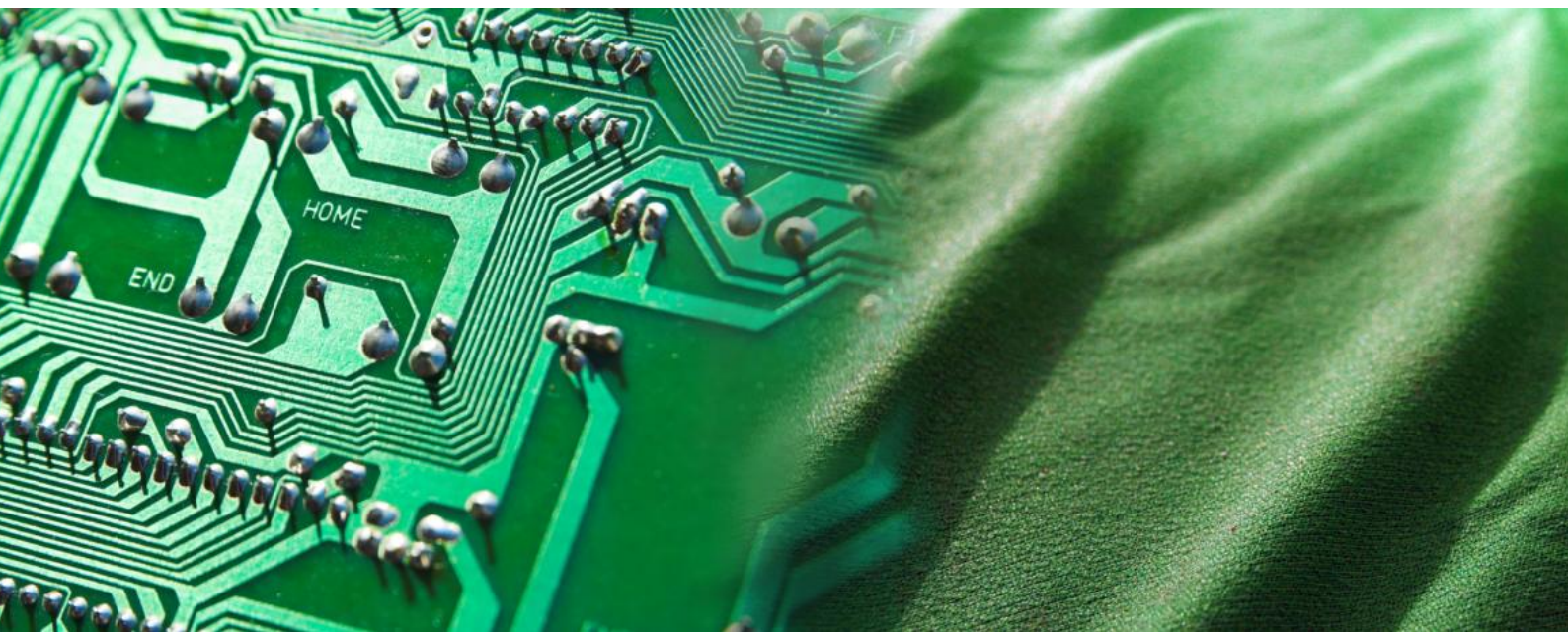


E-textiel

Wat het is en wat er mee kan



Auteur:
Gerben den Besten

UNIVERSITEIT TWENTE.

E-textiel

Wat het is en wat er mee kan

Naam auteur:

Gerben den Besten

Studentnummer:

s0184772

Plaats:

Enschede

Datum:

29 november 2010

Bacheloropleiding Industrieel Ontwerpen (IO)

Faculteit Construerende Technische Wetenschappen (CTW)

Universiteit Twente (UT)

UNIVERSITEIT TWENTE.

Adres instelling:

Universiteit Twente

Industrieel Ontwerpen

Postbus 217

7500 AE Enschede

(053)4 89 91 11

Aantal pagina's: 49

Aantal bijlagen: 8

Korte omschrijving:

Dit verslag is het eind resultaat van de bachelor eindopdracht van Gerben den Besten over elektronisch textiel.

Inhoudsopgave

Voorwoord	4
Samenvatting.....	5
Summary	6
Inleiding.....	7
1. Werkwijze en verantwoording	8
1.1 Bronnen	8
1.2 Strategie	10
2. Wat is e-textiel?	11
3. Vooronderzoek.....	13
3.1 Technische mogelijkheden met e-textiel.....	13
3.2 Bestaande toepassingsgebieden voor e-textiel	20
3.3 Conclusie vooronderzoek	24
4. Essay: productideeën genereren met e-textiel	25
5. Selectiemethode	35
5.1 Voldoende ontwikkeling mogelijk.....	35
5.2 Voldoende voordeel ten opzichte van niet e-textiele producten	36
5.3 Technische haalbaarheid	36
6. Toepassingen met e-textiel	37
6.1 Selectie	37
6.2 Resultaat van de selectie	40
6.3 Verdiepen met de WieWatWaar-methode	42
7. Toepassingen met elektronisch verwarmbare vezels	43
8. Aanbevolen toepassingen	44
9. Reflectie WieWatWaar-methode	45
10. Eindconclusie.....	47
Referenties:	48
Bijlage 1: Productideeën met e-textiel en TRIZ	50
Bijlage 2: Ontwerpdoel tabel.....	51

Bijlage 3: Wie-wat-waar tabel	52
Bijlage 4: Toepassingen met e-textiel	53
Bijlage 5: Productideeën Saxion hogeschool Enschede	72
Bijlage 6: Technische haalbaarheid.....	74
Bijlage 7: Mailcontact met Colbond.....	78
Bijlage 8: Toepassingen met elektronisch verwarmbare vezels.....	80

Voorwoord

Dit verslag is ingeleverd als resultaat van de bachelor eindopdracht van Gerben den Besten voor de opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. Het verslag kan gelezen worden om een algemene indruk te krijgen van e-textiel en als inspiratie bron dienen voor het verzinnen van nieuwe toepassingen met e-textiel. Bij het tot stand komen van dit verslag hebben de volgende personen een waardevolle bijdrage geleverd:

Dr. ir. G. Brinks
Saxion hogeschool Enschede
Lector Smart Functional Materials

Dr. ir. W. de Kogel-Polak
Universiteit van Twente
Faculteit CTW
Eindopdracht begeleidster

Msc. O. Kattan Read
Universiteit Twente
Faculteit Technische Natuurwetenschappen
Vakgroep MTG

Prof. dr. ir. L. van Langenhove
Universiteit van Gent
Vakgroep Textielkunde
SYSTEX coördinator

Prof. dr. ir. J.W.M. Noordermeer
Universiteit Twente
Faculteit CTW
Vakgroepvoorzitter Elastomer Technology and Engineering

Prof. dr. ir. M.M.C.G. Warmoeskerken
Universiteit Twente
Faculteit CTW
Leerstoel EFSM

Dr. Ir. A. Wypkema
TNO Industrie en Techniek Eindhoven
Afdeling Materialen

Hierbij wil ik deze mensen hartelijk bedanken voor hun hulp en adviezen.

Samenvatting

Dit verslag is opgesteld als bachelor eindopdracht voor de opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. Het onderwerp van deze eindopdracht is e-textiel. Het doel van deze eindopdracht is het genereren van kansrijke e-textiele productideeën.

De eerste stap om dit doel te bereiken is een vooronderzoek waarin de technische mogelijkheden en huidige toepassingsgebieden van elektronisch textiel in kaart worden gebracht. Uit dit vooronderzoek wordt duidelijk dat de markt achter ligt op de technologische mogelijkheden met elektronisch textiel, daarom is er tijdens deze opdracht op de marktkant van elektronische textielen gefocust. Dit gebeurt op twee manieren.

Allereerst worden de productideeën toegespitst op toepassingen. De productideeën moeten inzichtelijk maken wat het nut kan zijn van de vele technologische mogelijkheden die vandaag de dag gerealiseerd kunnen worden in een elektronisch textiel.

Ten tweede wordt er op gelet dat de productideeën voldoende verschillend zijn. Door breed georiënteerd te blijven en niet te focussen op één soort productidee is er meer kans om nieuwe potentiële investeerders te interesseren voor elektronisch textiel.

