in het circuit, wat meetbaar is. Bij het springen is de huid de geleidende factor, waardoor het alleen werkt als de handen worden geplaatst zoals bij een steunsprong. De plaatsing van deze sensor moet op de steunoppervlakken komen.

De versnellingssensor is weer getest met een kleine aanpassing van bestaande code met de Arduino Uno. Ook hier bleek dat de sensor niet gevoelig genoeg is om een landing op te merken. Hoe steviger het materiaal van het landingsoppervlak, hoe minder neerwaartse versnelling de sensor op kan pakken. Hiermee valt ook deze sensor af. De capacitieve sensor is gemeten door geleidend materiaal aan te raken. In het begin een bolletje aluminiumfolie gebruikt die vast zat aan een jumper van de Arduino. Omdat dit goed bleek te werken is er met kopertape getest, dat ook goed werkt.

3.1.2 LED-platen

Aanvankelijk zouden in het ontwerp (Figuur 10) de LED-platen oplichten zodra er op gesteund wordt. Nu de sensor in het springtoestel zit is dat niet meer nodig. De functie van de platen was om de gebruiker te stimuleren van plaat naar plaat te sturen, met tussenin een springtoestel. Een plaat op de grond geeft een duidelijke verwachting waar de gebruiker heen moet, echter het materiaal moet wel stevig genoeg zijn, omdat er ook techniek in verwerkt zit. Naast LED-lampen moet er voeding zijn en besturing voor het in- en uitschakelen van de lampen.

Met alleen het doel de gebruiker ergens heen te sturen d.m.v. verlichting, kan de LED-plaat ook een andere vorm aannemen. In het bewegingsonderwijs wordt veel gewerkt met pylonen om aan te duiden waar leerlingen omheen moeten lopen of moeten wachten. Een nieuw ontwerp zou daarom op zichzelf kunnen staan of i.c.m. een pylon.

3.1.3 Berekeningen

Omdat er geen schroeven gebruikt worden in het ontwerp, hoeft alleen de schuifspanning van de stalen pinnen berekend te worden. Het acrylaat ondergaat buigspanning bij het landen of steunen. Voor hout is het niet mogelijk een standaard berekening uit te voeren door de niet-homogene eigenschap (zoals bijvoorbeeld staal wel heeft). Daarnaast zijn de segmenten van samengesteld hout, met een loodrechte kracht, dus niet parallel in de vezelrichting. De gangbare berekeningen (in de vezelrichting) kunnen daarom niet worden toegepast. De dikte van het hout is bepaald a.d.h.v. bestaande springtoestellen en advies van docenten van de werkplaats. Ook zijn de contactoppervlakken samengesteld uit meerdere delen en zijn de verbindingen met lamellenschijven en lijm. De berekeningen die wel gemaakt kunnen worden zijn te vinden in Appendix II. Optredende buigspanning acrylaat bij 2850 N (conform de veiligheidsnorm) komt met een dikte van 2 cm uit

$\sigma_p = 42,8 \text{ N/mm}^2$. De optredende spanning is in alle gevallen lager dan de toelaatbare spanning, namelijk 107 N/mm^2 , oftewel de acrylaatplaat is sterk genoeg om de verticale krachten op te vangen. De plaat moet 2 cm dik zijn.

3.2 Eisen en wensen

Na een nieuwe analyse gedaan te hebben zijn de eisen en wensen aangepast. Eis 8 (Soort sensor) was in ontwerpcyclus 1 'Het interactief systeem maakt gebruik van een of meerdere van deze sensoren: kracht/druk-, geluid- of lichtsensoren'. De nieuwe eis 8 is: Het interactief systeem maakt gebruik van capacitieve sensoren. Daarnaast zijn er een nieuwe eis en twee wensen toegevoegd:

- **Wens 6:** Het interactief systeem werkt met bluetooth
- **Wens 7:** Het ontwerp is te gebruiken als add-on

3.3 Ontwerpfase

Aangezien Job al aan de eisen en wensen voldoet, die niet volledig herzien te worden. Met de nieuwe eisen en wensen wordt een nieuwe ontwerpfase doorlopen. De Job wordt in detail uitgewerkt en het interactief systeem wordt ontworpen om te voldoen aan de wensen.

3.3.1 Herontwerp

Alleen de werking en functie van de sensoren zijn veranderd, waardoor de hele ontwerpfase niet opnieuw hoeft te worden doorlopen. De vorm van het toestel blijft hetzelfde, maar de keuze, plaatsing en functie van de sensoren wordt herzien. Hiernaast zijn de LED-platen vervangen. Het bovenste segment bestaat nu uit acrylaat, zodat het springtoestel ook op kan lichten (Figuur 11).

Uit de tests is de capacitieve sensor het meest bruikbaar gebleken. Bij aanraking van de sensor is er een verschil in capaciteit en werkt het dus als een schakelaar. Hierdoor is gekozen voor de capacitieve sensor, die met zijn lage kosten ook voldoet aan de nieuwe eis.

De nieuwe wens is dat het springtoestel kan worden gebruikt als add-on voor bestaande springtoestellen. Dit wordt gerealiseerd door de maten af te stellen op bestaande springkasten. De lengte en breedte moet daarom aangepast worden naar respectievelijk 135 en 50 cm. Daarnaast moet het toestel uit verschillende segmenten bestaan, zodat er segmenten naar keuze op een bestaande kast kunnen worden geplaatst. Dit kan afhankelijk zijn van de gewenste hoogte, of welk deel interactief moet zijn. Net als bestaande kasten zijn de segmenten open en is het hol. Er zijn ijzeren platen aan de onderkant van de openingen, zodat er banken in gehangen kunnen worden.



Figuur 11: Herontwerp van Job, met nieuwe maten en segmenten

3.3.2 Bakens

De LED-platen zijn vervangen door een nieuw ontwerp dat ook als add-on werkt op pylonen. Ze zijn 13 cm hoog en 8 x 7 cm in lengte en breedte, met een gat (diameter 6,5 cm) in de behuizing (Figuur 12). Zo kunnen ze over de taps toelopende pylonen geschoven worden. De bovenkant is open en er zit een gleuf aan de zijkant waar de verlichting wordt geplaatst. Er zijn er vier, aan elke zijde van het springtoestel één, vervaardigd met laser snijden. Ze hebben voor het gemak de naam Bakens gekregen.

Door de combinatie van de capacitieve sensor op Job, licht één van de Bakens pas op na aanraking, oftewel na het uitvoeren van een steunsprong. Met de Bakens op 300 cm afstand wordt het een uitdaging om naar die oplichtende Baken toe te rennen om opnieuw te kunnen springen. Met dit ontwerp van de Bakens wordt de spelvorm één van oplettendheid (welk Baken licht op?) en conditie door te blijven rennen en springen.



Figuur 12: Bakens voor interactief spel, gemaakt met laser snijden. Links is de opening te zien voor de LED-strips, rechts is de onderkant en binnenzijde, waar de Baken op een pylon kan rusten

3.3.3 Materialisatie

Door de nieuwe wens om ook als add-on te fungeren, moet de Job meer op een kast lijken omdat de maten overeen moeten komen. Hierdoor is het ook handig dat er een overeenkomst is van materiaal. Door de elastische functie van eikenhout is het handig dat de delen waar de verticale krachten op komen, daar van gemaakt zijn. De openingen in de zijkanten van de segmenten hebben een metalen plaat (sportje) op de onderkant, zodat wanneer de gebruiker met zijn voeten de kast beklimt het eikenhout niet wordt beschadigd. De delen die geen krachten opvangen kunnen van een lichter en goedkoper materiaal gemaakt worden. Segment 2 is 135 cm lang, waar in het midden een kans is op doorzakken. Er zijn steunbalken direct onder het oppervlak in het midden en op 12 cm van de zijkant. De verticale krachten worden opgevangen door verticale balken en de planken.

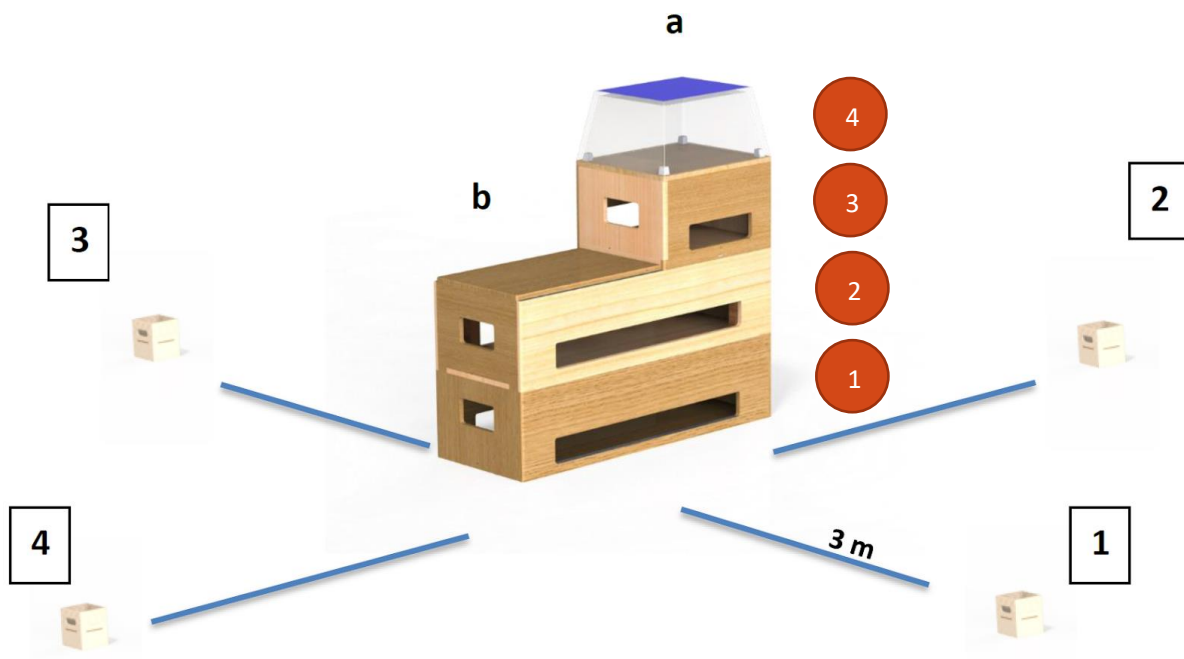
3.3.4 Eindontwerp

Door de capacitieve sensor licht zowel Job, als een van de Bakens op na aanraking (Figuur 13). Het bovenste segment, plateau a, heeft een kleiner steunoppervlak en is daarom uitdagender. Steunoppervlak a is bekleed met synthetisch leder met een schuimlaag eronder, zoals bij bestaande kasten. Steunoppervlak b heeft dat daarentegen niet, vanwege de verschuifbaarheid van segment 3. De spelfunctie van het interactief systeem is dat elk van de vier Bakens willekeurig aan kan gaan en de gebruiker op moet letten na het aanraken, om vervolgens naar die Baken te gaan. Bij het aanraken van plateau b kunnen alleen Baken 1 en 3 willekeurig aan gaan; de gebruiker wordt heen en weer gestuurd. De afmetingen van de Job staan in Tabel 4. Segment 3 staat met een kleine verhoging op segment 2, waardoor de krachten niet via de planken opgevangen kunnen worden. Daarom hebben segment 2 en 3 houten staven die de kracht opvangen. Segment 4 bestaat uit acrylaat dat gevormd wordt d.m.v. extruderen. De segmenten zijn in Solidworks getekend (Appendix II: Solidworks tekeningen).

Tabel 4: Afmetingen Job

Segment	Lengte x Breedte x Hoogte (cm)
1	135 x 50 x 35
2	135 x 50 x 35
3	60 x 50 x 35
4	60 x 50 x 35
4 a	40 x 40

Het interactief systeem komt tot stand door gebruik van de Arduino Uno en vier Arduino Nano's. Op de Arduino Uno en Nano's worden accu's en bluetooth shields aangesloten. Op deze manier zijn de Arduino's voorzien van stroom en kunnen via bluetooth met elkaar kunnen communiceren. Op de Arduino Uno wordt een speaker met speaker shield en RGB LED-strip aangesloten. Op speaker shield worden geluidsfragmenten gezet voor de speaker. De RGB LED-strip wordt geplaatst in segment 4, zodat deze te zien is bij oplichting door de gebruiker. De Arduino Uno en speaker worden in segment 2 of 3 geplaatst. De Arduino Nano's met LED-strips worden geplaatst in de Bakens. De Arduino Nano's hebben bluetooth ontvangers en accu's, zodat de verlichting draadloos aan wordt gezet en zijn voorzien van stroom.



Figuur 13: Opstelling van Job, met de vier segmenten, en de bakens. Bij aanraking van platform a kunnen alle vier de bakens oplichten, bij aanraking van platform b kunnen alleen baken een en drie oplichten

4. Prototype

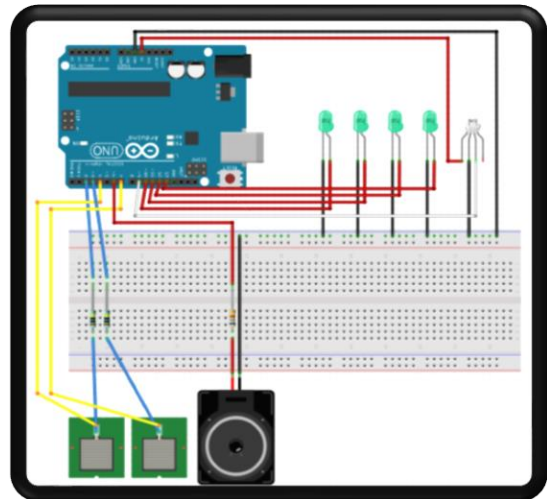
Om het ontwerp te testen is een functioneel prototype vervaardigd. Na het eindontwerp van Job zijn de segmenten met het computerprogramma Solidworks gemaakt. Het interactief systeem is geprogrammeerd en het prototype van Job is vervolgens in de werkplaats gemaakt a.d.h.v. de tekeningen.

4.1 Programmeren

De spelvorm van het interactief systeem is beschreven in Hoofdstuk 3.3.4, waar zowel Job als een willekeurig Bakens oplicht en geluid maakt na aanraking met de capacatieve sensor. Doordat er vanuit de opdrachtgever de Arduino Uno beschikbaar is gesteld, is er geprogrammeerd met de Arduino Uno en diens programmeertaal. In het interactief systeem krijgt de Arduino input door de capacatieve sensor en geeft output in de vorm van licht en geluid. In Appendix II: Arduino Code is de volledige code weergegeven van het prototype. De capacatieve sensor werkt als een condensator, die bij contact de stroom in het circuit verandert. Als de sensor 1 (plateau a) wordt aangeraakt, zal willekeurig (random functie) 1 LED-strip

oplichten van LED-strip 1 t/m 4, voor ongeveer 2 seconden. De RGB LED-strip kleurt dan groen en er klinkt een deuntje. Wordt sensor 2 (plateau b) aangeraakt, geldt hetzelfde principe, maar wordt LED-strip 1 of 3 willekeurig aangezet. Hier klinkt dan ook een ander deuntje.

In Figuur 14 is het breadboard weergegeven met de input en de output op de Arduino. De input bestaat uit twee capacitieve sensoren en de output uit vier LED-strips (in Figuur 14 weergegeven als 4 LED-lampen), 1 RGB-LED-strip (in Figuur 14 weergegeven als een RGB-LED-lamp) en een speaker. De twee capacitieve sensoren (grijs vlak op groene plaat) zijn beide aangesloten met een weerstand van 1M Ohm en de speaker is aangesloten met een weerstand van 680 ohm. De schematische weergave van het elektrische circuit van het interactieve systeem is te zien in Appendix II.



Figuur 14: Breadboard van de Arduino met de gekozen sensoren, licht en geluid. De symbolen zijn uitgelegd in de tekst.

4.2 Werkplaats

Voordat is begonnen met het prototype, zijn de bouwtekeningen goedgekeurd door de werkplaats docenten. Vanwege beschikbaarheid en kosten is gewerkt met hoog kwaliteit MDF-platen i.p.v. (eiken)hout. Om dezelfde reden zijn alleen segment 3 en 4 vervaardigd, op ware grootte. De platen zijn verbonden d.m.v. lamellenschijven en houtlijm. De openingen in segment 3 zijn gedaan door een gat te boren in de hoeken en met een decoupeerzaag tussen van hoek naar hoek te zagen. Dit is afgewerkt met een handfrees. Segment 4 bleek lastig te vervaardigen, omdat de schuine zijdes in twee richtingen scheef staan. Eerst is geprobeerd een frame te lassen, maar dit werd al snel afgeraden. Met hout is een frame geprobeerd te bouwen, dat gaandeweg een andere vorm kreeg. Uiteindelijk is er een houten frame gebouwd met acrylplaten er tegenaan, waarvan de delen zijn vastgeschroefd. Voor de dempende functie en het egale oppervlak zijn de schroeven en toplaag afgeplakt met schuimrubber en tape (Figuur 15).



Figuur 15: Foto van het bovenste segment, gemaakt van acrylaat en houten frame aan de binnenkant, met een dempende toplaag.

5. Evaluatie

Het ontwerp is getest aan het pakket van eisen en wensen. Hiernaast is met het prototype een pilot meting gedaan met twee kinderen uit groep 7. De Job is ontworpen zodat hij aan alle eisen en wensen hoort te voldoen. Omdat niet alle eisen zelf te testen zijn, is dit een schatting en zijn er wat berekeningen uitgevoerd. In Appendix IV staat een tabel met de meetmethode en berekeningen voor de eisen van het ontwerp.

Tabel 5: Evaluatie van het ontwerp aan de eisen en wensen. De geteste eisen en wensen voldoen, die met ster zijn niet getest.

	Eisen	Voldaan		Wensen	Voldaan
1	Het springtoestel is te gebruiken voor het steunspringen		1	Het ontwerp moet kinderen op conditioneel vlak positief beïnvloeden	1*
2	Het toestel heeft verschillende niveaus voor springactiviteit		2	De springactiviteit heeft positieve invloed op coördinatie, balans en/of spronghoogte	1*
3	Het toestel heeft variatie: het is bruikbaar voor verschillende soorten steunsprongen		3	Het springtoestel vergroot de intrinsieke motivatie door toevoeging van keuze	1*
4	Het interactieve geeft een beloning na het gebruik van het toestel, zoals licht, geluid of tekst		4	De feedback moet duidelijk zijn, niet te veel of overweldigend	
5	De minimale afmetingen van het toestel zijn l en b=39,5 cm		5	Het oppervlakte van het springtoestel is egaal	
6	Het springtoestel is mobiel verplaatsbaar of elk segment heeft een massa van maximaal 200 N		6	Het interactief systeem werkt met bluetooth	
7	Het interactief systeem heeft sensoren geplaatst in het springtoestel		7	Het ontwerp is te gebruiken als add-on	
8	Het interactief systeem maakt gebruik van capacitieve sensoren				
9	Het interactief systeem maakt gebruik van een of meerdere van deze hardware-onderdelen: LED, LCD en speaker				
10	De NEN veiligheidsnormen	2*			

^{1*} Het testen van deze wensen is niet haalbaar voor dit project en kan daarom niet geconcludeerd worden. Dit wordt wel aanbevolen voor toekomstige projecten.

^{2*} Niet alle veiligheidsnormen kunnen getest worden, desalniettemin zijn een aantal normen te schatten a.d.h.v. berekeningen. Deze zijn te vinden in Appendix IV.

5.1 Test met doelgroep

Na het vervaardigen is het prototype getest door twee kinderen uit groep 7 van de basisschool; hierbij hebben ze verschillende steunsprongen over de Job gesprongen. Hierna is een korte vragenlijst ingevuld door de kinderen zelf, te zien in Appendix IV. De opstelling is te zien in Figuur 25 in Appendix IV. Er is uitgelegd dat er geluid en licht komt na het aanraken van de sensor. Na het uitvoeren van een steunsprong moeten ze naar de oplichtende Baken. Het prototype van de Job en het interactieve systeem werkte tijdens de test goed. De sensor is gevoeliger voor vochtige handen. Bij een gebruiker met droge handen kan het licht een halve seconde later aan gaan. Door de plaatsing van de sensor (het kopertape), moeten de gebruikers meer letten op de plaatsing van hun handen. Naar zeggen van de kinderen is de Job leuker dan een conventionele kast, de toevoeging van licht en geluid wordt gewaardeerd. De kinderen bedachten eigen regels binnen het spel en stopten toen ze vermoeider werd. Ze zouden Job zowel als speeltoestel willen gebruiken als springtoestel op school, waar de nadruk op leren ligt.

Bij het prototype moet wel extra voorzichtig worden gedaan met betrekking tot de bedrading. Idealiter zou een kleed de bedrading veilig wegstoppen tussen de Job en de Bakens. Bij het landen zou dat een mat kunnen zijn. Bij het opbergen van de bedrading op de haspels is het ook belangrijk dat de bedrading niet los komt.

6. Discussie

In de afgelopen weken is vanuit de opdracht van De Gymzaal van de Toekomst een interactief springtoestel ontworpen, dat daarna is vervaardigd. Het ontwerp van Job, Jumping Obstacle, voldoet aan alle eisen en wensen; het prototype is een functioneel model op ware grootte. Het interactieve systeem zorgt voor een spelvorm waardoor kinderen uitgedaagd worden om een steunsprong te blijven uitvoeren. In de discussie wordt kritisch gekeken naar de totstandkoming van het ontwerp en het ontwerp op zichzelf.

Spelvorm van het interactief systeem

In de analyse is voor het interactief systeem naar voren gekomen welke vorm van feedback, sensoren en hardware nodig zijn. Echter heeft de spelvorm van het interactief systeem pas vorm gekregen in de ontwerpfase van de tweede ontwerpcyclus. Hierdoor is de mogelijkheid gemist om in de analyse te kijken naar andere spelvormen.

- Aanbeveling: Mogelijkheden analyseren voor verschillende soorten spelvormen.

Educatieve rol van de capacatieve sensor

De prioriteit van het ontwerp ligt bij het motiveren van leerlingen. Hieruit hebben de capacatieve sensoren alleen een schakelaar functie, bij aanraking gaat een LED-verlichting aan. Door het specifiek plaatsen van de capacatieve sensoren op de twee steunoppervlakken kan de capacatieve sensor ook een educatieve rol hebben. De gebruiker wordt gestimuleerd om correct diens handen te plaatsen afhankelijk van de soort steunsprong.

- Aanbeveling: Het analyseren van de correcte plaatsing van handen bij verschillende steunsprongen.

Bluetooth code van het interactief systeem

In het interactief systeem communiceren de Arduino's via bluetooth. De code die voor dit bluetooth systeem geprogrammeerd moet worden is niet geschreven. Dit vanwege het ontbreken van de juiste middelen. Wel is er een soort gelijke code geprogrammeerd voor het prototype waar de Arduino's zonder bluetooth communiceren. De code voor het prototype werkt naar behoren.

- Aanbeveling: Het programmeren van de juiste code voor de Arduino's met bluetooth.

Prijs

In Appendix I: Marktonderzoek is er gekeken naar de verschillende prijzen van springtoestellen en kwam naar voren dat de prijs afhankelijk is van het ontwerp. Aangezien het ontwerp Job lijkt op een springkast is deze uniek vanwege zijn interactief systeem. Hierdoor is het moeilijk om er een verkoopprijs aan vast te binden. Het uitzoeken van het productieproces is nodig om tot een marktwaaardig product te komen. Wel is in Appendix V: Discussie een schatting gemaakt van de totale materiaalkosten van het eikenhout wat nodig is voor de springkast van de Job. Ook is er een schatting van de totale kosten van het interactief systeem.

- Aanbeveling: Het uitzoeken van het productieproces van de Job om zo tot een marktwaaardige prijs te komen.

Gebruik prototype

De bovenste twee segmenten (3 en 4) zijn vervaardigd op ware grootte en met werkende sensoren. Deze twee delen zijn samen ongeveer 65 centimeter hoog. Om het gebruik van een kast na te bootsen, moet het verhoogt kunnen worden door de onderste segmenten. Zowel deze, als de extra plank van de add-on (die segment 3 van

Job op een bestaande kast plaatst), zijn niet vervaardigd. Hierdoor is het prototype niet direct klaar voor gebruik voor vervolgonderzoeken. Daarin kan onderzocht worden of het ontwerp bijdrage levert aan wens 1, 2 en 3. Dat zijn respectievelijk conditie (kracht, lenigheid, snelheid en uithoudingsvermogen), springactiviteit (coördinatie, balans en spronghoogte) en motivatie.

- Aanbeveling: Het vervaardigen van de add-on plank om het prototype te testen
- Aanbeveling: Een vervolgonderzoek over de bijdrage van conditie, springactiviteit en motivatie

Evaluatie

Het ontwerp is moeilijk te toetsen aan eis 9, de veiligheidsnormen NEN. Dit komt onder meer doordat het ontwerp van eikenhout is en hout geen homogene materiaaleigenschappen heeft. Hierdoor zijn berekeningen moeilijk en kan er alleen een schatting gemaakt worden.

De wensen 1,2 en 3 (conditioneel, sprong en motivatie) zijn niet getest maar wel meetbaar. Een onderzoeksproject zou hier op moeten volgen. Een aanbeveling is om meetprotocollen op te stellen, het ontwerp met een testgroep te gebruiken in een les, en de uitkomsten te vergelijken met een controlegroep.

Wel hebben twee kinderen het prototype getest d.m.v. een pilotmeting. Hieruit kwam naar voren dat de kinderen het prototype leuk vonden en gemotiveerd waren om vaak te springen.

- Aanbevelingen: Het opstellen van meetprotocollen voor het testen van wens 1, 2 en 3

7. Conclusie

Er was nog geen interactief systeem in een toestel, bedoel om het springen uitdagender te maken, springbewegingen te stimuleren en met kinderen mee te groeien in niveau. Een springtoestel met interactieve sensoren zou daar verandering in kunnen brengen. De doelstelling van het afstudeerproject was dan ook: Het ontwerpen van een springtoestel met een interactief systeem (met behulp van sensoren) dat gebruikt kan worden als steunspringoefening bij het bewegingsonderwijs voor de bovenbouw van de basisschool.

Er is een interactief springtoestel ontworpen en een prototype vervaardigd. Zowel de Job als het interactieve systeem werken goed. Hiermee is aan de doelstelling voldaan.

Aanbevelingen:

- Mogelijkheden analyseren voor verschillende soorten spelvormen
- Het analyseren van de correcte plaatsing van handen bij verschillende steunsprongen
- Het programmeren van de juiste code voor de Arduino's met bluetooth
- Het uitzoeken van het productieproces van de Job om tot een marktwaardige prijs te komen
- Het vervaardigen van de add-on plank om het prototype te testen
- Een vervolgonderzoek over de bijdrage van conditie, springactiviteit en motivatie
- Het opstellen van meetprotocollen voor het testen van wens 1, 2 en 3

Literatuurlijst

- Avila, L.T.G., Chiviacowsky, S., Wulf, G. & Lewthwaite, R. (2012). Positive Social-Comparative Feedback Enhances Motor Learning in Children. *Psychology of Sport and Exercise*, Vol 13 (6), 849-853.
- Arduino (2018). Arduino Main Products. Opgehaald 20 september 2018, van <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>
- Bloemhof, L. (2012). Hogeschool Windesheim onderzoekt toegevoegde waarde digitale gymles. Opgehaald 15 maart 2018, van <http://www.sportknowhowxl.nl/achtergronden/archief/nieuwsberichten/item/90786/>
- Broeren, B. (2017). Construeren 1 Sterkteleer. De Haagse Hogeschool.
- CDC (2000). National Center for Health Statistics. www.cdc.gov/growthcharts/data/set2clinical/set2color.pdf
- Cerasoli, C.P., Nicklin, J.M. (2014). Intrinsic Motivation and Extrinsic Incentives Jointly Predict Performance: A 40 Year Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*, Vol 140 (4), 980-1008.
- David (2013). Difference between LDR and Photodiode. Opgehaald 27 maart 2018, van <http://www.differencebetween.net/technology/hardware-technology/difference-between-ldr-and-photodiode/>
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2012). Motivation, personality, and development within embedded social contexts: An overview of self-determination theory. In R. M. Ryan (Ed.), *Oxford Handbook of human motivation*. Oxford, UK: Oxford University Press, pp. 85-107.
- De Haagse Hogeschool (2018). Gezonde leefstijl in een stimulerende omgeving. Opgehaald 5 september 2018, van <https://www.dehaagsehogeschool.nl/onderzoek/lectoraten/details/gezonde-leefstijl-in-een-stimulerende-omgeving#over-het-lectoraat>
- Duivenvoorden J. (2014). Motorisch leren met behulp van video-instructie. *Lichamelijke opvoeding*. 102(1), 11-13.
- Drost, M. (2013). Bewust afwijken van normen, mag dat zomaar? Opgehaald 29 maart 2018, van <https://www.nen.nl/NEN-Shop/Actuele-themas-Gas-Water/Bewust-afwijken-van-normen-mag-dat-zomaar-1.htm>
- Elasticiteitsmodulus (2018). Wikipedia. Opgehaald 5 juni 2018, van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Elasticiteitsmodulus>
- Hackerstore (2018). Hackerstore Sensoren. Opgehaald 24 mei 2018, van <https://hackerstore.nl/Producten/Sensors>
- Herman, I.P. (2015). *Physics of the Human Body*. Springer International Publishing Ag., pp. 176.
- Kiwi-electronics (2018). Arduino platform. Opgehaald 28 maart 2018, van <https://www.kiwi-electronics.nl/>
- Kunststoffen BV (2018). PMMA-Acrylaat-Perspex- Plexiglas. Opgehaald 5 juni 2018, van <http://wsvkunststoffen.nl/pmma-acrylaat/>
- LO les (2018). LO les dievensprong. Opgehaald 27 september 2018, van <https://sites.google.com/site/lolesdievensprong/stand-4>

- Mizrahi, J., Susak, Z. (1982). In-vivo elastic and damping responses of the human leg to impact forces. *Journal of Biomechanical Engineers*. Vol 104 (1), 63-66.
- Murayama, K., Izuma, K., Aoki, R., Matsumoto, K. (2016). "Your Choice" Motivates You in the Brain: The Emergence of Autonomy Neuroscience. *Advances in Motivation and Achievement*. Vol 19, 95-125.
- NEN (2003). Turntoestellen - Springkasten - Eisen (inclusief veiligheid) en beproevingsmethoden. Opgehaald 29 maart 2018, van <https://www.nen.nl/NENShop/Norm/NENEN-9162003-en.htm>
- Nuij, J. (2016). Turnen voor beginnerz. 2010 Uitgevers. Amsterdam, pp. 19-21.
- Onderwijsraad (2017). Doordacht digitaal. Opgehaald 6 maart 2018, van <https://www.onderwijsraad.nl/publicaties/2017/doordacht-digitaal/volledig/item7551>
- Prapvessis, H., McNair, P.J. (1999). Effects of instruction in jumping technique and experience jumping on ground reaction forces. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. Vol 29 (6), 352-356.
- Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2017). Bewegingsonderwijs primair onderwijs. Opgehaald 7 maart 2018, van <https://www.sportenbewegenincijfers.nl/toekomstverkenning/trendscenario/bewegingsonderwijs-bo>
- Ryan, R.M., Deci, E. L. (2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, Vol 55 (1), 68-78.
- Scholten, C. (2014). Embedded Fitness. In Van Hilvoorde, I.M. (2014) Van tikken naar taggen. Digitalisering van bewegingsonderwijs en sport. Deventer: daM uitgeverij, pp. 219-234.
- Simons, M., Van de Bovenkamp, M., De Vet, Emely. Beweeggames: kansen voor het stimuleren van beweging? Van tikken naar taggen, pp. 205.
- Steenart, J., Lucassen, J. (2014). Gymleraar let op: de 'digitale' gymles komt eraan! Opgehaald 3 september 2018 van <https://www.kennisbanksportenbewegen.nl/?file=5962&m=1454590729&action=file.download>
- Turnsport Vlaanderen (2006). *Sprongen*. Recreatief toestelturnen E-niveau. Opgehaald 24 september 2018, van <http://www.sports-media.be/links/sprongen.pdf>
- Van Berkel, M. (2012). Basisdocument bewegingsonderwijs deel 2, Arko Sports Media BV, pg 103.
- Van Dijk, G. (2018). Massief eiken prijslijst. Opgehaald 10 oktober 2018, van Af.nl/voorraad/massief/eiken/prijslijst.html
- Van der Loo, H., Van Dokkum, G. (2015). Lichamelijke opvoeding op de basisschool. Groningen: Noordhoff Uitgevers, pp. 85; 277-281.
- Visser, H (2017). Geef gericht feedback met de 4 C's. Opgehaald 9 maart 2018, van <https://www.gymspiratie.nl/geef-gericht-feedback-met-de-4-cs>
- Wiselius, S.I. (2010). Houtvademecum. Nederland: Bim Media BV.

Appendices

Appendix I: Ontwerpcyclus 1

Marktonderzoek

De verschillende springtoestellen die al worden aangeboden zijn hier in de Appendix te zien. In het marktonderzoek wordt gekeken naar de afmetingen en hoe de toestellen verplaatsbaar zijn (wielsysteem).

Tabel 6: Het marktonderzoek van bestaande springtoestellen

Toestel	Gebruik	Aanbieder	Prijs (€)
<i>Bok</i>	Gymzaal	Nijha: https://www.nijha.nl/nl/webshop/sportzaal-inrichting/verplaatsbare-sporttoestellen/springkasten-en-bokken/	1200
			
<i>Pegasus</i>	Turnen	Janssen-Fritsen: https://www.janssen-fritsen.nl/product-detail/pegases/	2685
			
<i>Paard, met en zonder hengsels</i>	Turnen en gymzaal	Nijha: https://www.nijha.nl/nl/webshop/sportzaal-inrichting/wedstrijdturnen/turntoestellen/voltige-paard/	2661
			
<i>Kast</i>	Gymzaal	Janssen-Fritsen: https://www.janssen-fritsen.nl/bewegingsonderwijs/springkasten/	1655
			
<i>Foam vaulting</i>	Gymzaal, kleuters / onderbouw	Javy sports:	900

box



<http://javysports.com/gymnastics/531-foam-vaulting-box.html>

Sport cube Gymzaal

Nijha:

382

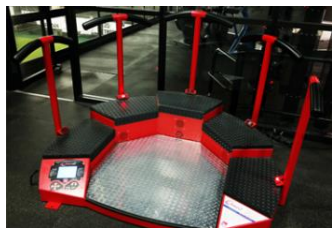
<https://www.nijha.nl/nl/webshop/sporten-a-z/turn-gymmaterialen/turnmatten/sport-cube-120-x-90-x-60-cm/>



Er zijn vele interactieve spellen, echter is de focus op een interactief spel zonder gebruik van een scherm of beeldmateriaal met een beamer, of op het gebruik maken van een sprong.