Naast het vooronderzoek waaruit de eisen en grenzen voor de productideeën naar voren komen, moeten de productideeën ook gegenereerd worden. Om meer kans te maken op een kansrijke toepassing moeten er veel toepassingen gegenereerd worden. Om dit te realiseren is er een essay geschreven. Het doel van dit essay is het opstellen van een logische gedachtegang over het systematisch genereren van ideeën. In het essay worden de voorwaarden en mentale barrières besproken met betrekking tot het verzinnen van ideeën. Uit deze bespreking volgt een voorstel voor een methode die het voorstellingsvermogen stimuleert en de mentale barrières omzeilt, met als resultaat de mogelijkheid om gemakkelijker veel ideeën te genereren.

De methode die voorgesteld wordt in het essay wordt toegepast op elektronisch textiel en levert bijzonder veel verschillende en toepassingsgerichte productideeën op. Om uit deze serie toepassingen de meest kansrijke te selecteren zijn er drie eisen opgesteld waar alle toepassingen op beoordeeld worden.

De eerste eis gaat over ontwikkelingsmogelijkheden. Deze eis is opgesteld vanwege de opdrachtgever, Universiteit Twente. Het is voor een universiteit namelijk belangrijk dat een productidee voldoende ontwikkeling oplevert en zich kan meten met de huidige stand van de technologie rondom elektronisch textiel.

De tweede eis gaat over het relatieve voordeel t.o.v. niet e-textiele toepassingen. Het kan best zo zijn dat e-textiel goed toegepast kan worden in een bepaalde situatie maar dat er al alternatieven bekend zijn die veel eenvoudiger dezelfde functionaliteit kunnen bieden. Dit is een belangrijk aandachtspunt om in te schatten of een bepaald productidee levensvatbaar is.

De derde eis gaat over de technische haalbaarheid. Een productidee is namelijk niet kansrijk wanneer deze technisch niet tot nauwelijks realiseerbaar is, daarom wordt er per technische realisatie, op basis van het commentaar van experts en de andere bronnen, een advies uitgesproken over de technische haalbaarheid.

Het eindresultaat van deze opdracht bestaat uit twee onderdelen. Het eerste deel is een serie van kansrijk bevonden toepassingen die aanbevolen wordt voor verdere productontwikkeling. Het tweede deel is een reflectie op de WieWatWaar-methode waaruit blijkt dat de methode goed gewerkt heeft en hoe deze verder verbeterd en toegepast kan worden.

Summary

This report is a bachelor final assignment for Industrial Design at the University of Twente. The subject of this assignment is e-textiles. The purpose of this assignment is to generate promising product ideas using e-textiles.

The first step towards this goal is to study the current technical possibilities and applications of electronic textiles. From this study it is clear that the market lags behind the technological possibilities of electronic textiles. Therefore, this assignment is focused on the market implementation of electronic textiles. This is done in two ways.

First, the product ideas are focused on applications. This way, the product ideas give an insight into which useful applications can be realized with the many technological options available today in electronic textiles.

Second is to ensure that the product ideas are sufficiently different from each other. Using a broad-based approach, unlike a focused approach, it is more likely to discover new potential investors interested in electronic textiles.

Besides the research from which the requirements and limits of the product ideas emerge, the product ideas need to be generated. To increase chances generating promising ideas, these ideas need to be generated in large numbers. To realize this a new idea-generating method is developed. This is explained in an essay. The purpose of this essay is to establish a logical argument about a systematic approach to generate ideas. In the essay, the conditions and mental barriers are discussed with regard to making up ideas more easily. From this discussion follows a proposal for a method that stimulates the imagination and overcomes the mental barriers, resulting in the possibility to generate many ideas in an easy way.

The method proposed in this essay is applied to electronic textiles and provides many product ideas. To select the most promising product idea all ideas are assessed on three requirements.

The first requirement is about development opportunities. This requirement has been prepared for the client, University of Twente. It is important for a university that a product idea competes with the current state of technology concerning electronic textiles and requires adequate development.

The second requirement concerns the relative advantage compared to no e-textile applications. It may well be that e-textiles can be usefully applied in a particular situation but there are alternatives to think of which provide the same functionality much easier. This requirement takes into account the environment in which a product must be able to maintain itself.

The third requirement is about the technical feasibility. A product idea is not promising when it is hardly technically feasible. Therefore an opinion is expressed about the technical realization of an application, based on comments from experts and other sources.

The end result of this assignment consists out of two parts. The first part is a series of promising applications that are recommended for further product development. The second part is a reflection on the WieWatWaar method showing that the method worked well and how the method can be further improved and implemented

Inleiding

De doelstelling van deze opdracht is; het genereren van kansrijke productideeën met e-textiel. Twee woorden uit deze doelstelling roepen meteen vragen op; 'e-textiel' en 'kansrijk'. E-textiel roept vragen op, omdat er nog veel onduidelijkheid bestaat over wat e-textiel precies is. Binnen deze opdracht zal hier doormiddel van een vooronderzoek meer duidelijkheid over worden gegeven.

'Kansrijk' is ook een woord dat vragen oproept, omdat het lastig te bepalen is wat wel of geen kansrijk productidee zal zijn. Vaak blijkt pas in een laat stadium van de productontwikkeling of een productidee werkelijk kansrijk zal zijn, daarom is ervoor gekozen om in eerste instantie veel productideeën te genereren. Later zal dan bepaald worden welke van die ideeën het meest kansrijk wordt geacht binnen deze opdracht.

Om het genereren van veel productideeën te realiseren werd ervoor gekozen om de TRIZ Fundamentals zomercursus te volgen aan de Universiteit Twente. Deze cursus over *systematic innovation*, gegeven door Valeri Souchkov, biedt meerdere methoden om systematisch ideeën te genereren. Wat echter bleek is dat de TRIZ methoden er op gericht zijn om vanuit een probleem naar een oplossing te komen. Wanneer het gaat om e-textiel is er juist behoefte aan het tegenovergestelde. De oplossing hoeft niet gevonden te worden maar is al gegeven; e-textiel. Waar naar gezocht moet worden zijn problemen; in dit geval toepassingen.

Er is vervolgens besloten om tijdens deze opdracht, op basis van de inzichten uit de TRIZ Fundamentals cursus, een eigen methode te ontwikkelen om systematisch productideeën met e-textiel te genereren. In dit verslag zullen zowel de ontwikkeling, de resultaten als de evaluatie van deze methode besproken worden.

1. Werkwijze en verantwoording

Om de doelstelling van deze opdracht - het genereren van kansrijke productideeën met e-textiel - te kunnen halen, zijn er aan het begin van deze opdracht drie hoofdvragen en acht deelvragen gesteld. De antwoorden op deze vragen zullen bepalend zijn voor de keuzes, de werkwijze en de resultaten binnen deze opdracht. Het gaat hier om de volgende hoofd- en deelvragen:

- Wat is e-textiel precies?
 - Wat zijn de technische mogelijkheden met e-textiel?
 - Wat zijn momenteel de belangrijkste toepassingsgebieden voor e-textiel?

- Hoe genereer je veel productideeën met e-textiel?
 - Wat zijn barrières tijdens het verzinnen van productideeën?
 - Wat stimuleert het verzinnen van productideeën?
 - Hoe moet een methode eruit zien die gebaseerd is op de antwoorden uit de voorgaande deelvragen?

- Wat is een kansrijk productidee?
 - Welke van de gevonden productideeën zijn technisch haalbaar?
 - Met welke van de gevonden productideeën wordt een duidelijk voordeel behaald ten opzichte van bestaande niet e-textiel producten?
 - Met welke van de gevonden productideeën zijn er nog voldoende ontwikkelingsmogelijkheden?

1.1 Bronnen

Om antwoorden te vinden op deze vragen is er gebruik gemaakt van vier verschillende soorten bronnen; deskresearch, expertinterviews, de TRIZ Fundamentals cursus en een excursie naar Ten Cate Advanced Textiles BV.

Deskresearch

Tijdens het deskresearch is er gebruik gemaakt van internet om artikelen te vinden en om er achter te komen welke e-textiele producten verkrijgbaar zijn. Ook is er gebruik gemaakt van twee bronnen die verkregen zijn tijdens het expertinterview in Gent. '*A roadmap on smart textiles*' [2] en een '*Vision paper for smart textiles sector in Europe*' [19]. Deskresearch is toegepast tijdens het beantwoorden van de eerste en de derde hoofdvraag.

Expertinterviews

Binnen deze opdracht is het de bedoeling om een betrouwbaar en algemeen beeld te krijgen van e-textiel. Daarnaast moet er ook bepaald worden welke productideeën haalbaar zijn en welke niet. Dit zijn de belangrijkste twee redenen geweest om experts te betrekken bij deze opdracht. De expertinterviews vormden een belangrijke bron op antwoord te krijgen op de eerste en derde hoofdvraag. Van ieder expertinterview is een audio opname gemaakt. Deze kunnen in overleg met de auteur ter beschikking worden gesteld. Nu zal kort ieder expertinterview worden toegelicht.

Het eerste expertinterview was met dr. ir. G. Brinks. Hij is onder andere lector van afdeling Smart Functional Materials aan de Saxion hogeschool in Enschede. Er is gesproken over de definitie, de mogelijkheden en toepassingsgebieden van e-textiel. Daarbij zijn er ook

verschillende *demonstrators* bezichtigd ter illustratie van de mogelijkheden van elektronisch textiel.

Het tweede expertinterview was met dr. ir. A. Wypkema. Hij is werkzaam bij TNO Industrie en Techniek bij de afdeling materialen in Eindhoven. Dit interview ging tevens over de mogelijkheden en toepassingsgebieden van e-textiel. Verder zijn ver verschillende prototypes met e-textiel bezichtigd.

Het derde expertinterview was met prof. dr. ir. M.M.C.G. Warmoeskerken. Hij is hoogleraar bij de faculteit Construerende Technische Wetenschappen en leerstoelhouder van de leerstoel, *Engineering Fibrous Smart Materials*, aan de Universiteit Twente. Ook dit interview ging over het algemene beeld van e-textiel waarbij de mogelijkheden en toepassingsgebieden werden besproken.

Het vierde expertinterview was tevens met prof. dr. ir. M.M.C.G. Warmoeskerken. Deze keer waren de productideeën al gegenereerd en werd er gesproken over de haalbaarheid van de verschillende productideeën.

Het vijfde expertinterview was met prof. dr. ir. J.W.M. Noordermeer. Hij is hoogleraar bij de faculteit Construerende Technische Wetenschappen en vakgroepvoorzitter van de vakgroep, *Elastomer Technology and Engineering*, aan de Universiteit Twente. Tijdens dit interview is de haalbaarheid van e-textiele toepassingen in rubber besproken.

Het zesde expertinterview was met msc. O. Kattan Read. Zij is PhD student bij de vakgroep *Membrane Technology Group* (faculteit Technische Natuurwetenschappen) aan de Universiteit Twente. Tijdens dit interview is de haalbaarheid van e-textiele toepassingen in filters en membranen besproken.

Het zevende en laatste interview was met prof. dr. ir. L. van Langenhove. Zij is professor aan de Universiteit van Gent bij de vakgroep, *Textielkunde*. Daarnaast is ze coördinator van het Europese samenwerkingsproject *SYSTEX*. Het belangrijkste doel van dit project is het stimuleren en ondersteunen van ontwikkelingen met *Smart textiles*. Tijdens het interview met prof. dr. ir. L. van Langenhove is er gesproken over de mogelijkheden en toepassingsgebieden van e-textiel en is er gesproken over de haalbaarheid van de verschillende - binnen deze opdracht gegenereerde - productideeën.

TRIZ Fundamentals cursus

Aan het begin van deze opdracht is er deelgenomen aan de TRIZ Fundamentals zomercursus aan de Universiteit Twente. Deze cursus over *systematic innovation* werd gegeven door Valeri Souchkov en duurde twee weken. Tijdens deze cursus werden er meerdere methoden aangeboden om systematisch ideeën te genereren. Hoewel de TRIZ methoden niet letterlijk gebruikt zijn binnen deze opdracht, vormt de opgedane kennis tijdens deze cursus een belangrijke basis voor het antwoord op de tweede deelvraag.

Excursie naar Ten Cate Advanced Textiles BV

Op donderdag 10 juni is er deelgenomen aan een excursie naar Ten Cate Advanced Textiles BV in Nijverdal. Tijdens deze excursie is er een bezoek gebracht aan de spinnerij, de weverij en de veredeling. Een zeer inzichtelijke excursie die belangrijke informatie heeft opgeleverd met betrekking tot de productie van textiel. Informatie die van pas kwam bij het inschatten van de technische haalbaarheid van productideeën.

1.2 Strategie

Hieronder zal de strategie besproken worden die gehanteerd is om de doelstelling van deze opdracht te behalen.

De eerste stap bij het uitvoeren van deze opdracht is het vooronderzoek. Dit vooronderzoek moet kennis opleveren over de technische mogelijkheden en de toepassingsgebieden van elektronisch textiel. Deze kennis zal vervolgens ingezet worden om per productidee de technische haalbaarheid en de ontwikkelingsmogelijkheden te bepalen. Ook zal deze informatie gebruikt worden in het essay voor het ontwikkelen van een methode om systematisch ideeën te genereren met e-textiel. Hierdoor zullen niet alleen de productideeën, maar ook de methode om tot die productideeën te komen goed aansluiten bij e-textiel.

De tweede stap bij het uitvoeren van deze opdracht is het opstellen van een essay. Dit essay zal beginnen bij de basis van het ideeën genereren en zal eindigen met een uitleg van de methode die tijdens deze opdracht gehanteerd zal worden.

Er wordt gekozen voor een essay, omdat dit een middel is waarmee een nieuwe methode tot stand kan komen en kan worden uitgelegd. Door het essay te gebruiken als een interactief document waarin gedachten logisch op elkaar volgend uiteen worden gezet zal het gemakkelijker worden om een basis te vinden voor een methode. Daarnaast vormt deze logische opeenvolging van gedachten ook meteen de basis voor de uitleg en toelichting van de uiteindelijke methode.

De derde stap is het uitvoeren van de methode. In deze stap worden er zo veel mogelijk productideeën met elektronisch textiel gegenereerd.

In de vierde en laatste stap zal er een selectie plaats vinden. Uit deze selectie moet een productidee naar voren komen die binnen deze opdracht het beste bij de definitie van een kansrijk productidee past. De selectie zal plaatsvinden op basis van de derde hoofdvraag, wat is een kansrijk productidee? Uit de drie deelvragen van deze hoofdvraag zijn de volgende eisen per productidee opgesteld:

Er moet voldoende ontwikkeling mogelijk zijn met het productidee.

Deze bachelor opdracht is afkomstig van de Universiteit Twente. Wanneer er veel ontwikkeling mogelijk is met een idee dan heeft de universiteit daar wat aan. Een idee waar nog veel ontwikkeling mee mogelijk is zou bijvoorbeeld kunnen leiden tot een nieuw onderzoeksproject, daarom is er als eis gesteld aan de productideeën dat er voldoende ontwikkeling mogelijk moet zijn met het idee.

Het productidee moet voldoende voordeel opleveren t.o.v. andere niet e-textiele producten.

E-textiel is over het algemeen een interessante nieuwe ontwikkeling met erg veel mogelijkheden. E-textiel is echter niet altijd de beste oplossing in een bepaalde situatie. Er zijn al veel producten op de markt die onder e-textiel vallen maar die niet veel voordeel bieden t.o.v. bestaande niet e-textiele producten. Veel van dergelijke e-textiele producten worden ook wel 'gadgets' genoemd. Tijdens deze opdracht is het niet de bedoeling om nieuwe gadgets te ontwikkelen, daarom is de er als eis gesteld aan de productideeën dat deze voldoende voordeel moeten opleveren t.o.v. andere niet e-textiele producten.

Het productidee moet technisch haalbaar zijn.

Bij ieder productidee zal er ook iets gezegd worden over de technische haalbaarheid. Dit is een moeilijke eis, omdat de productideeën binnen deze opdracht niet ver uitgewerkt zullen worden. Om toch iets over de haalbaarheid te kunnen zeggen zal deze per productidee kritisch besproken worden en zal er gezocht worden naar de technologische beperkingen die gepaard gaan met het productidee.

2. Wat is e-textiel?

Na een korte verkenning op het gebied van e-textiel kan geconcludeerd worden dat e-textiel een begrip is waar veel onduidelijkheid over bestaat. Definities van e-textiel variëren van: 'E-textiel is een beeldscherm in een T-shirt' tot 'E-textiel is een naam voor stroomgeleidende garens'. Het is dus van belang om de definitie van het begrip e-textiel nader toe te lichten.