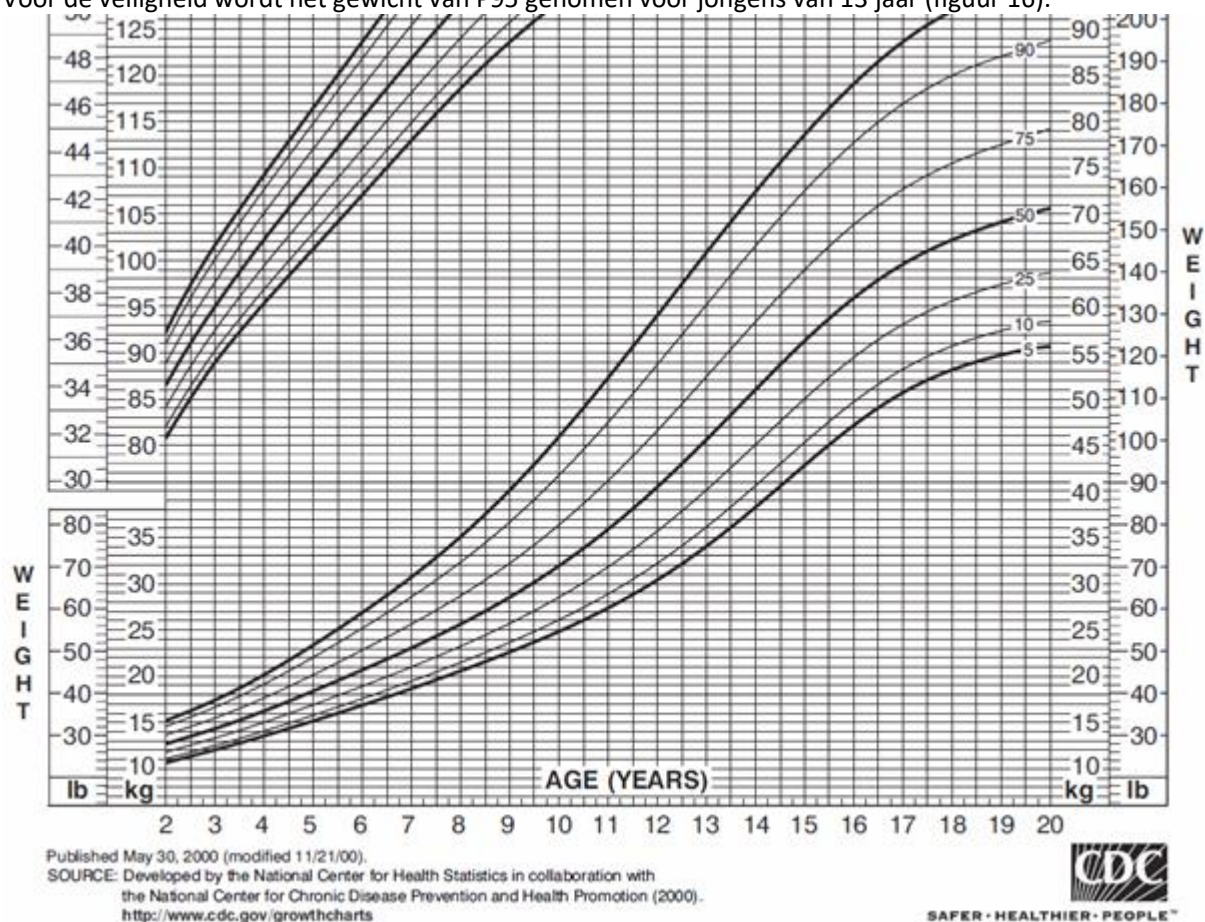
Tabel 7: Het marktonderzoek voor bestaande interactieve spellen

Systeem	Voorbeeld	Gebruik	Aanbieder
Smart Jump		Sensoren die springen meten in frequentie en sprongkracht. Spelvariatie d.m.v. interactie data en projecties	http://embeddedfitness.nl/exergames/smartjump
Energy jump & Energy pump		Een sensor meet de aantal sprongen, dat cumulatief de led-paal vol laat lopen.	http://embeddedfitness.nl/exergames/energy-jump-pump/

<i>SensiGom Interactive Playgrounds</i>		Hoewel meer gericht op jongere kinderen, combineert SensiGom interactieve technologie met een speelplaats. Kinderen worden uitgedaagd om te springen en klauteren, en kunnen spelen met licht of geluid	http://en.sensigom.com/sensiplay/
<i>Exergames fitness: Fit Interactive JumpQ</i>		Met lampen wordt de speler uitgedaagd snel op het oplichtende platform te springen, en kan tot 6 spelers tegelijk	https://www.exergamefitness.com/products/active-floor-games/fit-interactive-jumpq/
<i>De Beweegbox, alternatief voor een gymzaal.</i>		Een volledige interactieve wand, beweeg- en free-run parcours en bobbelbaan voor kinderen.	https://www.beweegbox.nl
<i>Jungle Chase</i>		“Apenkooien” met interactieve 3D-projecties en heeft theatertechnieken voor beeld en geluid.	https://www.janssen-fritsen.nl/junglechase/
<i>Yalp Toro</i>		Yalp heeft veel interactieve spellen, met name voor buiten.	http://www.yalp.nl/producten/sport/toro/toro

Veiligheid

Voor de veiligheid wordt het gewicht van P95 genomen voor jongens van 13 jaar (figuur 16).



Figuur 16: Grafiek van leeftijd en gewicht van jongens

Sensoren

Er zijn veel soorten sensoren, maar een klein deel kan aanwezigheid of beweging detecteren. De betaalbare en realistisch bruikbare sensoren worden hier besproken.

Rekstrookjes

Rekstrookjes zijn sensoren die je op een voorwerp plakt waarna de spanning op dat voorwerp gemeten wordt. Een rekstrookje bestaat uit een folie met een elektrische geleider erop: als deze uitrekt vervormt de elektrische geleider, dat zorgt voor een verandering in weerstand. De uitrekking zorgt ervoor dat de elektronen moeilijker door het rekstrookje stromen, waardoor de weerstand groter wordt. Andersom geldt wanneer het rekstrookje wordt ingedrukt, hierbij wordt de weerstand dus lager. Voor een springtoestel zou een rekstrookje op het oppervlakte geplaatst kunnen worden, waarna het de indrukking meet als iemand landt. Ook zou het tussen twee segmenten geplaatst kunnen worden, waarmee hetzelfde gemeten wordt. Na kalibratie kan indrukking gelinkt worden aan kracht, waarna de kracht bij afzet en landingen gemeten kan worden.

Buig/flex sensoren

Flexsensoren zijn flexibele weerstanden, die worden gebruikt voor het meten van buigingen. Omdat ze een grote flexibiliteit hebben kunnen ze toegepast worden om gewrichtsbewegingen te meten. De flexsensoren werken op dezelfde manier als de rekstrookjes, alleen worden flexsensoren gebruikt bij grote buigingen van

voorwerpen. Als een springtoestel twee losse segmenten heeft die ten opzichte van elkaar kunnen bewegen door invloed van een gebruiker, zou deze sensor gebruikt kunnen worden bij een sprong of landing.

Kracht/druk sensoren

Kracht/druksensoren meten de kracht of druk die op de sensor komt te staan. Bij het uitoefenen van een kracht op een kracht/druksensor, verandert de weerstand. Als er geen kracht op de sensor uitgeoefend wordt, is de weerstand hoog en bij belasting verlaagd deze weerstand. Er zijn verschillende soorten kracht/druksensoren, waarmee bijvoorbeeld de belasting op de hiel of handpalmen te meten is. Het voordeel van deze sensoren is dat ze goedkoop zijn, maar ze hebben een beperkt bereik tot ongeveer 50 kg. Een krachtsensor van een prijsklasse hoger met een groter bereik is een load cell, waarbij een kracht tot 200 kg gemeten kan worden.

Een schakelaar valt ook onder een krachtsensor, omdat een schakelaar een kracht kan opmerken. Een schakelaar verbreekt of verbindt een stroomkring, waardoor het gebruikt wordt om een bepaalde output aan of uit te zetten.

Het sprong- of landingsoppervlak zou een sensor kunnen bevatten, waardoor het systeem kan weten wanneer iemand gebruikt maakt van het toestel. Na kalibratie van voltage en kracht is te meten hoeveel kracht iemand heeft uitgeoefend, waardoor verschillende sprongen te onderscheiden zijn.

Lichtsensoren

Een fotodiode is gevoelig voor licht. De sensor geeft een bepaalde stroom af bij een bepaalde lichtintensiteit. Het werkt snel en is goedkoop. De sensor kan gebruikt worden in een springtoestel door aan te gaan als iemand voor de sensor staat, i.e. voor een springtoestel in de aanloop of op het toestel bij een landing.

Een *light dependent resistor* (LDR) is een weerstand waarvan de weerstandswaarde wordt beïnvloed door het licht. Het kan onderscheid maken tussen verschillende intensiteiten licht. Daarnaast is het sterk en goedkoop (David, 2013). Voor een springtoestel kan het de aanloop zelf opmerken, waar iemand steeds dichterbij komt, de spronghoogte, of afstand van de persoon tot het springtoestel, bij een juiste kalibratie. Hierdoor heeft de LDR een voorkeur t.o.v. de fotodiode.

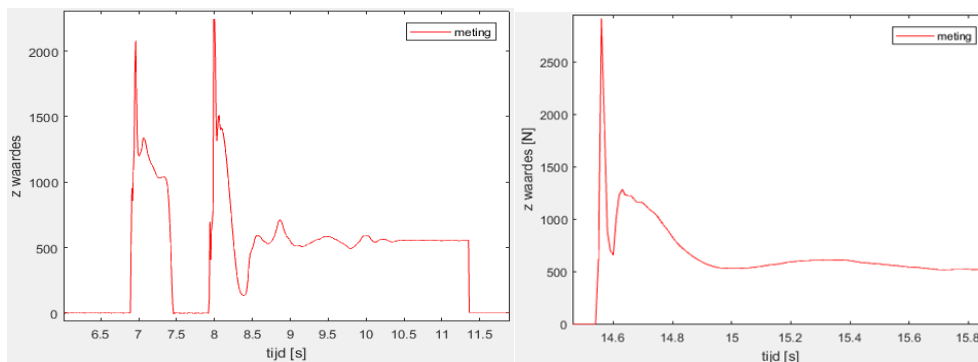
Kracht- en signaal analyse

Met een krachtenplatform zijn verschillende sprongen uitgevoerd om te kijken naar het gegenereerde signaal. Uit onderzoek van Mizrahi en Susak kwam naar voren dat springers die landen op hun voorvoet een grondreactiekracht genereren van 2.22 keer hun lichaamsgewicht. De springers die met platte voeten landen genereren een grondreactiekracht tot 4.66 keer hun lichaamsgewicht (Mizrahi en Susak, 1982). Hierdoor zouden verschillende sprongen gedifferentieerd kunnen worden a.d.h.v. het signaal. Er wordt gekeken naar zowel de afzet als de landing. Afhankelijk van de sensoren kan een code onderscheid maken tussen sprongen en landen, waardoor de feedback gericht kan worden per sprong of uitvoering. Met bestaande code is op het krachtenplatform gesprongen en geland. De metingen zijn met MatLab verwerkt en is geplot in grafieken om geanalyseerd te worden.

Een drop jump wordt gekenmerkt door van een hoger platform te landen en meteen door te veren om op de plaats te springen. Bij de eerste landing is een hoge piek te verwachten (Figuur 17, links), waarna het signaal verlaagt door het inbuigen. De springer verlaat bij de tweede sprong het platform en genereert geen signaal, gevolgd door een hogere piek van de tweede landing op 4,5 keer het lichaamsgewicht. Na stabilisatie van de persoon zal het signaal het lichaamsgewicht weergeven. Aan de hand van de hoogte van de pieken en de tijd ertussen valt op te maken dat een persoon een drop jump heeft uitgevoerd.

Een verticale positie van de voeten is gunstig voor meer dempingstijd tijdens het landen. De grafiek (Figuur 17, links) zal data vertonen van een redelijk hoge piek, waar het aantal Newton tot 3 keer het lichaamsgewicht aangeeft.

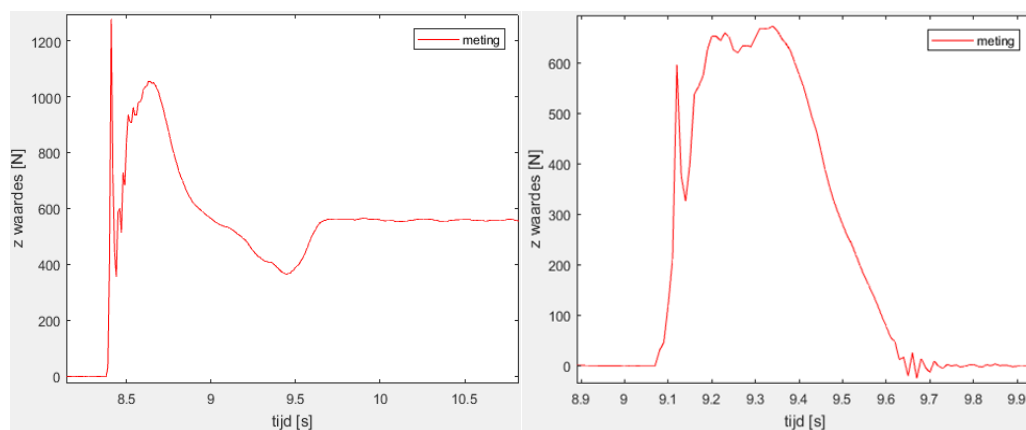
Ter contrast is een landing uitgevoerd van ongeveer 35 cm hoogte op het krachtenplatform met gestrekte benen en een landing op de hakken. Dit levert een enorm hoge piek die in Newton meer dan 5 keer het lichaamsgewicht weergeeft (Figuur 17, rechts). Deze “foute” landing op de hakken is dus gemakkelijk te onderscheiden van een “zachte” landing. Ook kan het onderscheiden worden van de tweede piek in de drop jump, doordat er geen eerste piek plaatsvond in de voorgaande seconden.



Figuur 17: Grafiek van een sprong op het krachtenplatform. Links is de drop jump, te herkennen aan twee pieken met daartussen een deel van een seconde zonder waarde (de zweeffase). Rechts is de harde landing met gestrekte benen, wat een grote piek geeft.

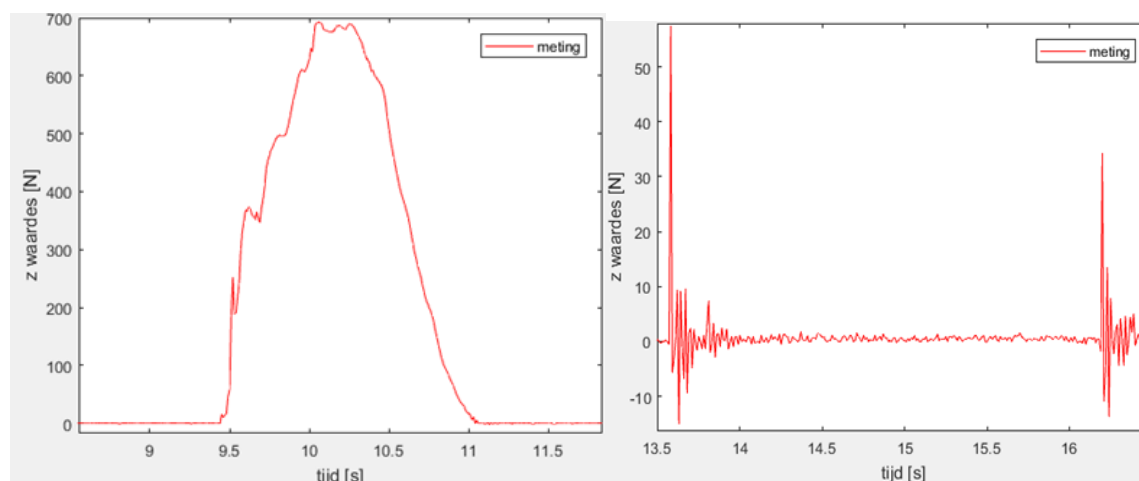
Deze voorbeelden waren sprongen van een hoogte naar een lager platform. In het geval van een kast zal er omhoog worden gesprongen. Deze zijn gedaan door het krachtenplatform te verhogen naar ongeveer 50 cm, met de naam up jump. De up jump wordt gekenmerkt door een zachtere landing dan een drop jump als eerste contact, logischerwijs doordat er tegen de neerwaartse versnelling in moet worden gesprongen. Deze eerste piek is niet meer dan twee keer het lichaamsgewicht. Er volgt een diepe daling in het signaal die daarna weer stijgt en langzamer daalt om te stabiliseren rond het lichaamsgewicht (Figuur 18, links). De diepe daling na het eerste contact, dat meer dan 2 keer het lichaamsgewicht is, kan worden gebruikt om de up jump van de andere sprongen te onderscheiden.

Daarnaast zijn er de steunsprongen. Een springtoestel zoals een kast wordt gebruikt om op te steunen tijdens de zweeffase. In Figuur 18, rechts, is het signaal van het krachtenplatform bij een spreidsprong. Opvallend is dat het signaal onder het lichaamsgewicht blijft waarmee het zich onderscheidt van de loopsprongen. De eerste piek toont aan dat dit een spreidsprong is geweest, waar het initiële contact als plaatsing geldt, waarna er gedurende de steunfase meer gewicht op komt.



Figuur 18: Grafiek van de data verkregen uit het krachtenplatform. Links geeft een up jump weer, te herkennen aan de relatief lage eerste piek. Rechts geeft het contact van een steunsprong weer. Het contact is relatief lang en heeft geen hoge piek, doordat er wordt gesteund tijdens een sprong. De piek wordt niet hoger dan de normaalkracht van het lichaam.

Ter vergelijking is onderstaand signaal van een radslag (Figuur 19, links), waar er voor een langere tijd contact is met het krachtenplatform (er is geen duidelijke piek). Ook hier blijft het signaal onder het lichaamsgewicht. De duur en hoogte van het signaal kan gebruikt worden om te onderscheiden van de andere sprongen, en het mist de plaatsingspiek die wel te zien is bij de steunsprong.



Figuur 19: Grafiek van de data verkregen van het krachtenplatform. Links is de gemeten normaalkracht van een radslag. rechts is het sporadisch gooien van een jongleerbal, waar wel de piek wordt opgemerkt, maar niet het gewicht van de bal die blijft liggen.

Mocht het toestel voor andere doeleinden gebruikt worden, zou dat ook in de code kunnen terugkomen. Het gooien van jongleerballen kan met een bovenhandse worp een piek geven van 60 Newton (Figuur 19, rechts). Met onderhandse worpen, zoals dat op de basisschool wordt aangeleerd, geeft een piek van 30 Newton. De sporadische pieken geven, bij een onderhandse worp, niet meer dan 50 Newton aan. Mits de sensoren gevoelig genoeg zijn, kan het worden ingezet als mikhulpmiddel. Dit geldt met name voor de onderbouw van de basisschool.

Deze signalen zijn van een krachtenplatform, niet iets wat gebruikt kan worden in een springtoestel. Er zijn wel betaalbare krachtsensoren die een kracht van 2000 N kunnen detecteren. Deze moeten gekalibreerd worden van *load* of gewicht naar voltage. De sprongen moeten herhaald worden met de te gebruiken sensoren. Er moet naar de data gekeken worden hoeveel volt of duur van de piek gebruikt kan worden om sprongen te onderscheiden. Van daaruit kan er code worden geschreven die de sprongen onderscheid en aan de hand daarvan verschillende opdrachten geeft aan de aangesloten hardware.

Uit de grafieken van het krachtenplatform is te zien dat de verschillende soorten sprongen te onderscheiden zijn van elkaar. De maximale kracht die bij sprongen te meten zijn, zijn krachten van maximaal 5x het lichaamsgewicht van een kind (max. 3000 N). Als in het springtoestel een krachtsensor verwerkt wordt, dan moet deze sensor een bereik van 0 t/m 3000 N hebben.