Om tot een goede definitie van e-textiel (elektronisch textiel) te komen zullen er eerst twee andere begrippen worden toegelicht; *Smart materials* (intelligent materiaal) en *Smart textiles* (intelligent textiel). De algemeen gehanteerde definitie voor *Smart materials* is; '*Intelligent materials and systems that are capable to sense and respond to their surrounding environment in a predictable and useful manner*'[1]. *Smart textiles* is moet gezien worden als een klein onderdeel van alles wat onder het begrip *Smart materials* valt. Alleen wanneer er een *Smart material* wordt verwerkt in een textiel materiaal wordt er gesproken over een *Smart textile*. Afhankelijk van de functionaliteit, kunnen *Smart textiles* worden ingedeeld in drie categorieën [1]:

- *Passive smart textiles*; een textiel dat stimuli uit zijn omgeving kan waarnemen.
- *Active smart textiles*; een textiel dat een handeling kan uitvoeren als reactie op een stimulus uit zijn omgeving.
- *Very smart textiles*; een textiel dat zijn eigen gedrag en eigenschappen kan aanpassen aan zijn omgeving.


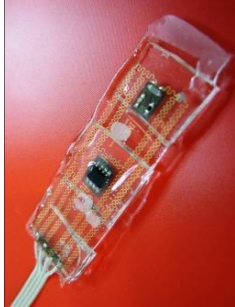
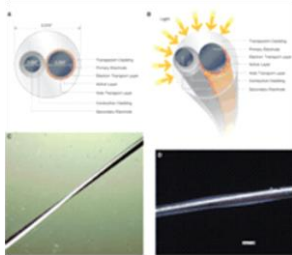
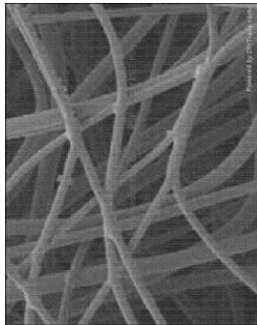
Elektronische textielen - waar het in deze opdracht om gaat - kunnen in al deze drie *Smart textile* categorieën voorkomen. Echter niet alle *Smart textiles* zijn ook een elektronisch textiel. Een voorbeeld om het verschil tussen beide begrippen te illustreren zijn textielen die bewerkt zijn met thermochrome materialen.

Deze thermochrome materialen veranderen van kleur onder invloed van veranderende temperaturen. De moleculen van thermochrome materialen ondergaan een draaiing onder invloed van een temperatuur veranderingen. Door deze draaiing absorbeert het molecuul een bepaald deel van het lichtspectrum en reflecteert het een ander deel waardoor het een kleur verandering ondergaat. Een textiel dat met thermochrome materialen is bewerkt is daarmee in staat om op stimuli uit de omgeving te reageren en mag dus tot een *Smart textile* worden gerekend. Echter omdat de werking van thermochrome materialen niets te maken heeft met elektronica worden producten als thermochrome textielen - binnen deze opdracht - niet tot elektronisch textiel gerekend.

Een gedetailleerdere omschrijving van e-textiel is *Elektro-active smart textile* [2]. Dit is vanwege het voorgaande voorbeeld een goed alternatief voor het woord e-textiel en binnen deze opdracht zal het dan ook hoofdzakelijk gaan over *Elektro-active smart textiles*. Het is echter belangrijk om op te merken dat in de praktijk *Elektro-actieve* en *Nonelektro-actieve Smart textiles* gecombineerd kunnen worden in één systeem. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er veel onduidelijkheid bestaat over de precieze definitie van elektronisch textiel.

Wanneer er ver genoeg wordt ingezoomd op een *Smart textile* systeem kan er echter wel degelijk onderscheid gemaakt worden tussen *Elektro-actieve* functies en *Nonelektro-actieve* functies. Om verwarring te voorkomen is er daarom binnen deze opdracht voor gekozen om onderscheid te maken in de verschillende detailniveaus waarop e-textiel kan voorkomen.

E-textiel gaat in de eerste plaats over een synthese van textiele en elektronische eigenschappen. Deze synthese kan plaats vinden op verschillende detailniveaus. Binnen deze opdracht zijn de detailniveaus waarop e-textiel kan voorkomen ingedeeld in vier niveaucategorieën. (tabel 1)

A. Product niveau	B. Weefsel niveau	C. Draad niveau	D. Vezel niveau
 <p>Rugtas met zonnecel Bron: http://www.g-techworld.com</p>	 <p>Elastische temperatuursensor Bron: http://www.stella-project.de</p>	 <p>Zonnecel in de vorm van een draad Bron: http://www.sciencemag.org</p>	 <p>Voorbeeld van een vezel structuur Bron: http://www.diytrade.com</p>

Tabel 1: e-textiel ingedeeld per niveaucategorie

A. Product niveau: Bestaande textiele producten en bestaande elektronische producten worden in één systeem geïntegreerd.

B. Weefsel niveau: Elektronische functies (bijv. sensoren, actuatoren of energieopslag) worden zo vormgegeven dat ze geïntegreerd kunnen worden in flexibele en/of elastische textiele weefsels.

C. Draad niveau: Elektronische functies worden geïntegreerd in of op textiele draden en garens.

D. Vezel niveau: Elektronische functies worden geïntegreerd in of op textiele vezels.

In iedere categorie gaat het om de synthese van textiel en elektronica op een bepaald detailniveau. Van links naar rechts vindt de synthese van textiel en elektronica op een steeds kleinere schaal plaats. Wanneer er gesproken wordt over e-textiel is het nuttig om duidelijke te definiëren om welke niveaucategorie het gaat. Er per niveaucategorie bestaan er belangrijke verschillen met betrekking tot de vereiste technologie en haalbare functionaliteit. Later in deze opdracht zal deze indeling gebruikt worden om de stand van de technologische ontwikkeling omtrent e-textiel te bespreken.

3. Vooronderzoek

Voordat het ontwikkelen van productideeën kan beginnen is het van belang dat er een goed beeld wordt geschetst van de ontwikkelingen en de markt op het gebied van e-textiel. In het vooronderzoek zullen daarom de volgende vragen gesteld worden;

- Wat zijn de technische mogelijkheden met e-textiel?
- Wat zijn momenteel de belangrijkste toepassingsgebieden voor e-textiel?

Het is de bedoeling om met de antwoorden van de eerste vraag een beeld te krijgen van de huidige technische mogelijkheden en die in de nabije toekomst. Later zal deze kennis gebruikt worden om de gegenereerde ideeën op ontwikkelingsmogelijkheden te beoordelen. Het antwoord op de tweede vraag moet een overzicht geven van de sectoren in de maatschappij waar e-textiel vandaag de dag voorkomt.

3.1 Technische mogelijkheden met e-textiel

Er is veel informatie te vinden over ontwikkelingen omtrent e-textiel. Om een beeld te schetsen van de omvang van deze ontwikkelingen zijn enkele voorbeelden van e-textiel projecten weergegeven in tabel 2.

Naam project	Start	Eind	Coördinator	Aantal partners	Overall budget (M€)
MyHeart	jan-04	sep-07	Philips	33	33
BIOTEX	sep-05	feb-08	CSEM	8	3,1
OFSETH	mar-06	jun-09	Multitel	11	2,3
STELLA	feb-06	jan-10	FFD-KG	11	13,2
PROETEX	feb-06	jan-10	CNR-INFM	23	12,8
SYSTEX	Aug-08	Heden	Lieva van Langehoeve	12	0,8

Tabel 2: e-textiel projecten [3]

Technologische ontwikkelingen binnen deze en vele andere projecten hebben het mogelijk gemaakt dat er momenteel veel verschillende functies kunnen worden gerealiseerd met een elektronisch textiel. Functies die gerealiseerd kunnen worden in een elektronisch textiel zijn in te delen in 5 verschillende categorieën [4].

- Waarnemen
- Handelen
- Energie leveren/generen/opslaan
- Communicatie
- Data verwerken
- Interconnecteren

Per categorie zal besproken worden hoe en of deze functies gerealiseerd kunnen worden.

Waarnemen

Een elektronisch textiel met een waarnemfunctie is in staat om veranderingen in de omgeving te registreren en te vertalen naar een elektronisch signaal. Grootheden die door textiele sensors gemeten kunnen worden zijn: positie, snelheid, temperatuur, concentratie, vochtigheid, kracht, druk en stroming[4]. Hieronder zullen enkele voorbeelden worden genoemd van e-textiele waarnemingssensoren.

Textiele zweetcollector en sensor

Niveaucategorie: Weefselniveau

In figuur 1 is een foto afgebeeld van een textiele zweetcollector. In de collector kan een bepaalde hoeveelheid transpiratievocht worden opgeslagen. Door gebruik te maken van een flexibele ion-selectieve elektrode (figuur 2) kan onder andere de concentratie van zout in transpiratievocht gemeten worden. Zowel de collector als de sensoren zijn ontwikkeld tijdens het BIOTEX project [5].



Figuur 1. Textiele zweet collector [5]



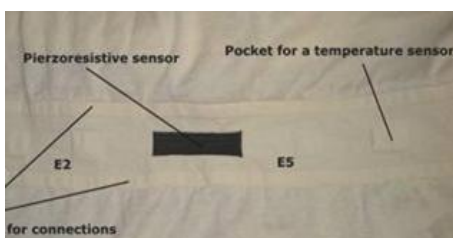
Figuur 2. Textiele zweet collector met ion-selectieve elektrode [5]

Textiele sensors voor het meten van ademhaling en hartritme

Niveaucategorie: Weefsel- en/of draadniveau

Tijdens het PROETEX project is een hemd ontwikkeld met meerdere textiele sensoren om lichaamscondities te kunnen monitoren [6]. Hierbij werd onder andere gebruik gemaakt van piëzo-resistente sensoren. Deze sensoren worden gebruikt om ademhaling en hartritme te meten. Zodra deze sensor (figuur 3 en 4) in kleine mate vervormt, bijvoorbeeld door een ademhaling of een hartslag, dan is dit direct terug te zien in de weerstand die het piëzo-resistente materiaal oplevert wanneer er een spanning overheen wordt gezet. Het patroon van deze weerstandsveranderingen kan vervolgens gebruikt worden om de ademhaling en het hartritme te monitoren.

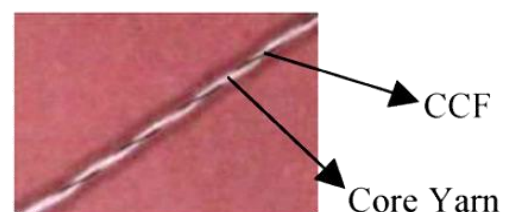
In figuur 3 en 4 is te zien hoe een piëzo-resistente sensor op weefselniveau is uitgevoerd. In een artikel afkomstig van de National Taiwan University [7], wordt gesproken over een onderzoek over het ontwikkelen van piëzo-resistente sensoren in de vorm van een draad (figuur 5). Het gaat hier om carbon-coated fibers (CCF) die om een textiele draadkern worden gewikkeld.



Figuur 3. Piëzo-resistente sensor [6]



Figuur 4. Piëzo-resistente sensor op hemd [6]



Figuur 5. Piëzo-resistente sensor in textieldraad [7]

Handelen

Het handelen van een elektronisch textiel wordt mogelijk gemaakt door textiele actuatoren. De functie van een actuator is het leveren van een reactie op een signaal dat afkomstig kan zijn van zowel een sensor als een data-processing unit. De reactie op het signaal kan verschillende vormen aannemen. Voorbeelden hiervan zijn: opwarmen, bewegen, geluid maken en het uitstoten van substanties [8]. Hieronder zullen enkele voorbeelden worden genoemd van e-textiele actuatoren.

Textiele verwarming

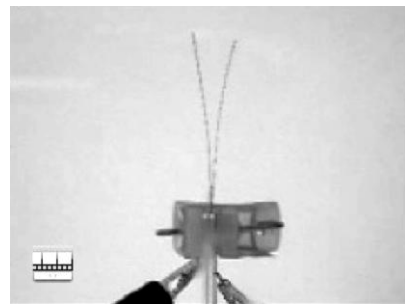
Niveaucategorie: Weefsel- en/of draadniveau

Door textiele draden uit te rusten met geleidende materialen is het mogelijk, dankzij de weerstand van deze draden, om elektrische energie om te zetten in warmte. Tijdens het expert interview in Gent met prof. dr. ir. L. van Langenhove (Universiteit van Gent, vakgroep Textielkunde en SYSTEX coördinator) zijn er meerdere prototypes besproken waar deze textiele actuator in voorkwam. Zo ook een kledingstuk voor baby's dat elektronisch verwarmt kan worden.

Elektro-actieve polymeer actuator

Niveaucategorie: Weefsel- en/of draadniveau

Elektro-actieve polymeren kunnen onder invloed van een spanning vervormen [9]. Deze polymeren kunnen in veel verschillende vormen en maten worden toegepast, zo ook in textiel. In figuur 6 is een foto te zien van een proefopstelling met een elektro-actieve polymeer. In dit voorbeeld gedeformeerd de elektro-actieve polymeer onder invloed van een spanning resulterende in een klapperende beweging.



Figuur 6. Elektro-actieve polymeer [9]

Textiele medicijn dosering actuator

Niveaucategorie: onbekend

Het CETEMMSA Technological Centre in Barcelona meldt op hun website dat er een smart textile pleister is ontwikkeld die medicijnen kan toedienen via de huid [10]. In de structuur van de pleister zijn nanocapsules verwerkt met daarin een medicijn die met een geïntegreerd elektronisch apparaatje kunnen worden aangestuurd. Op deze manier kan de gebruiker op ieder gewenst moment het medicijn via zijn huid tot zich nemen.



Figuur 7. Slimme textiel pleister om medicijnen of cosmetica gecontroleerd toe te dienen [10]

Energie leveren/genereren/opslaan

Veel componenten in een elektronisch textiel vereisen een elektrische energie bron. Deze elektrische energie kan geleverd worden door componenten die energie kunnen opslaan en/of kunnen genereren. Bijvoorbeeld textiele zonnecellen, flexibele batterijen, of zelfs componenten die mechanische bewegingen kunnen omzetten in elektrische energie [11]. Hieronder zullen enkele voorbeelden worden genoemd van e-textiele energie bronnen.

Flexibele batterijen

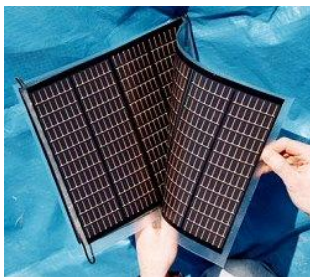
Niveaucategorie: Weefsel- en/of draadniveau

Batterijtechnologie is de laatste jaren zeer veel verder ontwikkeld. Dit blijkt duidelijk in de praktijk omdat batterijen kleiner en lichter zijn geworden en meer capaciteit hebben gekregen. Sommige batterijen zijn zelfs flexibel waardoor ze op weefsel niveau kunnen worden toegepast in een elektronisch textiel [11]. Verder is er bijvoorbeeld aan de universiteit van California met behulp van 'carbon nanotubes' al een printbare batterij ontwikkeld [12]. Met deze technologie is het waarschijnlijk ook mogelijk om batterijen op draadniveau te ontwikkelen.

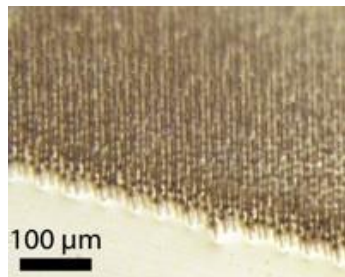
Textiele zonnecellen

Niveaucategorie: Weefsel- en/of draadniveau

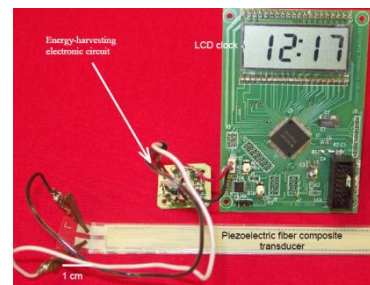
Zonnecellen zijn tegenwoordig in erg veel vormen en maten te verkrijgen. Zo zijn er ook verschillende zonnecellen te vinden die verwerkt kunnen worden in een elektronisch textiel. In voorbeeld hiervan zijn zonnecellen op organische basis [13]. Hoewel deze zonnecellen een laag rendement hebben, zo'n 3 tot 5 procent, zijn ze goedkoper te produceren dan 'normale' zonnecellen, en erg flexibel (figuur 8). Ook op draadniveau kunnen zonnecellen worden ontwikkeld. Zo zijn onderzoekers van het California Institute of Technology bezig geweest om efficiënte zonnecellen te ontwikkelen op basis van zeer dunne silicium draden [14] (figuur 9). Dit onderzoek is laat zien dat de techniek, om zonnecellen op draadniveau te ontwikkelen, voor handen is.