Testprotocol van sensoren

Er zijn twee sensoren getest, namelijk de ultrasoon sensor en de LDR. Voor beide geldt dat ze in een lokaal met computer en Arduino software van De Haagse Hogeschool zijn getest.

Er is nodig:

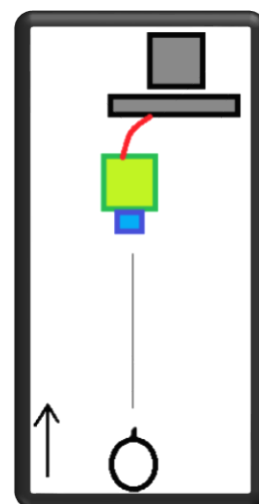
- Computer met Arduino software met aansluitkabel
- Arduino Uno, breadboard, jumper cables
- Sensor
- Code
- 2 personen (één voor de sensor, één om de waardes te zien)

Er is een eenvoudige werkende code geprogrammeerd voor de sensoren met Arduino. De codes werken met een drempelwaarde die overschreden moet worden. De Arduino (groen in Figuur 20) is aangesloten aan de computer (zwart). De sensor in het blauw wordt vanaf tafelhoogte gericht naar een lege ruimte. Een persoon staat voor de sensor op 300 cm afstand en komt steeds dichterbij. Zowel op een afstand staan als in de richting van de sensor bewegen wordt getest. De Arduino geeft waardes terug, afhankelijk van de stroom. Zo kan de waarde 1045 geïnterpreteerd worden bij een bepaalde afstand, t.o.v. de waarde 800 bij een andere afstand, waardoor het systeem gekalibreerd kan worden.

Het feedback systeem van de sensor en de gegeven waarden moet snel verlopen. Bij de ultrasoon sensor zaten er seconden tussen, waardoor een actie binnen een seconde niet opgemerkt wordt. Bij een snelle aanloop of snelle sprong mist de sensor de actie.

Bij de LDR was de drempelwaarde ontoereikend vanwege het aanwezige licht. Een persoon werd niet goed genoeg opgemerkt om het systeem te laten werken.

Later is ook de versnellingssensor gemeten met deze opstelling met een aanpassing. De sensor was bevestigd op een houten kist, waarover een steunsprong is uitgevoerd. Ook hier bleek de drempelwaarde niet overschreden te worden, tenzij de kist zelf verplaatste. Omdat dit niet de bedoeling is (Hoofdstuk 2.1.5 Veiligheid) is de sensor niet gevoelig genoeg geacht.



Figuur 20: Boven-aanzicht protocol testen van sensoren. Het zwarte figuur is de computer, groen de Arduino, blauw de sensor met op afstand een persoon die op de sensor af loopt.

Appendix II: Ontwerpcyclus 2

Berekeningen

Berekening stalen pinnen op schuifspanning:

De pinnen zijn bedoeld om horizontale krachten op te vangen, waarmee de belasting berekend kan worden door middel van schuifspanning. $\tau = F/A$

τ = schuifspanning N/mm^2

F = kracht in N

A = oppervlak (doorsnede) in mm^2

De kracht (F) is bepaald aan de hand van het gewicht van kinderen van 12 jaar. Voor de veiligheid is uitgegaan van 600 Newton. Het oppervlak A is de doorsnede van de diameter van de pin. De pin heeft een diameter van 5 mm en kan ingevuld worden in de formule. Zowel links als rechts zitten pinnen, waardoor de kracht wordt verdeeld in twee.

$$A = \pi * D^2 / 4$$
$$\tau = 300 / (.25 * \pi * 5^2)$$
$$\tau = 15,3$$

Het staal heeft als kenmerk een toelaatbare schuifspanning van 120. Met $15,3 < 120$ zijn de pinnen dik genoeg om de krachten op te kunnen vangen.

Om de buigspanning in de acrylaatplaat te berekenen, wordt eerst het traagheidsmoment berekend, daarna het weerstandsmoment en als laatste de buigspanning.

M = Moment (Nmm)

W_x = Weerstandsmoment tegen buigen (mm^3)

I = Traagheidsmoment (mm^4)

e = afstand tot kracht (mm). In dit geval is $e = 0,5 \times h$

De acrylaatplaat heeft een afmeting van 300 mm lengte, 500 mm breedte en 20 mm hoogte (dikte).

Vb. buigspanning bij 600 N =

$$I_x = \frac{1}{12} * b * h^3 (mm^4) = \frac{1}{12} * 500 * 20^3 = 333333,33$$
$$W_x = \frac{I}{e} (mm^3) = \frac{333333,33}{\frac{1}{2} * 20} = 33333,33$$
$$\sigma_x = \frac{M}{W_x} \left(\frac{N}{mm^2} \right) = \frac{(500 * 300) + (500 * 300)}{33333,33} = 9$$

Toelaatbare buigspanning (geëxtrudeerd) acrylaat = $107 N/mm^2$

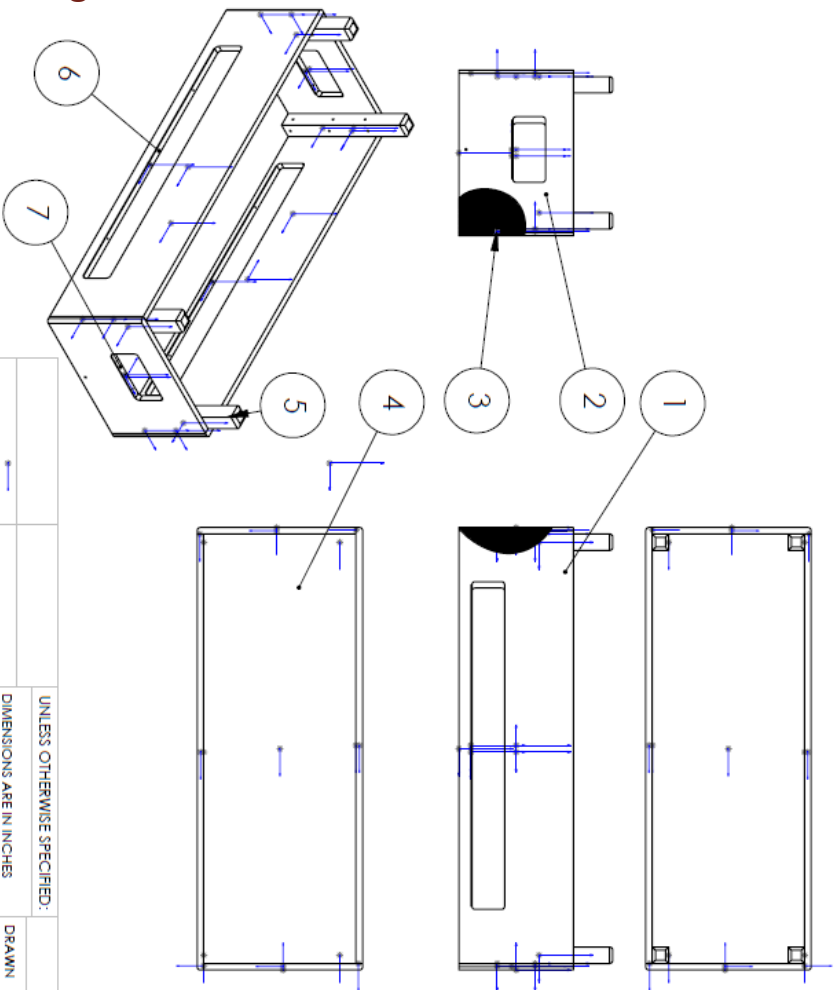
Optredende buigspanning acrylaat bij 600 N = $9 N/mm^2$

Optredende buigspanning acrylaat bij 1413 N = $21,2 N/mm^2$ (het antwoord voor eis 9.e.)

Optredende buigspanning acrylaat bij 2850 N = $42,8 N/mm^2$ (het antwoord voor eis 9.d.)

Alle optredende buigspanningen zijn minder dan de toelaatbare buigspanning, waardoor het ontwerp volstaat voor de te verwachte krachten.

Solidworks Tekeningen



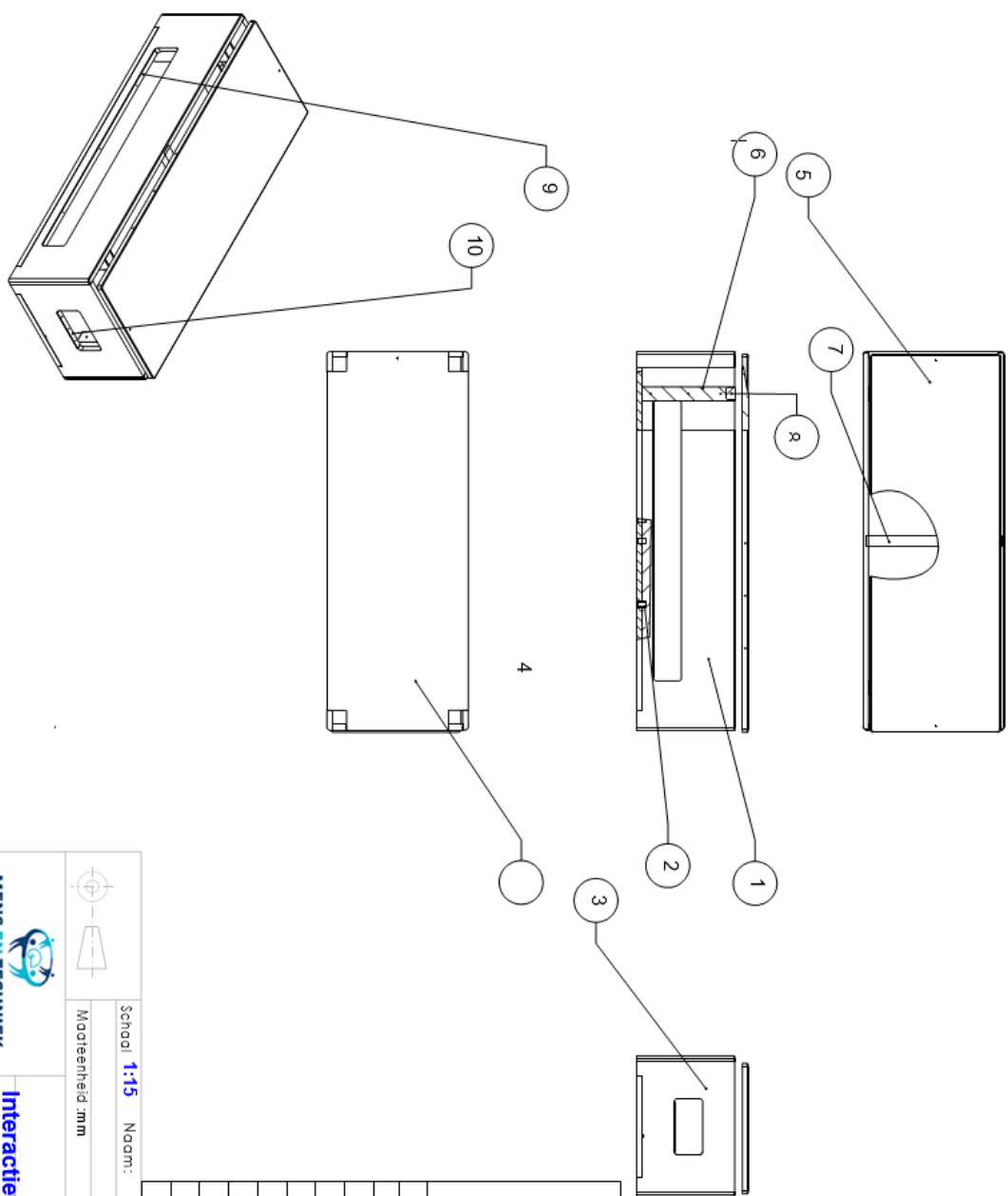
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	plank front 1	2
2	plank side 1	2
3	lamellenstuk	8
4	plank bottom 1	1
5	staaf	4
6	Sporfje_1	2
7	Sporfje_1_zij	2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:			DRAWN		NAME	DATE	De Haagse Hogeschool	
DIMENSIONS ARE IN INCHES			CHECKED				TITLE: JOB - ONDERSTE SEGMENT GYMZAAL VAN DE TOEKOMST	
TOLERANCES:			ENG APPR.					
ANGULAR: MACH. ±			MFG APPR.					
BEND ±								
TWO PLACE DECIMAL ±							SIZE DWG. NO. REV	
THREE PLACE DECIMAL ±								
INTERPRET GEOMETRIC								
TOLERANCING PER:								
MATERIAL: OAK WOOD							SCALE: 1:20 SHEET 1 OF 7	
FINISH								
USED ON								
NEXT ASSY								
APPLICATION								
DO NOT SCALE DRAWING								

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS
DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
<INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY
REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE
WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
<INSERT COMPANY NAME HERE> IS
PROHIBITED.

SEGMENT 1

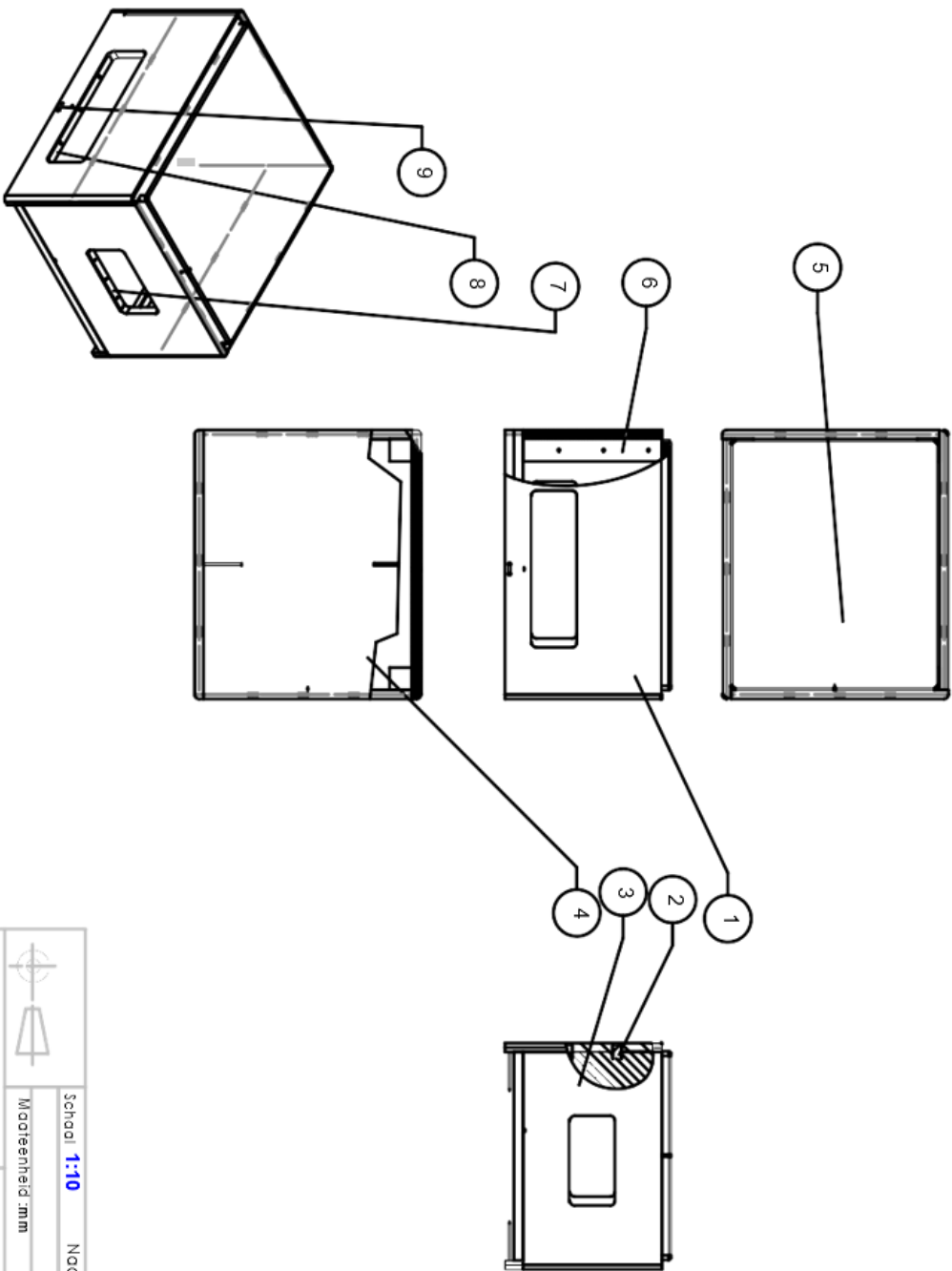
A3



ITEM	PART NUMBER	QTY.
1	Front plank	2
2	Lamellenschijf	24
3	Side plank	2
4	Bottom plank	1
5	Top plank	1
6	Staa	4
7	Balk long	1
8	Balk stoft	2
9	Sport front	2
10	Sport side	2

 MENS EN TECHNIEK BEWEGINGSTECHNISCH		School: 1:15 Naam: _____	
Maateenheid: mm		Fenny van Zijveld & Steven Bontje	
Schroeven niet bijgevoegd		Bestand: Segment assembly twee	
Job - Gymzaal van de Toekomst		A3	

(Segment 2 heeft een toplaag, waar segment 3 op komt en waar ook op gesteund wordt. Hierdoor zit er onder de toplaag 3 horizontale balken om doorbuiging van de toplaag tegen te gaan)