Figuur 8. Organische zonnecellen [13]



Figuur 9. Dunne silicium draden in transparant polymeer [14]



Figuur 10. Piëzo-elektrische draden in kunststof stip [16]

Energie opwekken uit mechanische bewegingen in textiel

Niveaucategorie: Weefsel- en/of draadniveau

Door piëzo-elektrische materiaal te vervormen komt er elektrische energie vrij. Deze energie kan gebruikt worden als energie bron voor elektronische apparaten [15]. In draad of weefsel vorm kan dit piëzo-elektrisch materiaal verwerkt worden in een textiel en is het mogelijk om met de bewegingen in een textiel elektrische energie op te wekken. Een voorbeeld van een dergelijke piëzo-elektrisch energiewiningsysteem is te zien in figuur 10. Dit piëzo-elektrisch energiewiningsysteem is ontwikkeld door een bedrijf in New Jersey genaamd 'Advanced Cerametrics Incorporated'. Bij blootstelling aan een 30 Hz trilling gedurende 13 seconde werd er volgens de gegevens van ACI een energie van 880mJ (40V) opgewekt. Dit is voldoende om een LCD clock (0.7 mJ/min) voor 20 uur van energie te voorzien [16].

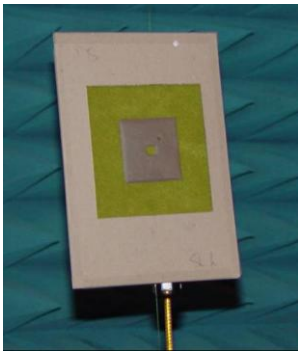
Communicatie

Communicatie tussen de verschillende componenten van een elektronisch textiel of tussen het elektronisch textiel en de gebruiker moet bijna altijd plaatsvinden. In het eerste geval wordt er gebruik gemaakt van draadloze technologieën zoals draadloze ethernet. Dit maakt het overbodig om zware en niet flexibele processoren of apparaten voor dataopslag te verwerken in een elektronisch textiel [11]. In het tweede geval, de communicatie tussen het elektronisch textiel en de gebruiker, gaat het bijvoorbeeld om textiele interfaces en displays. Hieronder volgen enkele voorbeelden over realisatie van communicatie binnen textiel.

Textiele antennes

Niveaucategorie: Draadniveau

Door gebruik te maken van geleidende textiele draden zijn er al verschillende flexibele antennes ontwikkeld. Een dergelijke antenne (figuur 11) is ook besproken tijdens het expertinterview in Gent met prof. dr. ir. L. van Langenhove (Universiteit van Gent, vakgroep Textielkunde en SYSTEX coördinator). De antenne uit het voorbeeld in figuur 11 werd ontwikkeld voor draadloze communicatie tussen lichaams- en omgevingsensoren van een reddingswerker en een centrale commandopost [17].



Figuur 11. PROETEX textiele antenne [17]

Textiele displays

Niveaucategorie: Weefsel- en/of draadniveau

Flexibele displays zijn al in vele vormen en maten verkrijgbaar. Een van de grote namen op het gebied van textiele displays is Philips Lumalive (figuur 12). Met deze technologie worden er verschillende series van LED pixels verbonden met een lichtgewicht en flexibele kunststof. Iedere losse pixel bestaat uit kleine dicht op elkaar gemonteerde rode, groene en blauwe (RGB) LED's. Geleidende banen in het kunststof verbinden deze pixels zo met elkaar dat ze een display vormen waarbij iedere pixel afzonderlijk aangestuurd kan worden [19].



Figuur 12. Philips Lumalive textiele display [18]

Data verwerken

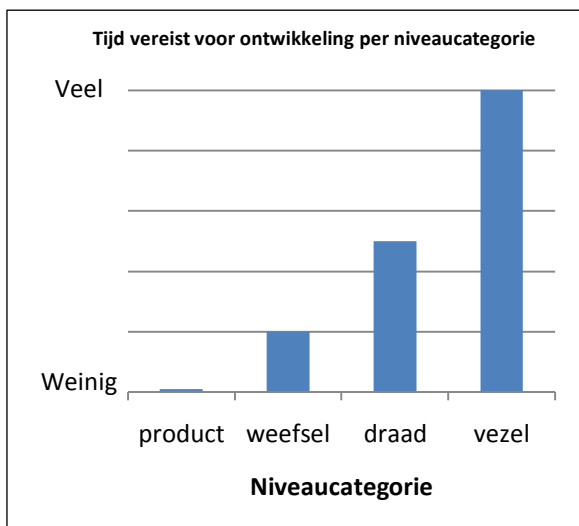
Volgens de gegevens uit het document 'A roadmap on smart textiles' (een rapport over substantieel onderzoek naar de opkomende markt van smart textiles) zijn er nog geen data verwerkende componenten van textiel te verkrijgen [11]. Data verwerken zoals een processor in een computer dat kan zal op dit moment dus nog los van een textiel moeten gebeuren.

Interconnecteren

De componenten waaruit een elektronisch textiel wordt opgebouwd moeten met elkaar in verbinding worden gebracht om een veelzijdig en interactief systeem te vormen. Dit wordt interconnecteren genoemd en gebeurt normaal gesproken door geleidende garen die verweven worden in een textiel [20].

Eigen visie op de technologische ontwikkeling van e-textiel

Tot nu toe is er uit het vooronderzoek en de expert interviews een algemeen beeld ontstaan over de technologische ontwikkelingen rondom e-textiel. Dit beeld zal worden toegelicht door de verwachte ontwikkeltijd per niveaucategorie te bespreken.



Grafiek 1 is een visualisatie van de algemene indruk over de technologische ontwikkelingen rondom e-textiel. Om de mate van ontwikkeling uit te kunnen drukken in een eenheid is er een schatting gemaakt met betrekking tot de tijd. Het gaat hier om de verwachte tijd die vereist zal zijn om het ontwikkelingstraject van een productidee te doorlopen. Dit traject kan beginnen bij laboratoriumonderzoek en eindigt vlak voordat er een plan voor grootschalige productie gemaakt kan worden.

De verhoudingen wat betreft ontwikkeltijd tussen de verschillende niveaucategorieën zijn met elkaar vergeleken in grafiek 1.

Grafiek 1: Algemeen beeld ontwikkeltijd per

Het resultaat van deze vergelijking is afgebeeld in de bovenstaande grafiek. Natuurlijk is de mate van ontwikkeling die nodig zal zijn voor een bepaald e-textiel productidee sterk afhankelijk van de eisen waar dit product aan moet voldoen en de efficiëntie waarmee de ontwikkeling zal plaatsvinden. Daarnaast zal een e-textiel productidee in de praktijk niet per definitie in te delen zijn in slechts één niveaucategorie. Verschillende onderdelen van een e-textiel product zouden bijvoorbeeld ingedeeld kunnen worden in verschillende niveaucategorieën.

Toch is het zinnig is om iets te zeggen over de mate van ontwikkeling die vereist is per niveaucategorie. Allereerst omdat een relatief abstract en complex onderwerp - de huidige stand van de technologische ontwikkelingen rondom e-textiel - op deze manier toch gedeeltelijk in beeld gebracht kan worden. Ten tweede omdat de productideeën die binnen deze opdracht verzonden zijn op deze wijze nauwkeuriger op hun ontwikkelingsmogelijkheden beoordeeld kunnen worden. Later zal hier verder op in worden gegaan in het hoofdstuk *Selectie methode*. Hieronder zal grafiek 1 verder worden toegelicht per niveaucategorie.

Productniveau

Naar verwachting zal de ontwikkelingstijd voor een e-textiele toepassing op productniveau relatief kort zijn. De meeste onderdelen voor een dergelijke toepassing kunnen kant-en-klaar ingekocht worden. De onderdelen zullen niet volledig nieuw ontworpen moeten worden. Waar op dit niveau wel tijd in geïnvesteerd zal moeten worden is het functioneren van alle lossen onderdelen als één systeem. Het samenvoegen van de losse onderdelen tot één werkend systeem zal echter in deze niveaucategorie de minste tijd in beslag nemen t.o.v. de andere niveaucategorieën.

Weefselniveau:

Wat tijdens het vooronderzoek naar voren is gekomen is dat er op dit moment relatief veel voorbeelden te vinden zijn van flexibele en dynamische e-textiele onderdelen. Daaruit kan geconcludeerd worden dat er op technologisch gebied al veel mogelijk is op weefselniveau. Voordat deze technologieën ook daadwerkelijk kunnen worden toegepast in een e-textiel zal er nog veel getest en verbeterd moeten worden. Dit wordt duidelijk doordat er veel voorbeelden te vinden zijn van losse e-textiele onderdelen om weefselniveau, maar er zijn maar weinig voorbeelden te vinden waar deze onderdelen een geheel systeem vormen. Vandaar dat de vereiste ontwikkeltijd op dit niveau duidelijk langer wordt verwacht dan de vereiste tijd op productniveau.