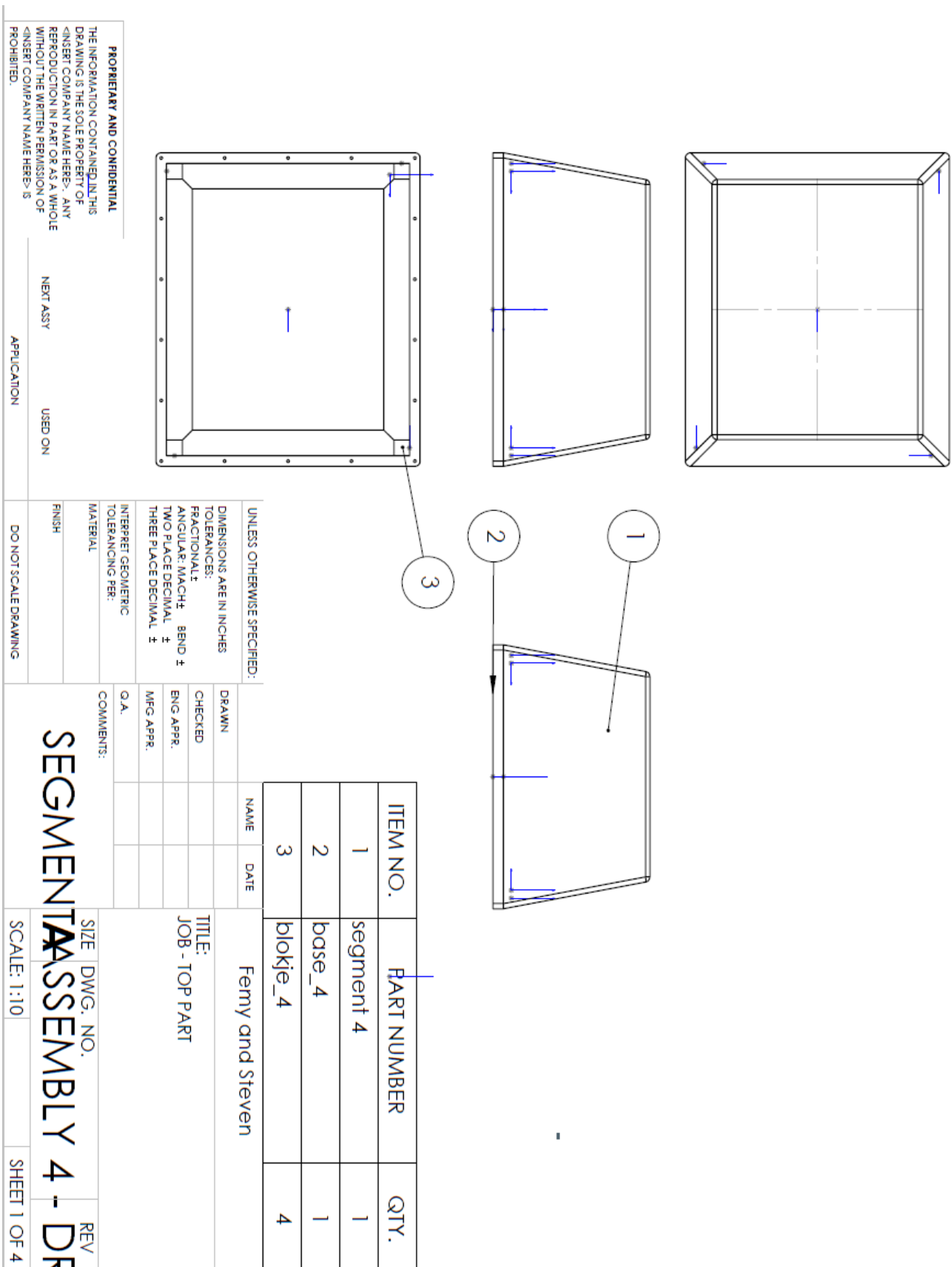


ITEM	PART NUMBER	QTY.
1	Front plank	2
2	Lamellenschip	20
3	Side plank	2
4	Bottom plank	1
5	Top plank	1
6	Staat	4
7	Sport side	2
8	Sport front	3
9	Pin	2

Schaal 1:10		Naam:	
Maateenheid: mm		Femv van Zijlveld & Steven Bontje	
 MENS EN TECHNIEK WERKONSTEN EN TECHNIEK		Afstudeerproject Bestand: segment assembly.dwg Schroeven niet ingevoegd	

JOB - Gymzaal van de Toekomst

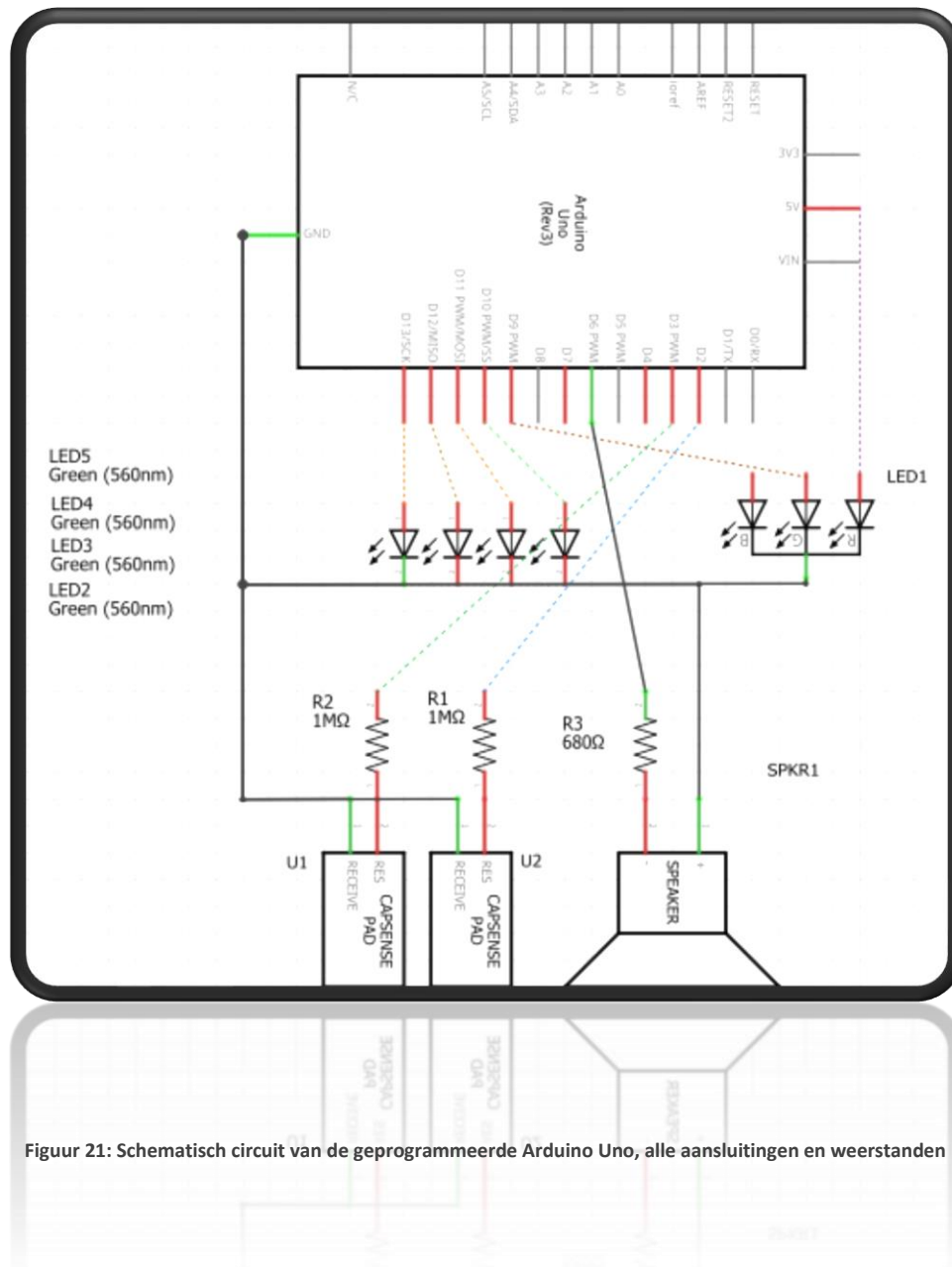
A3



De gedetailleerde Solidworks tekeningen zijn op aanvraag verkrijgbaar. Elk apart onderdeel heeft daarin productspecificaties en afmetingen. Zoals te zien in de tabel naast het segment bestaat segment 1 uit zeven onderdelen, 2 uit 10, 3 uit 9 en segment 4 uit drie, met de add-on apart met twee onderdelen.

Arduino schematisch

Een electrisch systeem werkt als het circuit een ingang en een uitgang heeft. In Figuur 21 is de schematische afbeelding te zien van het interactief systeem. De voltages, weerstanden en aansluitingen worden gespecificeerd. Dit geldt voor het interactief systeem van het prototype.



Figuur 21: Schematisch circuit van de geprogrammeerde Arduino Uno, alle aansluitingen en weerstanden

Arduino code

De code heeft eerst altijd een set up, hierin worden de hardware en de pins gedefinieerd. Daarna komt de “for-loop”, waar het hoofcomponent code zich blijft herhalen zolang de conditie van de loop waar is. Achter de coderegels staat in het grijs kort uitgelegd wat de code-regel betekent. Deze code werkt voor het interactief systeem van het prototype.

```

#include <CapacitiveSensor.h>
#include <FastLED.h>           //include library

#define NUM_LEDS 15           //let it know the rgb led strip has 15 lights
#define LED_PIN 9             //define the rgb led strip in pin 9
CRGB led[NUM_LEDS];           //Ledstrip is red green blue, with the number of leds

CapacitiveSensor cs_2_4 = CapacitiveSensor(2,4); //10M resistor between pins 4 & 2, pin 2 is sensor pin, add a wire and or foil if desired
CapacitiveSensor cs_3_7 = CapacitiveSensor(3,7); //capacitive sensor in pins

int threshold = 250;           //threshold for the capacitive sensor
int ledstrip1 = 13;            //ledstrip is in pin no. 10-13
int ledstrip2 = 12;
int ledstrip3 = 11;
int ledstrip4 = 10;

const int buzz = 6;           //buzzer speaker in pin 6
int length = 3;               //piezo set up length of beats
char notes [] = "ccggaagffeedc "; //the notes
int beats [] = { 1, 1, 1};    //how many beats
int tempo = 300;              //milliseconds between beats

//set up empty slot for the buzzer to play a tone
void playTone(int tone, int duration){
  for (long i = 0; i < duration * 1000L; i += tone * 2){
    digitalWrite(buzz, HIGH);
    delayMicroseconds(tone);
    digitalWrite(buzz, LOW);
    delayMicroseconds(tone);
  }
}

//set up empty slot to let the buzzer play a note
void playNote(char note, int duration) {
  char names [] = {'c', 'g', 'c'};
  int tones[] = {956, 1275, 1915};
  for (int i = 0; i<3; i++){
    if (names[i] == note) {
      playTone(tones[i], duration);
    }
  }
}

void playNote2(char note, int duration) {
  char names2 [] = {'a', 'g', 't'};
  int tones2[] = {300, 1000, 800};
  for (int i = 0; i<3; i++){
    if (names2[i] == note) {
      playTone(tones2[i], duration);
    }
  }
}

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);           //set the rgd led strip as output to receive commands
  FastLED.addLeds<WS2812, LED_PIN, GRB>(led, NUM_LEDS); //define the type of rgb ledstrip

  pinMode(ledstrip1, OUTPUT);
  pinMode(ledstrip2, OUTPUT);
  pinMode(ledstrip3, OUTPUT);
  pinMode(ledstrip4, OUTPUT);         //set the ledstrips as output to receive commands
  pinMode(buzz, OUTPUT);              //set the buzzer speaker as output
}

```

```

void loop()
{
    long total1 = cs_2_4.capacitiveSensor(30);
    long total2 = cs_3_7.capacitiveSensor(30);

    Serial.print(millis() - start);           //check on performance in milliseconds
    Serial.print("\t");                       //tab character for debug window spacing

    Serial.println(total1);                   //print sensor output
    Serial.print("\t");                       //tab character for debug window spacing

    Serial.println(total2);                   //print sensor2 output

    if(total1 > threshold){                   //If the value is above the threshold..
        for (int i=0; i < NUM_LEDS; i++){    //..all of the lights of the rgb led strip
            led[i] = CRGB(0,255,0);          //..turn green
        }
        FastLED.show();                      //..turns on
        digitalWrite (random(10,14), HIGH);  //..one of the pins between pin 10 and 14 turn randomly on

        for (int i = 0; i < length; i++){     //for loop to let the buzzer play, runs through the notes
            if (notes[i] == ' '){
                delay(beats [i] * tempo);
            }
            else {
                playNote(notes[i], beats[i]*tempo);
            }
            delay(tempo/2);}
        }

    else {                                     //If the value of the sensor stays below the threshold
        for (int i=0; i < NUM_LEDS; i++){    //..all of the lights of the rgb led strip
            led[i] = CRGB(10,20,10);          //.. have a low light
        }
        FastLED.show();                      //.. turns on
        digitalWrite (ledstrip1, LOW);
        digitalWrite (ledstrip2, LOW);
        digitalWrite (ledstrip3, LOW);
        digitalWrite (ledstrip4, LOW);        //..all the ledstrips stay off
        noTone (buzz);                       //..and the buzzer speaker plays no tone
    }

    if(total2 > threshold){                   //If the value is above the threshold..
        for (int i=0; i < NUM_LEDS; i++){    //..all of the lights of the rgb led strip
            led[i] = CRGB(0,255,0);          //..turn green
        }
        FastLED.show();                      //..turns on
        digitalWrite (random(10,12), HIGH);  //..one of the pins between pin 10 and 12 turn randomly on

        for (int i = 0; i < length; i++){     //for loop to let the buzzer play, runs through the notes
            if (notes[i] == ' '){
                delay(beats [i] * tempo);
            }
            else {
                playNote2(notes[i], beats[i]*tempo);
            }
            delay(tempo/2);}
        }

    else {                                     //If the value of the sensor stays below the threshold
        for (int i=0; i < NUM_LEDS; i++){    //..all of the lights of the rgb led strip
            led[i] = CRGB(10,20,10);          //.. have a low light
        }
        FastLED.show();                      //.. turns on
        digitalWrite (ledstrip1, LOW);
        digitalWrite (ledstrip2, LOW);
        digitalWrite (ledstrip3, LOW);
        digitalWrite (ledstrip4, LOW);        //..all the ledstrips stay off
        noTone (buzz);                       //..and the buzzer speaker plays no tone
    }

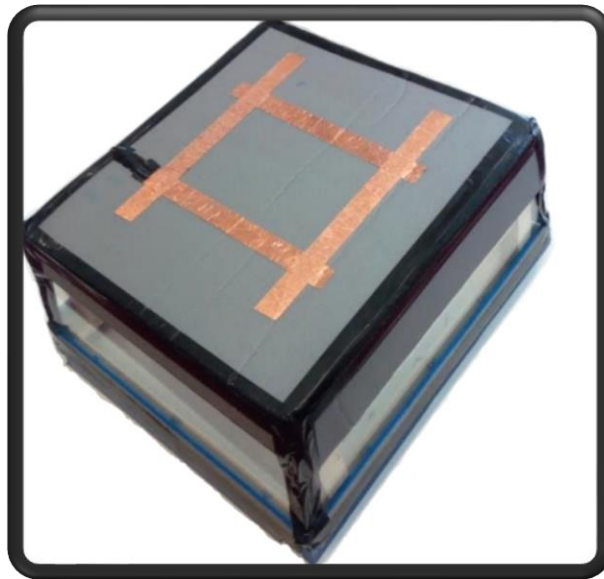
    delay(500) ;
}

```

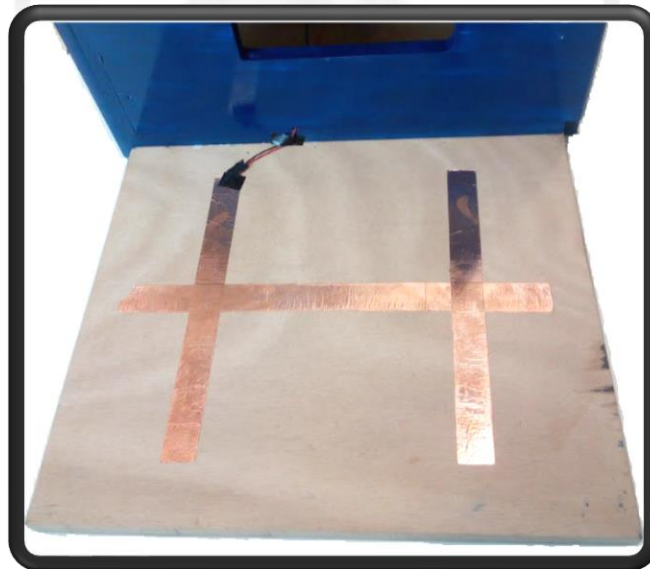
Plaatsing capacitieve sensor

Tijdens het steunspringen moet de sensor kunnen meten dat een persoon het oppervlakte aanraakt. Daarom is de sensor in dit motief geplakt: hoe de handen ook geplaatst worden, ze zullen altijd een deel van de sensor raken. Voor het onderste plateau geldt hetzelfde, maar is het oppervlakte groter dan bij plateau a. Om die reden is de sensor in een ander motief. Als de gebruiker diens handen in het midden plaatst, zal de sensor altijd geactiveerd worden. Zie Figuur 22 en 23.

Het kopertape is geplakt op het steunoppervlak, waar een jumper naar de Arduino is gesoldeerd. In de Arduino komt het in de juiste pin van het breadboard. Tape over het soldeer is een verzekering dat het niet los kan schieten bij aanraken.



Figuur 22: Plaatsing van de capacitieve sensor op segment 4. Door deze vorm # wordt zoveel mogelijk oppervlak beslagen. De gebruiker zal bij steunsprongen altijd de sensor activeren.



Figuur 23: Plaatsing van de capacitieve sensor op de extra plank die dient als add-on. Door de andere afmeting is de vorm H ideaal om zoveel mogelijk oppervlak te beslaan, gelijk aan segment 4.

Appendix III: Handleiding

Handleiding Job: Jumping obstacle met interactief systeem

Beste gymleerkracht,

Gefeliciteerd met de aanschaf van de nieuwe JOB, die is te gebruiken in het bewegend onderwijs. Er zijn verschillende toepassingen mogelijk met de JOB, waarvan verschillende worden toegelicht. Ook wordt de spelvorm uitgelegd van het interactief systeem. Hiermee hopen wij, de makers van JOB, op een positieve ervaring van de kinderen bij het uitvoeren van de steunsprongen!



Inhoud Job pakket

- 4 Segmenten die samen het springtoestel JOB maken (waarvan segment 2 en 4 interactief).
- 4 Bakens die op pylonen of op de grond kunnen worden gezet
- 4 LED-stripjes die in de Bakens horen
- 4 Haspels voor de bedrading
- 2 stalen pinnen
- 1 RGB LED-strip in JOB
- 1 Speaker
- 1 Arduino Uno
- 1 SD kaart met het programma + voeding voor de Arduino Uno
- 7 sets (van een plus en min) bedrading om alle hardware op de Arduino Uno aan te sluiten.