Draadniveau:

Op draadniveau zijn eveneens al verschillende technologieën ontwikkeld en nog in ontwikkeling. Op dit niveau worden eigenschappen op of in textiele draden en garens toegepast. Voorbeelden van toepassingen op dit niveau zijn echter lastiger te vinden dan toepassingen op weefselniveau. Daarbij zijn de toepassingen op draadniveau die wel gevonden worden vaak minder geavanceerd dan toepassingen op weefselniveau. Zo zijn er al verschillende voorbeelden te vinden van textiele draden en garen die stroom kunnen geleiden maar voorbeelden van meer complexe elektronische functies zoals sensoren of actuatoren zijn veel minder vaak uitgevoerd op draadniveau. Wat wel naar voren komt is dat er al meerdere technologieën bestaan die ook de complexere functies op draadniveau mogelijk kunnen maken. E-textiele toepassingen op draadniveau vereisen daarmee meer ontwikkeltijd dan toepassingen op weefselniveau.

Vezelniveau:

E-textiele toepassingen op vezelniveau staan, in vergelijking met de andere niveaucategorieën, nog in de kinderschoenen. Concrete voorbeelden van elektronisch textiel op vezelniveau zijn dan ook niet gevonden. Onderzoek naar technologieën op vezelniveau zijn daarentegen wel te vinden. Zo zullen technologische ontwikkelingen op nano-schaal, die vandaag de dag steeds meer aandacht krijgen, veel gaan betekenen voor e-textiele toepassingen op vezelniveau. Voordat technologieën op dit niveau ook werkelijk toepasbaar zijn in een e-textiel moet er nog veel gebeuren. Daarom zal een e-textiele toepassing op vezelniveau, ten opzichte van de andere niveaus, de meeste ontwikkeltijd vereisen.

Als laatste punt met betrekking tot dit gedeelte van het vooronderzoek zal het gaan over de vraag wanneer de ene niveaucategorie verkozen moet worden boven een andere niveaucategorie. Het is namelijk niet zo dat het per definitie voordeliger is om een e-textiel productidee op het meest gedetailleerde niveau uit te voeren. Welk detailniveau het meeste voordeel zal opleveren is volledig afhankelijk van de toepassing. Daarom is het van groot belang dat er per e-textiel productidee de vraag gesteld worden op welke niveaucategorie deze toepassing het beste zal functioneren. Daarnaast kan het antwoord op deze vraag ook een indicatie zijn voor de ontwikkelingsmogelijkheden van een productidee. Wanneer bijvoorbeeld blijkt dat een bepaald e-textiel productidee op weefselniveau de zelfde voordelen biedt als op draadniveau, dan zullen de

ontwikkelingsmogelijkheden van dit productidee beperkt blijven. In het omgekeerde geval, wanneer een e-textiel productidee juist extra voordelig zal zijn op draadniveau, dan heeft dit productidee meer ontwikkelingsmogelijkheden. Hier zal verder op in worden gegaan in het hoofdstuk *Selectie methode*.

3.2 Bestaande toepassingsgebieden voor e-textiel

In dit hoofdstuk zal het gaan over de vraag welke toepassingsgebieden er momenteel zijn voor e-textiel. Om hier een accuraat beeld van te schetsen wordt er geciteerd uit het Vision Paper van SYSTEX, een Europees samenwerkingsproject met als doel om de ontwikkeling van *Smart textiles* te stimuleren [21]. Op basis van gedegen onderzoek wordt er in dit document een beeld gegeven van de verschillende toepassingsgebieden voor *Smart textiles*. Daarnaast worden er in dit document de sterke punten, de zwakkere punten, de kansen en de bedreigingen van de Europese *Smart textiles* sector besproken.

Zoals in het hoofdstuk *Wat is e-textiel* is toegelicht, is een elektronisch textiel en een *Smart textile* niet exact het zelfde. Ondanks dat het Vision Paper over *Smart textiles* gaat en deze opdracht over elektronisch textiel zijn de verschillen te verwaarlozen wanneer er gekeken wordt naar de verschillende toepassingsgebieden. Dit blijkt uit de vele overeenkomsten tussen de toepassingsgebieden die in het Vision Paper genoemd worden en de toepassingsgebieden voor elektronisch textiel die uit de rest van het vooronderzoek naar voren zijn gekomen. De toepassingsgebieden die door het SYSTEX consortium geïdentificeerd zijn voor *Smart textiles* zullen daarom ook worden genoemd als toepassingsgebieden voor elektronisch textiel.

De belangrijkste toepassingsgebieden van smart textiles waarvan verwacht wordt dat deze in de toekomst zullen groeien en de leiding nemen op het gebied van innovaties en ontwikkelingen van *Smart textiles* worden hieronder genoemd:

- Gezondheidszorg
- Interactieve kleding voor dagelijks gebruik
- Sport en welzijn
- Veiligheid en beveiliging
- Automotive and transport
- De bouw
- Geo-textielen
- Huis en interieur
- Verpakkingen
- Architectuur
- Telecommunicatie
- Mode
- Defensie
- Landbouw en tuinbouw
- Verlichting
- Energiewinning
- Persoonlijke verzorging

Volgens het SYSTEX consortium zijn de volgende vier soorten toepassingen het meest interessant: Interactieve kleding voor dagelijks gebruik, veiligheid- en beveiligingskleding, toepassingen in de Sport en welzijn sector en toepassingen voor in de gezondheidszorg. Deze vier soorten toepassingen zullen hieronder kort worden besproken.

Interactieve kleding voor dagelijks gebruik

Eén van de eerste sectoren waar *Smart textile* producten op de markt zijn geïntroduceerd was die van de interactieve kleding voor dagelijks gebruik. Inmiddels zijn er in deze sector al vele nieuwe *Smart textile* producten op de markt geïntroduceerd. Onder andere grote bedrijven als Eleksen, Fibertronic en O’Niell hebben al succes geboekt binnen deze sector. Hieronder twee illustraties van producten die in de markt geïntroduceerd zijn binnen deze sector:



Figuur 13. Eleksen textile touchpad [22]

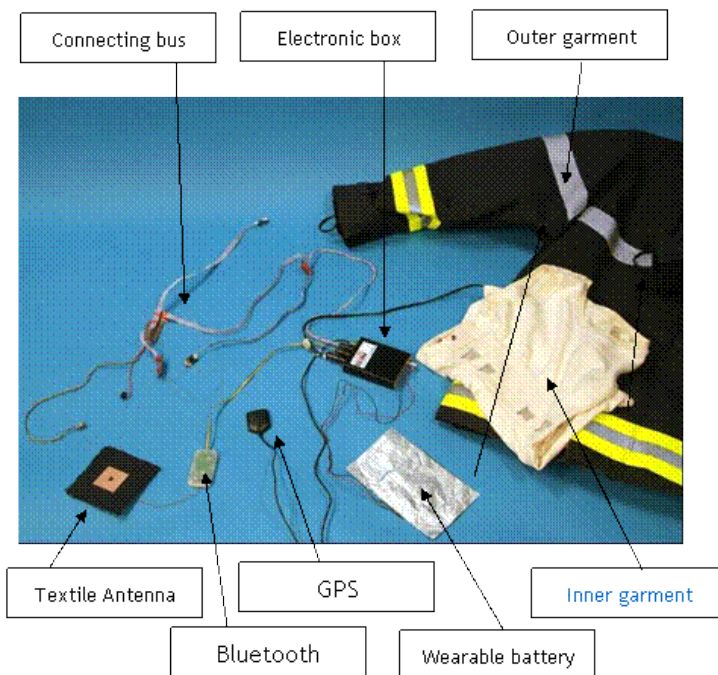


Figuur 14. O'niell iPod backpack [23]



Veiligheid- en beveiligingskleding

'In 2008 the European commission has defined the domain of the personal protection equipment as a theme for its Lead Market Initiative.' Een argument dat gebruikt wordt in het SYSTEX Vision Paper om aan te tonen dat de persoonlijke bescherming op Europees niveau zeer serieus wordt genomen. Er wordt verwacht dat de Europese industrie dan ook veel innovatieve oplossingen zal ontwikkelen binnen de sector personal protection. Veiligheid- en beveiligingskleding vormt een belangrijk onderdeel van de personal protection sector. Een voorbeeld van een door Europa gefinancierd project binnen deze sector is PROETEX. Tijdens dit project werd er een brandweerpak ontwikkeld met elektronisch textiel. (figuur 15)



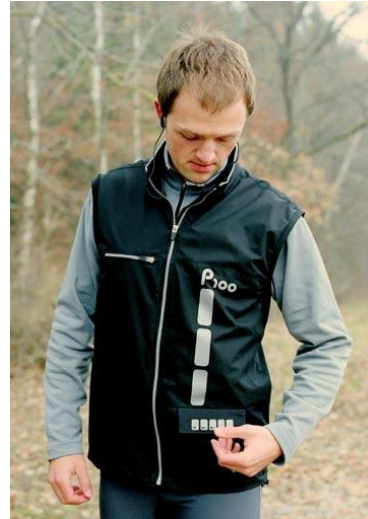
Figuur 15. PROETEX brandweerpak met elektronisch textiel. [6]

Sport en welzijn

De sport en welzijn sector wordt gezien als één van de meest interessante toepassingsgebieden voor *Smart textiles*. Er wordt gezegd dat dit de sector is met het grootste mogelijkheden en met de snelst groeiende markt voor elektronisch textiel. Veel bedrijven binnen deze sector waaronder Adidas, O'niell, Nike, Polar enz. hebben al meerdere producten geïntroduceerd binnen deze markt. Hieronder twee illustraties van deze producten.