Inhoud

Inhoud Job pakket	47
Spelvormen	48
Uitgebreide spelvorm	48
1 gebruiker	49
Meerdere gebruikers	49
Verkorte spelvorm	50
Job: jumping obstacle	50
Gebruik van losse segmenten	51
Segment 1	51
Segment 2	51
Segment 3	52
Segment 4	52
Interactief systeem	52
Aansluiting segment 2	53
Aansluiting segment 4	53
Aansluiting LED-strips	53
Interactief systeem als add-on	54

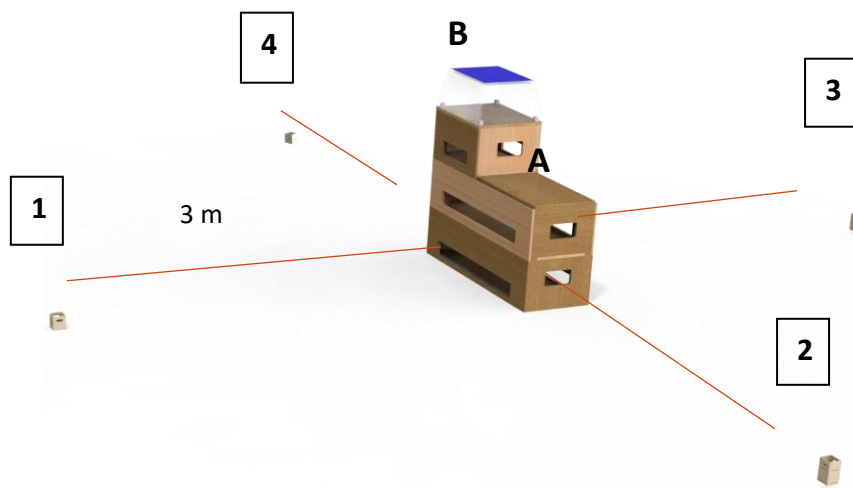
Spelvormen

JOB helpt u uw leerlingen uitdagen, motiveren en plezier hebben! Door de segmenten en sensoren zijn combinaties mogelijk anders dan een standaard springtoestel. De overige functies en de uitleg van de onderdelen van JOB kunt u daarom verderop lezen. Het interactieve spel komt in de gymles terug en het is belangrijk dat u als docent doorheeft waarom de sensoren moeten worden aangesloten.

Er zijn 2 spelvormen met de JOB te verwezenlijken, met een onderscheid tussen het gebruik van 1 of 2 sensoren.

Uitgebreide spelvorm

Hier is de volledige JOB aangesloten, met 4 segmenten, 4 Bakens en de 2 sensoren. Als beide sensoren zijn aangesloten, is er onderscheid in wat er terugkomt van JOB. Wordt plateau "A" aangeraakt, dan licht alleen Baken 1 of 3 op en klinkt er een kort deuntje. Wordt plateau "B" aangeraakt, licht 1 van de 4 Bakens willekeurig op en klinkt er een langer deuntje. In beide gevallen licht JOB groen op van binnenuit.



1 gebruiker

Kinderen moeten voor een vaste tijd of een vast aantal sprongen over de JOB, waardoor er maar 1 gebruiker is. U als docent mag kiezen welke sprongen moeten worden uitgevoerd. Hiermee beslist u ook waar een springplank of trampoline komt te staan en aan welke kant een mat.

Het spelvorm wordt in de volgende cyclus omschreven:

- I. De gebruiker begint bij een willekeurige LED-houder en rent richting JOB
- II. De gebruiker doet een steunsprong over JOB
- III. Bij het aanraken van een steunvlak, klinkt een deuntje, licht JOB vanbinnen op en licht een willekeurig Baken op (1 t/m 4). Dit is willekeurig, dus het kan dezelfde zijn als waar de gebruiker vandaan kwam
- IV. De gebruiker loopt naar die Baken en de cyclus begint opnieuw of tot de gebruiker wordt afgewisseld.

Ter ondersteuning is hier een kort filmpje waarin dit concept naar voren komt.

<https://youtu.be/zsIXuZ3KGj4>

Het spel is voor 1 gebruiker: ze lopen naar de oplichtende Baken. Nu wachten ze op hun beurt, met 1 gebruiker kan deze meteen door.

Meerdere gebruikers

De opstelling van JOB en het interactieve systeem is hetzelfde. De werking is daarmee ook gelijk. Er wordt rekening gehouden met een klas van bijvoorbeeld 20 leerlingen. De kinderen verdelen zich in groepjes van 5 en gaan bij de Bakens (1 t/m 4) staan.

De spelvorm wordt in de volgende cyclus omschreven:

- I. De eerste willekeurige gebruiker begint vanaf de LED-houder
- II. De gebruiker voert een steunsprong uit over JOB
- III. Bij het aanraken van het steunvlak klinkt een deuntje, licht JOB vanbinnen op, en licht een willekeurige Baken op (1 t/m 4). Dit is willekeurig, dus het kan dezelfde zijn als waar de gebruiker vandaan kwam.
- IV. De gebruiker die vooraan staat bij de oplichtende Baken mag nu een steunsprong uitvoeren. Punt II tot IV wordt herhaald.

Totdat alle kinderen zijn geweest, of totdat de tijd op is, kunnen de steunsprongen uitgevoerd worden. Hoewel er met de interactie een nieuwe dimensie wordt gegeven aan het oefenen van sprongen, kan voor de u nog steeds de nadruk liggen op het oefenen van de steunsprongen.

Ter ondersteuning is hier een kort filmpje waarin dit spel naar voren komt.

<https://youtu.be/YCqrhK2Hnjs>

Het spel is voor meerdere gebruikers: de andere persoon begint vanaf de oplichtende Baken. Omdat ze met weinig zijn, moeten ze eerst naar de Baken toe.

Verkorte spelvorm

In de opstelling is alleen segment 2, oftewel plateau A, aangesloten. De twee bovenste segmenten doen niet mee. (Segment 3 en 4 kunnen wel geplaatst worden zoals voor het oefenen van een radslag, maar wordt voor de duidelijkheid achter wege gelaten)

Als alleen plateau A wordt aangeraakt, zijn alleen Bakens 1 en 3 actief. Als er 1 gebruiker tegelijk gebruik maakt van JOB, dan weet deze dat hij alleen heen en weer hoeft te springen. Voor u als docent is het dan gemakkelijk te anticiperen waar deze moet staan om te assisteren bij de steunsprong. U geeft aan wanneer een andere gebruiker aan de beurt is.

Als er meerdere gebruikers zijn, vervolgt de cyclus zich als volgt:

- I. De eerste willekeurige gebruiker begint vanaf Baken 1 of 3
- II. De gebruiker voert een steunsprong uit over JOB
- III. Bij het aanraken van het steunvlak klinkt een deuntje, licht JOB vanbinnen op, en licht een willekeurige Baken op (1 of 3). Dit is willekeurig, dus het kan dezelfde zijn als waar de gebruiker vandaan kwam.
- IV. De gebruiker die vooraan staat bij de oplichtende Baken mag nu een steunsprong uitvoeren. Punt II t/m IV wordt herhaalt.

Job: jumping obstacle

Het springtoestel heeft verschillende segmenten, die onafhankelijk gebruikt kunnen worden, met uitzondering van segment 1. In zijn geheel is het een springtoestel met een verhoging aan één kant.

- Wordt de aanloop vanaf de lange zijde van JOB gedaan, zal met name een wendsprong en dievensprong geoefend kunnen worden, zoals een overslag met een halve draai of de Arabier.
- Een aanloop vanaf de korte zijde heeft twee opties, die beide wordt geadviseerd voor het hoogste niveau.
 1. De eerste optie is een aanloop, waar de verhoging het eerste is wat de gebruiker tegenkomt. Een spreidsprong kan hierover geoefend worden, waar de gebruiker landt op het lagere deel van JOB. Andere steunsprongen kunnen geoefend worden, mits de gebruiker na het steunpunt over het lage deel van de kast kan blijven zweven en in evenwicht op de mat daarnaast kan landen.
 2. Vanaf de andere korte kant, waar de gebruiker eerst het lage deel tegenkomt en daarna de verhoging, kan de zweefsprong geoefend worden. De gebruiker wordt hierbij gedwongen om na de afzet de handen ver weg te zetten, namelijk op het hoge deel.

In het kiezen van de aanloopkant en de soort steunsprong, worden gebruikers maximaal uitgedaagd. Door het gebruik van de segmenten is het mogelijk om JOB te gebruiken voor verschillende niveaus.

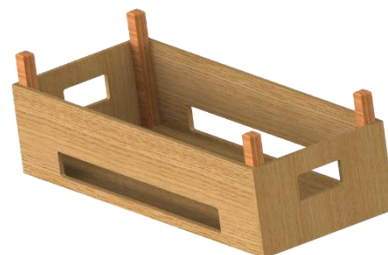
Segment 3 is te verplaatsen op segment 2. Er zijn drie standen, zodat segment 3 aan het uiteinde staat, in het midden, of tussen die twee standen in. Hierdoor kunnen sprongen nog meer gevarieerd worden. Vanaf de korte zijde een zweefsprong aanleren kan nu in makkelijk tot moeilijk niveau geoefend worden.

Gebruik van losse segmenten

De verschillende segmenten zijn los te gebruiken of in combinatie met andere segmenten. Dat wordt in dit deel verder toegelicht.

Segment 1

Het onderste segment fungeert alleen als verhoging van de overige segmenten. Door de bouw is het alleen mogelijk om segment 2 op segment 1 te zetten.



Segment 2

Dit is de lange box, vergelijkbaar met een traditionele kast. Dit deel is wel interactief door middel van de sensoren. Hoe die werken, wordt verderop uitgelegd.

- Als onafhankelijk gebruik, kan dit deel functioneren als verhoging, waar sprongen zonder aanloop mee geoefend kunnen worden.
 1. Voor het verhogen van de sprongkracht kan de box jump worden uitgevoerd, of er vanaf springen zoals de drop jump.
 2. Andere activiteiten waar een verhoging voor nodig is kan ook met dit deel, zoals aerobics.
 3. Voor de lagere groepen kan het gebruikt worden als eerste kennismaking met de steunsprong.
- Als deel van de kast, werkt dit deel zowel als verhoging, als deel waar op gesprongen kan worden. In combinatie met segment 1 wordt dit deel 70 cm hoog. Sprongen met een reuterplank wordt geadviseerd voor beginnende gebruikers, en zonder plank voor ervaren gebruikers.
- In combinatie met segment 3 (en wellicht verhoging segment 1) kan geoefend worden met dezelfde sprongen als bij de gehele JOB. Het springtoestel is minder hoog, waardoor het voor beginners wordt aangeraden.



Segment 3

Deze kleinere box is zo gebouwd dat het om segment 2 heen klemt en zo stevig zal staan. Het uitstekende hout is echter niet geschikt om los op de grond te zetten en het dan te gebruiken als los onderdeel. Hierdoor zal het in combinatie met segment 2 gebruikt moeten worden.

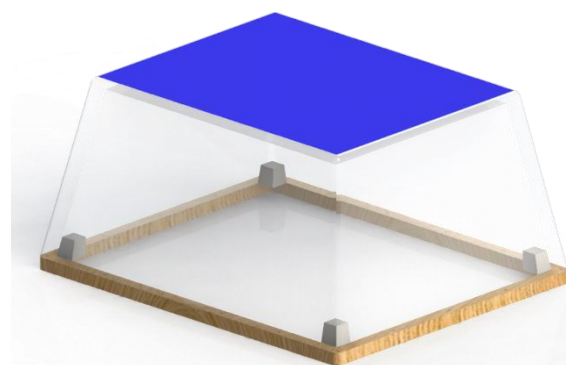
Dit segment is te verplaatsen op segment 2, op drie standen: aan het einde van segment 2, in het midden, en er tussenin. De stalen pinnen zijn meegeleverd om het segment op de plaats te houden.



Segment 4

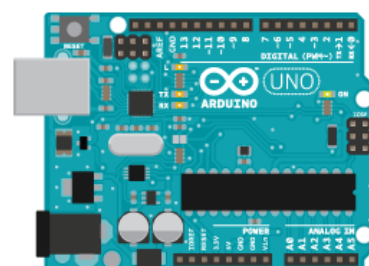
Dit is het hoogste segment en kan, net als segment 3, onafhankelijk gebruikt worden. Echter, vanwege het materiaal is het niet geschikt om op te landen; het dient alleen voor de steunsprong. Box jumps vallen hiermee af.

De bovenkant van het segment is interactief, waardoor gebruikers worden uitgedaagd om een steunsprong uit te voeren. Het heeft een andere vorm, namelijk een zes-zijdige piramide. Hierdoor is het plaatsingsoppervlak voor de steunsprong kleiner dan het steunvlak. De gebruikers worden meer uitgedaagd om de handen juist te plaatsen, en door de aflopende zijdes kan de hand ook om de randen heen geplaatst worden.



Interactief systeem

JOB werkt met een klein computertje, de Arduino Uno. Hierop zijn de sensoren (het kopertape), LED-lampjes en een speaker aangesloten. Bij het aanraken van de capacitieve sensor, dus bij het uitvoeren van een steunsprong, licht JOB op en klinkt er een deuntje. De LED binnenin JOB wordt groen en het geluid is een kort muziekje. Het zegt niets over de sprong, alleen dat de sensor is aangeraakt. U kunt daardoor weten of de plaatsing van de handen correct op het bovenvlak was.



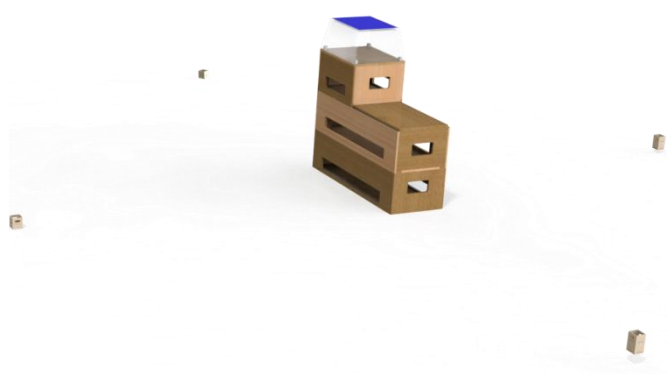
Segmenten 2 en 4 hebben sensoren. Ze zijn echter wel onafhankelijk te gebruiken en kan gekozen worden om alleen bepaalde segmenten in te zetten. Ook is het zowel mogelijk om twee pylonen om JOB neer te zetten, als vier. In de standaard uitvoering zijn beide sensoren, als wel alle vier LED-lampen aangesloten op de Arduino. Deze moeten handmatig rond de JOB geplaatst worden. Over de bedrading heen kan de Reuterplank of een mat liggen.

Zoals te zien is in de opstelling hiernaast, heeft de JOB twee plateaus, die in hoogte versteld kan worden. De vier Bakens worden met 3m afstand rond de JOB geplaatst. Dit geeft gelegenheid om een plank aan de ene zijde te plaatsen en een mat aan de andere zijde, zodat veilig kan worden gesprongen.

Bakens 1 t/m 4 lichten op nadat de JOB wordt aangeraakt op plateau B. De gebruiker moet na de landing op zoek naar de oplichtende houder, en daarheen gaan. U als docent moet ervoor zorgen dat de gebruiker dat daadwerkelijk doet.

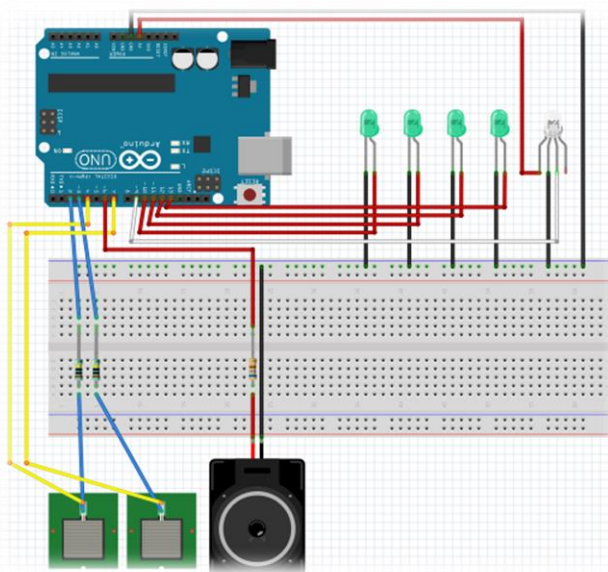
Bakens 1 en 3 lichten op nadat plateau A wordt aangeraakt. Steunsprongen over het lagere deel zorgt er dus voor dat gebruiker alleen heen en weer hoeft te rennen.

De duur van het oplichten van de LED-lampen wordt bepaald door de duur van het geluid uit de speaker. In de standaard opstelling duurt het oplichten bij aanraking van sensor op segment 4 twee seconden, terwijl de sensor van segment 2 anderhalf seconde duurt. Door het geluidsfragment aan te passen in de code kan het spel versneld of vertraagd worden, afhankelijk van het niveau van de kinderen.



Aansluiting segment 2

De bedrading van het tape zit standaard weggewerkt aan de binnenkant. De rode draad moet naar het breadboard na de weerstand, de zwarte moet in de Arduino Uno aangesloten worden. Voor de rode draad is dat de weerstand die in verbinding staat met pin 3, de zwarte draad moet direct in pin 7. Dit kan niet in een andere pin, dan werkt het programma niet meer.



Aansluiting segment 4

Net als segment 2 heeft dit segment standaard tape met een draadje. Aan de binnenkant moet de rode en zwarte draad respectievelijk naar pin 2 en 4. Dit moet op dezelfde manier na de weerstand die in contact staat met pin 2. Ook hier geldt dat de zwarte draad alleen in pin 4 mag worden aangesloten.

Aansluiting LED-strips

De LED-strips hebben een volledig circuit nodig. Dat wil zeggen dat de lichte bedrading in pin 2 t/m 5 moet, en de zwarte bedrading in de "ground". Deze ground bevindt zich aan de linkerzijde van het board, in de volledige kolom met het blauwe minus-teken.

De LED-strips bedoeld in de Bakens om de pylonen hebben lange bedrading, zodat ze elk 3 meter vanaf de JOB geplaatst kunnen worden. De strips zijn dun en vastgeplakt in de houten behuizing. De RGB LED-strip is bedoeld

om in de JOB te plaatsen, zodat de kast van binnenuit verlicht wordt. Deze strip heeft meer opties qua kleuren en kan in verschillende segmenten geplaatst worden.

De speaker is al aangesloten aan de Arduino.

Interactief systeem als add-on

Als de gymzaal al een springtoestel heeft, zoals een standaard kast, is het mogelijk om alleen het add-on pakket te gebruiken. De plank, hiernaast afgebeeld, zal een bestaande kast afsluiten. Vanaf daar kunnen segment 3 en 4 toegevoegd worden.



Het interactief systeem kan door een JOB-professional op de bestaande toplaag geplakt worden van een springtoestel dat geschikt is voor steunsprongen. De sensoren zijn alleen gevoelig voor aanraking van de huid, zoals handen, en niet voor schoenen of kleding.

Het interactief systeem bestaat uit de sensor op de toplaag, de RGB LED-strip in de kast, de LED-strips in de behuizing, de Arduino, de speaker en de bedrading. Als add-on is alles geïnstalleerd, alleen de LED-houders moeten op de juiste plek geplaatst worden ten opzichte van het springtoestel. Zo kan elk springtoestel interactief worden gemaakt, en kunnen de spelvormen gebruikt worden, uitgelegd op pagina 3. Omdat er maar 1 laag is om op te springen (en geen twee plateaus heeft zoals JOB), is er maar 1 spelvorm mogelijk, namelijk de Uitgebreide spelvorm. Ook dan kan het voor 1 gebruiker tegelijk, als een hele klas om en om.

Appendix IV: Evaluatie

Evaluatie meetmethode eisen en wensen

In Tabel 8 staat uitleg over hoe het ontwerp aan de eisen en wensen zijn getest.

Tabel 8: Meetmethode van de eisen en wensen

Eisen	Voldaan
1 & 3	De Job heeft 2 steunoppervlakten waarover (verschillende) steunsprongen geoefend kunnen worden. Vanaf de lange zijde van de Job is de wendsprong en dievensprong mogelijk. En vanaf de korte zijde de spreidsprong en zweefsprong
2	De Job is verstelbaar in hoogte van 70 tot 135 cm in twee stappen. Ook heeft de Job een klein en groot steunoppervlak
4	Het interactief systeem na een sprong een beloning in de vorm van geluid en licht
5	De kast van de Job heeft een breedte van 50 cm en een lengte van 135 cm
6	Mobiel verplaatsbaar ^{1*}
7	De kast van de Job heeft sensoren in de kast
8	De Job heeft steunoppervlakten met kopertape wat werkt als capacitieve sensor
9	Het interactief systeem van de Job maakt gebruik van LED-verlichting en speakers
10	NEN veiligheidsnormen ^{2*}

Wensen	Voldaan
4	De feedback komt in vorm van geluid met een melodie en in licht met verschillende kleuren
5	Het ontwerp heeft geen uitstekende voorwerpen
6	Het interactief systeem heeft Arduino's die met bluetooth met elkaar communiceren
7	Segment 3 en 4 van het ontwerp zijn op een bestaande kast plaatsbaar d.m.v. de ontworpen plank te zien in appendix III 'Interactief systeem als add-on

1* Berekeningen gewicht van het ontwerp a.d.h.v. massadichtheid

Eis 6. Het springtoestel is mobiel verplaatsbaar of elk segment heeft een massa van maximaal 200 N

Segment 2 is het zwaarste segment vanwege de grootte en dit segment heeft een bodem en top laag. De totale massa van segment 2 is 32,8 kg (zie Tabel 9), dus zwaarder dan 20 Kg (200 N), wat betekent dat segment 2 niet door 2 kinderen opgetild kan worden. Omdat segment 2 een bodem heeft is het segment wel verplaatsbaar d.m.v. een steekkar.

Tabel 9: Massa segment 2

Deel segment	Volume (m ³)	Totaal massa (kg) ^a
--------------	--------------------------	--------------------------------

2x Lange plank	0,00945 (1,35 x 0,35 x 0,02)	12,7
2x korte plank	0,00322 (0,35 x 0,46 x 0,02)	4,3
1x Bodem	0,01242 (1,35 x 0,46 x 0,02)	8,3
1x Top	0,01242 (1,35 x 0,46 x 0,02)	8,3
3x Balken	0,0012 (0,05 x 0,05 x 0,48)	2,4
2x Klein gat	0,0004 (0,2 x 0,1 x 0,02)	-0,5
2x Groot gat	0,002 (1 x 0,1 x 0,02)	-2,7
Totaal		32,8

^a Dichtheid van eikenhout = 670 kg/m³ (Houtvademecum (2010)).

De totale massa van segment 1 is 24,5 kg (zie Tabel 10) en is ook te zwaar om door 2 kinderen getild te worden. Omdat segment 1 een bodem heeft is het segment wel verplaatsbaar d.m.v. een steekkar.

Tabel 10: Massa segment 1

Deel segment	Volume (m ³)	Totaal massa (kg) ^a
2x Lange plank	0,00891 (1,35 x 0,33 x 0,02)	11,9
2x korte plank	0,00304 (0,33 x 0,46 x 0,02)	4,1
1x Bodem	0,0135 (1,35 x 0,5 x 0,02)	9,0
4x Balken	0,001 (0,05 x 0,05 x 0,4)	2,7
2x Klein gat	0,0004 (0,2 x 0,1 x 0,02)	-0,5
2x Groot gat	0,002 (1 x 0,1 x 0,02)	-2,7
Totaal		24,5

Aangezien segment 3 en 4 meer dan tweemaal zo klein zijn in lengte vergeleken met segment 1 en 2 wordt er van uitgegaan dat segment 3 en 4 een massa hebben die minder is dan 20 kg. Daarnaast zijn bepaalde delen van het segment van hout met een kleinere dichtheid.

Segment 3 en 4 voldoen aan de eis dat elk segment maximaal 200 N is, segment 1 en 2 voldoen aan de eis dat de segmenten mobiel verplaatsbaar zijn.

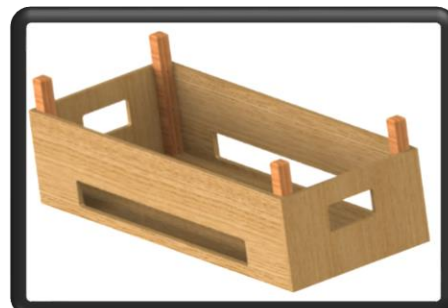
2* Berekeningen voor de NEN Veiligheidsnormen

Eis 9.a. Het steunoppervlak van het springtoestel overschrijdt bij een landing niet een piek deceleratie van 50 g.

De meetmethode van de NEN is niet inzichtbaar en mag alleen door de NEN uitgevoerd worden. Het is onduidelijk waar de waarde 50 g vandaan komt en welke materialen hier aan kunnen voldoen. Omdat conventionele kasten goedgekeurd zijn, wordt een toplaag van synthetisch leder met een vulling als leidraad genomen. Een textiel over een vulling zou moeten voldoen.

Eis 9.b. Het springtoestel mag bij een horizontale kracht aan de top van 20% van het totale gewicht of min. 70 N niet verschuiven, roteren of loskomen

In het ontwerp vallen de segmenten in elkaar, zoals te zien in Figuur 24. Daarnaast is segment 3 met extra pinnen verbonden aan segment 2, waardoor segment 3 in twee richtingen is verzekerd. Als naar het assenstelsel van Figuur 16 wordt gekeken, vangen de pinnen krachten op in de x-richting. In Appendix II zijn de berekeningen voor de stalen pinnen of deze sterk genoeg zijn om de horizontale krachten op te vangen.



Figuur 24: Onderste segment van Job, waar eikenhouten uitsparingen er voor zorgen dat het segment daarboven niet kan verplaatsen.

Eis 9.c. Het springtoestel verschuift tijdens geen enkele oefening

Wrijvingskracht = $F_n \times c$

F_n = Normaal kracht ($\frac{9,81}{s^2} \times \text{totale massa}$)

c = wrijvingscoëfficiënt

De wrijvingscoëfficiënt voor hout op een gymvloer wordt geschat op 0,72, namelijk een tiende meer dan hout op beton.

De horizontale krachten worden genomen van een springend persoon, die met een hoek van 45° neerkomt. Dezelfde 1413N is genomen van twee landende kinderen van 60 kilo, die wordt opgedeeld in horizontale en verticale krachten. De horizontale krachten zijn dan $x = \cos 45 \times 1413$ is 999,1N. Het ontwerp heeft een segment van 340 Newton, een segment van 250 N en twee segmenten die beduidend minder wegen. In totaal wordt er vanuit gegaan dat Job in totaal een massa heeft van 800 N. De wrijvingskracht F_n wordt dan $800 \times 0,72 = 576$ N. Bij oneigenlijk gebruik, waar twee kinderen tegelijk springen, zou het toestel kunnen verschuiven. Bij één kind van 706 N is dit niet het geval: $\cos 45 \times 706 = 499$ N, wat onder 576N blijft. De totale massa van het springtoestel mag niet minder wegen dan 500 N om veilig te blijven.

Eis 9.d. en e. Het springtoestel moet een verticale kracht van 2850 N voor een minuut lang volhouden zonder te scheuren, breken etc.

De berekening is terug te lezen in Appendix II: Berekeningen. Het acrylaat met een dikte van 20 mm kan de krachten voldoende opvangen.

Eis 9.f. Het springtoestel doorstaat een val vanaf 12 cm hoogte.

Om te weten te komen welke kracht ($F = m \times a$) er op het toestel komt bij neerkomen van de val moet er een energiebalans worden opgesteld.

De formule voor potentiële energie = $m \times g \times h$

m = massa = 81,5 kg

g = zwaartekrachtversnelling = 9,81 m/s²

h = hoogte (meters) = 0,012 m

De formule voor kinetische energie = $\frac{1}{2} m \times v^2$

De energiebalans = $\frac{1}{2} m \times v^2 = m \times g \times h$

Dat invullen geeft $v^2 = g \times h \times 2 = 0,24$

Waardoor de snelheid berekent kan worden: $v \approx 0,49 \text{ m/s}$

Nu de gemiddelde snelheid (0,49 m/s) en afstand (0,012 m) bekend is tijdens het vallen kan de val tijd berekend worden.

De formule voor snelheid is: $v = s/t$ met afstand s in meters en tijd t in seconden. De benodigde tijd om te vallen is dan: $t = 0,012 / 0,49 \approx 0,025 \text{ sec}$

Nu de val tijd berekend is kan de versnelling berekend worden waarna de kracht berekent kan worden. De formule voor versnelling is $a = v/t$ in m/s^2 . $a = 0,49 / 0,025 \approx 20 \text{ m/s}^2$

Deze versnelling en de bekende massa worden ingevuld in de formule voor kracht ($F = m \times a$) om te berekenen hoeveel kracht er op het toestel komt als het valt van 12 cm hoogte.

$$F = 81,5 \text{ kg} \times 20 \text{ m/s}^2 \approx 1615 \text{ N}$$

De optredende buigspanning van eikenhout bij 1615 N is moeilijk te berekenen door z'n niet homogene eigenschappen en plaatsing van de rechtopstaande planken. Met het prototype is de val test gedaan. Aangezien het prototype bestaande uit zwakker hout (MDF) voldeed aan de val test, wordt geschat dat het ontwerp hier ook aan voldoet.

Eis 9.g. Het springtoestel heeft geen opening van een diameter groter dan 20 cm, vanwege beklemmingsgevaar

Hoewel geen berekening, moet toch genoemd worden dat het ontwerp openingen heeft in alle vier zijdes. Deze openingen zijn om gewicht te reduceren en de optie om er een bank in vast te hangen. Deze openingen hebben een grotere omtrek, namelijk 50 cm breed, maar zijn niet hoger dan de genoemde 20 cm. Door de beperkte hoogte kunnen lichaamsdelen moeilijk beklemd worden; de breedte van de opening maakt het niet toegankelijker. Daarom wordt er wel aan de eis voldaan.

Eis 9.h. Alle segmenten moeten afzonderlijk een verticale kracht van 1700 N op het centrum van de zijden voor een minuut volhouden zonder te breken of scheuren.

Voor het de houten segmenten is het moeilijk de toelaatbare krachten te berekenen. Dit komt mede door de niet-homogene eigenschap van hout, aangezien de krachten niet parallel aan de vezelrichting zijn. Ook zijn de contactoppervlakken samengesteld uit meerdere delen en zijn de verbindingen met lamellenschijven en lijm. Door het ontbreken van schroeven zijn er geen berekeningen voor de aanbevolen dikte van de schroef. Wel kan gezegd worden dat een piekkracht van 3000 N, zoals gevonden in Appendix I: Kracht- en signaalanalyse, over vier zijden wordt verdeeld. Elke plank moet daarmee een kracht van 750 N aankunnen. Zoals te zien in Tabel 3 heeft hout een elasticiteitsmodules van 370 N/mm^2 . Verdeeld over de gehele zijdes moet het hout deze krachten aankunnen.

Test met doelgroep met het prototype

Vragenlijst introductie

Dit is een springtoestel, net als een kast. Gebruiken jullie vaker een kast in de gymles?



Wat voor soort sprongen heb je gedaan (een spreidsprong, wendsprong, dievensprong, radslag)? Oefenen jullie het een keer in de week of een keer in de maand?

We willen je een aantal vragen stellen over dit ontwerp. Je mag eerlijk zijn, alles zeggen wat er in je opkomt. Als je het lastig vindt om te antwoorden kun je ook de onderstaande smileys aanwijzen.



Eerste indruk

Je mag er op staan en vanaf springen

Vragen	Proefpersoon 1	Proefpersoon 2
Hoe vind je dat de Job er uitziet?	Leuk	Klein
Wat vind je van de vorm? En de kleur?	Goed	Goed
Zou je het op school willen hebben?	Derde smiley van links	Derde smiley
Denk je dat je klas het zou willen gebruiken?	Ja	Ja, het is makkelijk
Wat vind je van de bakens?	Goed, leuk	Goed
Wat gebeurt er als je het tape aanraakt? (licht en geluid gaat aan)	Rechter smiley	Het is grappig
Had je dat verwacht?	Nee	Nee
Wat vind je ervan?	Leuk	Grappig

Oefenronde

Als een lampje gaat branden in de bakens, moet je erheen. Vanaf daar kun je opnieuw een sprong uitvoeren, nadat de ander is geweest.

Vond je het gebruik duidelijk?	Ja	Ja
Wat vind je van het niveau?	Goed, makkelijk	Goed, het is laag
Wat vind je van het steunspringen?	Goede grip	Goed

Echte ronde

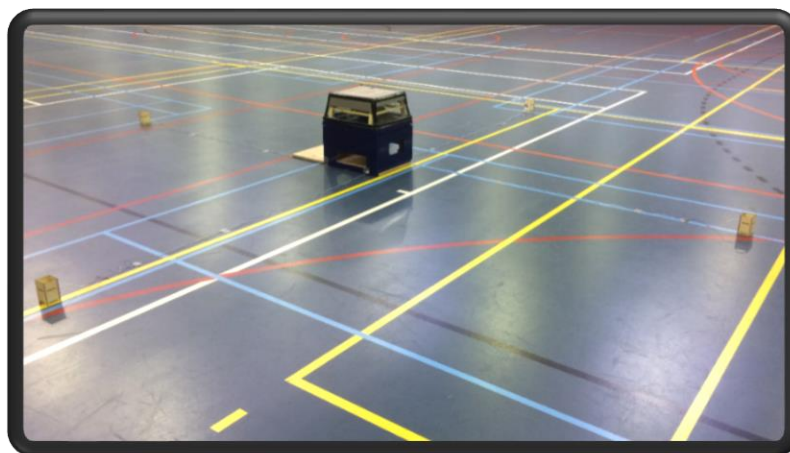
Vind je het vermoeiend of makkelijk vol te houden?	Goed vol te houden	Goed
Wanneer ben je klaar met het spel?	Als je af bent	
Wil je doorgaan? Zo ja, waarom? Zo nee, waarom niet?	Ja	jawel
Waardoor zou je blijven springen? En waardoor zou je stoppen?	Het is nieuw	De lampjes en lichten zijn leuk
Hoe zijn je sprongen gegaan?	Het was leuk	Je mag springen zoals je zelf wilt
Hoe ging het met het plaatsen van je handen?	Makkelijk	Tape helpt met precisie

Nabespreking

Wat vind je nu van Job?	Leuk	Klein en grappig. Klein hielp met moeilijkheidsgraad
Wat vind je van de LED-verlichting en het geluid?	Leuker als het een andere kleur zou hebben	Wel leuk
Zou je met de klas willen springen op de Job?	Ja	Ja
Zou je het in de gymles willen hebben?	Ja	Ja
Zou je het gebruiken om sprongen te oefenen of zou je het gebruiken om op te spelen?	Beide	Beide

Er zijn twee segmenten vervaardigd, namelijk segment 3 en 4. Ook is er een plank toegevoegd zodat het stevig kan staan. Hierdoor zijn twee plateaus met sensoren, om de functie van Job volledig terug te laten komen. door het ontbreken van segment 1 en 2, is het springtoestel nu 35 of 70 cm lager (Figuur 25). Een van de proefpersonen gaf aan het makkelijk en leuk te vinden, juist doordat het zo laag was. Ook door het ontbreken van een gymleraar hoefde ze niet te letten op de vorm van haar sprong, waardoor ze zich vrijer voelde. Het gevoel van spelen werd daardoor groter dan het leren.

Opstelling:



Figuur 165: opstelling van het testen met proefpersonen. in het midden de bovenste twee segmenten van Job, er omheen de bakens. de afstand was rond de 2.70 m. Er zijn spreidsprongen en wendsprongen op geoefend door de proefpersonen.

Appendix V: Discussie

Prijs

Berekening van de totale materiaal kosten voor de springkast van Job:

Eerst wordt berekend wat de totale kosten van het eikenhout voor de springkast van Job zijn. De totale kubieke meter voor eikenhout van segment 1 en 2 is berekend in Tabel 9 en 10. Dit is op dezelfde manier gedaan voor segment 3. Hieruit volgt dat de totale kubieke meter eikenhout voor segment 1, 2 en 3 uitkomt op 0,12422 m³. De prijs van eikenhout per m³ volgens Van Dijk is €2995. Hieruit volgt dat de totale kosten voor eikenhout afgerond €373 (Van Dijk, 2018).

372 €/m³

Berekening van de totale kosten voor het interactief systeem:

Tabel 11: Kosten van benodigde attributen voor het ontwerp, gehaald van de website Hackerstore en Kiwi Electronics.

Producten	Prijs (euro's)
Arduino Uno	24
Arduino Uno geluid shield	25
Arduino Uno bluetooth shield	14
4 x Arduino Nano	100
4 x Arduino Nano bluetooth shields	32
LED-strips (1 m)	7
RGB LED-stip (0,5 m)	7
Speaker voor de Arduino	9
Lithium Ion Accu Pack	23
4 x Lithium Ion Polymeer Accu	32
20 Pins male to male	3
Totaal	€276

Appendix VI: Projectplan

Interactieve toestellen in de Gymzaal van de Toekomst

Femy Zijtveld (14075113) en Steven Bontje (14111349)

1. Onderwerp

Werkveld: Ontwerpen

Extern project (J):

Naam Opdrachtgever: Projectgroep Gymzaal van de Toekomst, Lectoraat 'Gezonde Leefstijl in een Stimulerende Omgeving'.

Contactpersoon: Michiel Krijger, m.krijger@hhs.nl

2. Probleemstelling

Aanleiding:

Digitalisering van de maatschappij voltrekt zich in een hoog tempo, waardoor steeds meer dagelijkse handelingen worden uitgevoerd met behulp van ICT. Het onderwijs wil mee met deze ontwikkelingen, waardoor de functies van een onderwijsinstelling en de rol van de leraren ook verandert. In de afgelopen jaren is het onderwijssysteem steeds meer gemoderniseerd, d.m.v. techniek worden o.a. boeken vervangen door tablets en zijn de SMART boards niet meer weg te denken uit het klaslokaal (Onderwijsraad, 2017).

De nieuwe technische mogelijkheden bieden veel kansen voor de verbetering van het onderwijs. Deze mogelijkheden verbreden o.a. de toegankelijkheid van kennis en zorgen voor nieuwe vormen van leren (Pennings, 2008).

Als men nu in een gymzaal kijkt op een basisschool, is daar niet veel veranderd. De oude houten banken en de bok zijn nog steeds te vinden in de gymzaal net zoals andere oude gymtoestellen. Terwijl het bewegingsonderwijs op de middelbare school steeds meer wordt beïnvloed door de nieuwe technische ontwikkelingen (Windesheim, 2013). Op de middelbare school wordt meer gebruik gemaakt van video analyse. Dit is met name doordat oudere kinderen in staat zijn te reflecteren en adapteren aan de hand van de feedback.

Het bewegingsonderwijs probeert ook op een andere manier te moderniseren, bijvoorbeeld door gebruik van skates, handbogen of iPads (Bloemhof, 2012). Van de interactieve games die er zijn, wordt er vaak gebruik gemaakt van projecties. Er is helaas een groot aanbod van technische mogelijkheden die tot dusver niet wordt gebruikt. Dit aanbod kan variëren van Arduino's tot druksensoren of X-IMU's, die een nieuwe dimensie kunnen bieden aan interactie.

Rondom het thema technologie in de Gymzaal van de Toekomst zijn tal van innovatieve oplossingen te bedenken die de gymles motiverender maken voor het kind, de leermethode efficiënter en maakt de beweging optimaler.

Binnen het project gymzaal van de toekomst willen wij de mogelijkheden onderzoeken en testen om een interactief systeem in te zetten in het bewegingsonderwijs. Het springen komt veelvuldig terug in de gymles, met een kast, een bok, springplanken, trampolines en matten. Op aanwijzing van de leerkracht moet de leerling zijn angsten overwinnen en op een toestel springen. Er wordt aandacht besteed aan de sprong, die moet immers krachtig genoeg zijn, juist getimed en de landing moet veilig gebeuren. Er is echter nog geen interactief systeem in een toestel bedoeld om op te landen. Een kubus wordt in andere sporten gebruikt als hulpmiddel voor het

verbeteren van sprongkracht, maar nog niet precisie. Een sprongtoestel met interactieve sensoren zou daar verandering in kunnen brengen.

Doelgroep:

Basisschool leerlingen vanaf groep 6

Doelstelling:

Het ontwerpen van een sprongtoestel met een interactief systeem (met behulp van o.a. krachtsensoren) dat gebruikt kan worden als spring- en landingsoefening bij het bewegingsonderwijs voor de bovenbouw van basisschoolleerlingen.

Randvoorwaarden:

- Sensoren (kracht)
- Programmeren (Arduino, Raspberry Pi, Labjack)
- Interactie dmv licht of geluid
- Robuust en stabiel
- Veiligheid van het toestel
- Basisschoolkinderen vanaf groep 6

Het interactieve systeem moet op een of meerdere van de volgende aspecten een positieve invloed hebben:

- Sensomotorisch: meer kunnen
- Conditioneel: toename kracht, lenigheid, snelheid en uithoudingsvermogen
- Emotioneel: meer plezier hebben en zin hebben in
- Volitioneel: blijven proberen, langer doorzetten

3. Vooronderzoek

In het basisonderwijs streeft men naar het positief beïnvloeden (optimaliseren) van de gedragswijzen van het kind, namelijk sensomotorisch, conditioneel, cognitief, emotioneel en volitioneel (Van der Loo & Van Dokkum, 2015).

Motorische vaardigheden zoals oog-handcoördinatie staan in directe relatie tot schrijven, rekenen en communiceren. Verbetering van deze vaardigheden hebben een positieve invloed op de concentratie en het contact maken met andere in de omgeving. Zo leert men effectiever en doelgerichter te alledaagse situaties (Stagiano & Calvert, 2011).

Beweeggames kunnen goed aansluiten bij de kerndoelen van het bewegingsonderwijs (Scholten, 2014).

We willen contact opnemen met:

- HALO docent(e), voor het bewegingsonderwijs op de basisschool
- Een gedrag- en bewegingswetenschapper, voor motorische vaardigheden bij kinderen
- Een electrotechnicus, voor mogelijkheden van media en techniek

4. Analyse

Wat zijn de doelen van sprong oefeningen bij basisschoolleerlingen?	HALO
Hoe worden basisschoolleerlingen gemotiveerd?	HALO

Welke manieren zijn er om sprongvaardigheden aan te leren?	Literatuur
Wat is er al op de markt voor (interactieve) sprong- en landingstoestellen?	Literatuur
Wat voor soort feedback is benodigd voor een interactief systeem dat gebruikt wordt voor kinderen van de basisschool?	Literatuur
Met welke sensoren kan een interactief systeem bereikt worden?	Literatuur
Met welke hardware (audio, licht) kan een interactief systeem bereikt worden?	literatuur
Hoe kan veiligheid worden gegarandeerd in een sprongtoestel?	Model
Hoe kan een sprongtoestel robuust en stabiel worden gemaakt?	Literatuur

5. Ontwerpfase

Analyse --> Marktonderzoek → Ideefase → Morfologische kaart → Concepten → Kardinale methode → Eindconcept

Bij gebruik van sensoren → Programmeren

6. Vervaardigingfase

Een prototype wordt gemaakt en wordt gedemonstreerd

7. Testfase / Evaluatiefase

Contact met basisschoolkinderen en het laten invullen van een vragenlijst.

8. Voorlopige literatuurlijst

Websites exergames:

- <http://embeddedfitness.nl/>
- <https://www.exergamefitness.com/>

Bloemhof, L. (2012, 9 27). *achtergronden/archief/nieuwsberichten/item/90786*. Opgehaald van <http://www.sportknowhowxl.nl>:
<http://www.sportknowhowxl.nl/achtergronden/archief/nieuwsberichten/item/90786/>

Onderwijsraad. (2017, mei 9). *publicaties/2017/doordacht-digitaal*. Opgehaald van Onderwijsraad.nl:
<https://www.onderwijsraad.nl/publicaties/2017/doordacht-digitaal/volledig/item7551>

Pennings, L. E. (2008, juli 31). *publicaties/2008/leermiddelen-voor-de-21e-eeuw*. Opgehaald van onderwijsraad.nl: <https://www.onderwijsraad.nl/publicaties/2008/leermiddelen-voor-de-21e-eeuw/item434>

Scholten, C. (2014). Embedded Fitness. In I. Van Hilvoorde, *Van tikken naar taggen* (pp. 219-234). Deventer: ...daM.

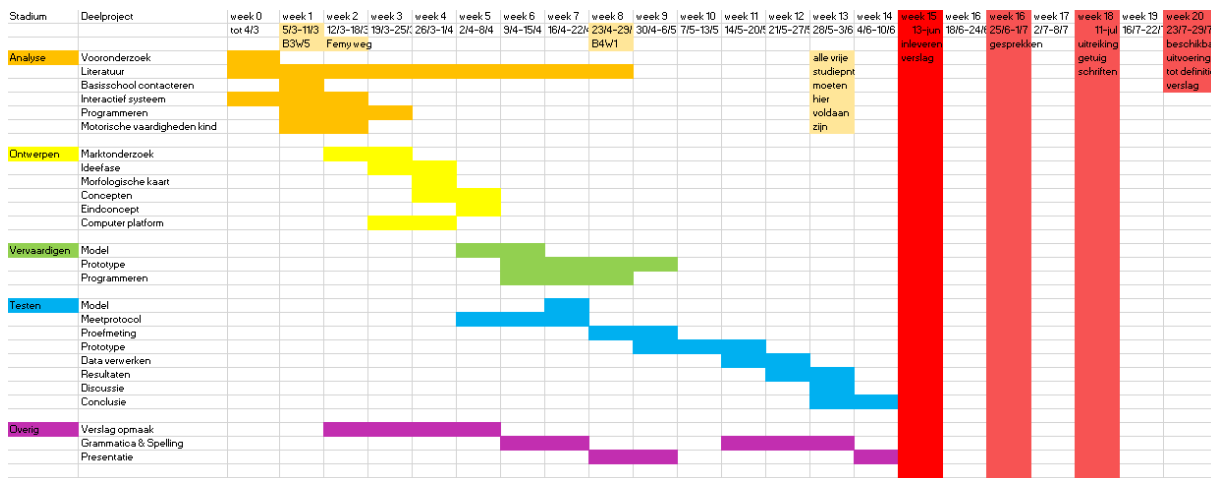
Stagiano, A., & Calvert, S. (2011). Exergames for Physical Education Courses: Physical, Social, and Cognitive Benefits. *The Children's Digital Media Center Georgetown University*, 5(2): 93-98.

Van der Loo, H., & Van Dokkum, G. (2015). *Lichamelijke opvoeding op de basisschool*. Groningen: Noordhoff Uitgevers.

Windesheim. (2013, 1 1).

onderzoek/onderzoeksthema's/bewegensport/bewegenschoolensport/digitalisering/overdigitaliserin
g. Opgehaald van mulierinstituut.nl: <http://www.mulierinstituut.nl/projecten/overige-projecten/digitalisering-in-de-gymles.html>

9. Planning



10. Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase (minimaal 3)

	Beroepsspecifieke competenties: Steven
	ontwerpen, vervaardigen en uitvoeren
Probleem	Van een eindconcept vind ik het lastig om tot een prototype te komen; de vervaardiging verloopt moeizaam.
Oorzaak	Doordat voorgaande projecten in groepen tot stand zijn gekomen, is de verantwoordelijkheid van het vervaardigen bij anderen terecht gekomen. Hierdoor mis ik de nodige ervaring.
Symptoom	Op anderen vertrouwen tijdens de vervaardigingsfase.
Leerdoelen	Actief betrokken zijn bij het vervaardigen en uittesten van het prototype.
Acties	Het tijdig uitwerken van een eindconcept en omzetten naar een vervaardigingsplan. De tekeningen moet volledig goedgekeurd worden waarna het vervaardigen gevisualiseerd kan worden.

	Beroepsspecifieke competenties: Femy
	Ontwerpen, vervaardigen en uitvoeren
Probleem	Constructie leer en materiaalkennis toepassen op een technische tekening.
Oorzaak	De meeste opdrachten waren onderzoeksgelateerd waardoor ik minder ervaring heb in ontwerpen.
Symptoom	Vanuit eisen en wensen kom ik tot concepten, maar die realiseren vind ik moeilijk. De ontwerpfase naar de technische tekening is in groepen vaak buiten me om gegaan.
Leerdoelen	Door materiaalkennis en constructie leer tot juiste berekeningen komen waardoor een technische tekening kan worden gemaakt.
Acties	Me verdiepen in de theorie van belastingen etc. en navraag doen bij de mensen van de werkplaats. Ik wil me voorbereiden op de berekeningen door oude readers van construeren door te nemen en met Solidworks oefenen om tot een goede bouwtekening te komen.

	Algemene beroepsgerichte competenties: Steven
	ICT
Probleem	Het gebruik maken van sensoren in combinatie met softwareprogramma's.
Oorzaak	Gedurende mijn BT-loopbaan heb ik hierin te weinig ervaring opgedaan.
Symptoom	Binnen mijn expertise maak ik gebruik van functies die ik al beheers, en exploreer geen nieuwe opties.
Leerdoelen	Het behendig maken van werken met verschillende technologieën zoals sensoren en softwareprogramma's.
Acties	Aan de hand van een literatuurstudie wil ik me inlezen in het gebruik en functies van verschillende technologieën. Daarmee wil ik een werkend prototype maken.

	Algemene beroepsgerichte competenties: Femy
	ICT
Probleem	Zelfstandig softwareprogramma's ontwikkelen en toepassen voor randapparatuur
Oorzaak	Te weinig ervaring van het toepassen van programmeren in software.
Symptoom	Groepsopdrachten dusdanig uitvoeren waarin ik niet hoeft te programmeren of nieuwe software hoeft te gebruiken.

Leerdoelen	Het behendig maken van werken met softwareprogramma's en het schrijven van een programma waarmee een interactief spel kan worden gevormd.
Acties	Inlezen in de mogelijkheden van Arduino en andere computerplatformen, en inlezen van het gebruik van sensoren. Aan de hand daarvan wil ik een programma kunnen schrijven.

	Persoonsgebonden competenties: Steven
	Reflectie: nieuw verworven kennis en vaardigheden omzetten in leeractiviteiten.
Probleem	Nieuwe kennis pas ik vaak nog niet toe, maar blijf bij een oudere of bekendere versie.
Oorzaak	Bij het uitvoeren van een opdracht blijf ik bij wat ik kan en geleerd heb. Ik vind het moeilijk om me buiten de comfortzone te bewegen.
Symptoom	Doordat een oudere methode werkt, kom ik niet tot een nieuwe methode met dezelfde zelfverzekerdheid.
Leerdoelen	Ingaan op nieuw verworven kennis en toepassen op het ontwerpproces.
Acties	Na een literatuurstudie zal ik gebruik maken van de kennis. Bij het ontwerpen zal ik nieuwe vaardigheden gebruiken om tot een vervaardiging te komen.

	Persoonsgebonden competenties: Femy
	Initiatief & aanpassingsvermogen
Probleem	snel aanpassen aan veranderende werkomgevingen
Oorzaak	Ik blijf te veel vasthouden aan de eerste setting en pas me slecht aan bij een wisselende werkopdracht.
Symptoom	Ik blijf hangen in de eerste setting en probeer de oude werkvorm toe te passen op de nieuwe situatie – wat niet goed gaat.
Leerdoelen	Bij een nieuwe invulling van een opdracht wil ik het werkschema herzien en gestructureerd binnen de nieuwe mogelijkheden werken.
Acties	Een dynamisch werkschema maken en aanpassen waar nodig.

Appendix VII: Reflectieverslag

Hieronder wordt het al dan niet behalen van de persoonlijke leerdoelen beschreven.

Leerdoelen Steven

Beroepsspecifieke competenties:

Ontwerpen, vervaardigen en uitvoeren

Behaald:

Tijdens het afstudeerproject zijn we met zijn tweeën een aantal weken de werkplaats ingegaan bij het vervaardigen. Hierbij zijn sommige onderdelen via de Solidworks tekening goed gegaan en andere onderdelen moesten op een geïmproviseerde manier gerealiseerd worden. Dit heeft alleen maar meer geholpen in het weten van verschillende constructie manieren op bij je prototype te komen.

Algemene beroepsgerichte competenties:

ICT

Behaald:

Tijdens het ontwerpen van het interactief systeem, heb ik veel met Arduino en sensoren geprogrammeerd. Hierin hebben we verschillende soorten sensoren geprobeerd en is het gelukt om een interactief systeem te ontwerpen en te programmeren met Arduino.

Persoonsgebonden competenties:

Reflectie

Behaald:

Zowel bij het vervaardigen in de werkplaats en het programmeren van Arduino is er veel nieuwe kennis toegepast. Hoewel er op de opleiding een module is waarin je een Arduino project uitvoert, heb ik tijdens het afstudeerproject veel meer kunnen programmeren en veel meer naar de mogelijkheden gekeken van Arduino. Bij het vervaardigen van het prototype hebben we veel gesproken en ideeën uitgewisseld met de docenten uit de werkplaats.

Leerdoelen Femy

Beroepsspecifieke competenties:

Ontwerpen, vervaardigen en uitvoeren

Behaald:

Door de materiaalkeuze in dit project zijn de standaard berekeningen niet van pas gekomen, zoals dat met metaal, schroeven en lasnaden wel kan. Er zijn berekeningen gemaakt over de last en de belastbaarheid, zoals omschreven in de eisen. Het technisch denken en construeren is in samenwerking met de leraren van de werkplaats gelukt. De veiligheidseisen zijn grotendeels berekend om te weten of het ontwerp voldoet. Hierin Het is echter minder van pas gekomen dan gehoopt. Wel heb ik meer inzicht in het materiaalkunde en berekenen van andere stoffen.

Algemene beroepsgerichte competenties:

ICT

Behaald:

Met gebruik van Arduino is een code geschreven wat op basis van de sensoren een spelfunctie is geworden. Ik heb me terug moeten verdiepen in electrotechniek en programmeren, wat zeer geslaagd is. Er zijn meerdere codes geschreven voor verschillende sensoren en functies. Het combineren van individuele lessen van het gebruik van functies en aansluiten van verschillende hardware, is gebleken goed te werken.

Persoonsgebonden competenties:

Initiatief en aanpassingsvermogen

Behaald:

De eerste weken was veelal analyse zonder een zeer concreet doel voor ogen. Daarin heb ik veel aanpassingsvermogen getoond door mee te gaan met de werkdruk en de opdracht. Nadat vast werd gesteld wat het ontwerp moest worden, is het werkschema erg dynamisch geworden. Hiermee heb ik mijn doel behaald door me flexibel in te zetten.