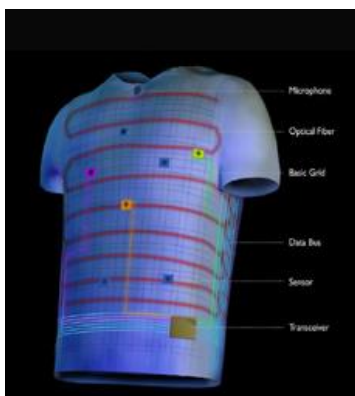
Figuur 16. Adidas 1 Smart Ride: een schoen met elektronisch controleerbare demping. [24]



Figuur 17. Infineon Technologies en O'Neill Europe: Snowboard jacket met mp3, bluetooth en telefoon functie. [25]

Gezondheidszorg

Volgens recente rapporten (bijvoorbeeld van Pira International, UK) is de gezondheidssector één van de belangrijkste toepassingsgebieden voor *Smart textiles*. Binnen Europa heeft het Clevertex (project voorspeld dat de gezondheidssector in het komende decennium de grootste sector voor *Smart textile* zal zijn. Ook uit het expert interview met dr. ir. G. Brinks van de Saxion hogeschool Enschede, waar hij lector is van de afdeling *Smart Functional Materials*, kwam naar voren dat de gezondheidszorg een belangrijk toepassingsgebied voor e-textiel is. Tijdens het interview is er onder andere gesproken over de voordelen van elektronisch textiel bij zorg op afstand. Door patiënten thuis te kunnen monitoren met een *Smart textile* en een internet verbinding, kan het aantal dagen dat een patiënt moet doorbrengen in het ziekenhuis aanzienlijk worden verminderd. Dit alleen al zal voor een zeer grote kosten besparing kunnen zorgen en vormt daarmee een belangrijke driver voor elektronisch textiel in de gezondheidszorg. Hier onder twee illustraties van e-textiele toepassingen voor in de gezondheidszorg.



Figuur 18. Sensatex Smart Shirt system. [26]



Figuur 2 NuMetrex BH: kan hartslag meten. [27]

Eigen visie toepassingsgebieden voor e-textiel

Kijkende naar de toepassingen die besproken zijn binnen de verschillende toepassingsgebieden voor elektronisch textiel valt het op dat de technologie ver voor ligt op de toepassingen die al op markt te verkrijgen zijn. Dit vermoeden is voor het eerst ontstaan tijdens het expert interview met dr. ir. G. Brinks van de Saxion hogeschool Enschede. Hij is van mening dat de implementatie van elektronisch textiel op de markt traag verloopt en dat komt volgens hem door een gebrek aan goede business cases m.b.t. e-textiel. In het Vision Paper van SYSTEX worden soort gelijke aandachtspunten genoemd met betrekking tot *Smart textiles*. Enkele voorbeelden uit het Vision Paper worden hieronder weergegeven [21]:

Selectie uit: Systex Vision Paper p.25
Weakness:
<ul style="list-style-type: none">• Lack of Killer application & market pull for functional textiles
<ul style="list-style-type: none">• Too many research, Technology and Development gaps in de value chain of smart textiles
<ul style="list-style-type: none">• Lack of orientation or long-term vision of end-user markets among the smart textiles application developers.
Threats:
<ul style="list-style-type: none">• Less consumer acceptance of smart textiles
<ul style="list-style-type: none">• Too much concentration on development of application but lack of efforts towards implementation of technology (transfer of technology, validation, up scaling)

Concluderende uit deze gegevens zal het van belang zijn - voor de verdere ontwikkeling van elektronisch textiel - dat er extra aandacht besteed gaat worden aan het bekend maken van toepassingsmogelijkheden met e-textiel. Wanneer er meer bekend zal worden over de vele verschillende toepassingen die mogelijk zijn met elektronisch textiel zullen meer partijen gaan overwegen om te investeren in elektronisch textiel. Dit zal de kans op het verschijnen van een Killer applicatie vergroten en de consument beter bekend laten worden met elektronisch textiel.

Naast dat het marktperspectief in algemene zin extra aandacht verdient, valt ook op dat het bij de meeste e-textiele producten draait om toepassingen op of aan het menselijk lichaam. Dit type toepassingen krijgt in de vier belangrijkste toepassingsgebieden de meeste aandacht.

Naar verwachting zijn toepassingen die niet of niet direct te maken hebben met het menselijk lichaam juist de toepassingen die een vernieuwende impuls kunnen bieden aan de markt rondom elektronisch textiel. Hier zijn twee belangrijke redenen voor te noemen.

Allereerst is het creëren van een nieuwe impuls voor een markt lastig te realiseren door te focussen op dat waar al op gefocust wordt. Bij het genereren van nieuw productideeën binnen deze opdracht, is het dan ook belangrijk om breed georiënteerd te blijven en niet te verdwalen in het type toepassingen waar momenteel de veel aandacht aan besteed wordt.

Ten tweede worden er hoge eisen gesteld aan producten die direct of bijna direct in contact komen met het menselijk lichaam. Zeker in de gezondheidszorg, maar ook in de veiligheid- en beveiligingssector zijn de procedures om een nieuw productidee te ontwikkelen en te introduceren zeer streng en langdradig. Aan de ene kant zijn deze procedures nodig om te kunnen garanderen dat producten betrouwbaar en veilig zijn. Aan de andere kant zorgen deze procedures ook voor een vertraging wanneer het gaat om de implementatie van e-textiele producten.

Door deze opdracht vooral te richten op het verbreden van de markt voor elektronisch textiel zullen andere soorten toepassingen, waar veel minder hoge eisen aan worden gesteld, ook aan bod komen. De verdere ontwikkeling van e-textiel zal dit ten goede komen omdat andere/nieuwe soorten e-textiele producten waarschijnlijk sneller op de markt gebracht kunnen worden dan de huidige producten in de gezondheidszorg en de veiligheid- en beveiligingssector.

3.3 Conclusie vooronderzoek

Met dit vooronderzoek is er een algemeen beeld ontstaan over de technische mogelijkheden van e-textiel en de toepassingsgebieden voor e-textiel. Voor deze opdracht waarin het gaat om het verzinnen van veel nieuwe productideeën met e-textiel is de volgende informatie gebruikt om op voort te bouwen:

Allereerst is de vergaarde kennis over de verschillende functies die mogelijk zijn met elektronisch textiel cruciaal. Hierdoor zal het verzinnen van productideeën beter kunnen worden afgestemd met de realiteit. Ook naderhand zal deze informatie belangrijk zijn om de haalbaarheid en ontwikkelingsmogelijkheden van productideeën in te schatten.

Ten tweede is de kennis over de verschillende toepassingsgebieden erg belangrijk om in te schatten wat voor een soort ideeën de ontwikkeling van e-textiel kunnen bevorderen. Wat uit het vooronderzoek bleek is dat er te veel aandacht besteed is aan technologische ontwikkeling en er relatief weinig aandacht besteed is aan de implementatie van de elektronisch textiel - doormiddel van kansrijke toepassingen - op de markt. Wanneer productideeën binnen deze opdracht bijvoorbeeld zouden leiden tot onderzoek naar een totaal nieuwe technische functie voor in een e-textiel dan is dat leuk maar niet erg effectief. Door de aandacht te richten op het toepassen van de verschillende e-textiele functies zal er met deze opdracht een meer relevante bijdrage geleverd kunnen worden aan de ontwikkeling van e-textiel. Er zal dus gefocust moeten worden op toepassingen.

Ten slotte lijkt het erop dat de huidige toepassingen met e-textiel zich vooral richten op toepassingen op of aan het menselijk lichaam. Het vermoeden bestaat dat deze focus een belangrijke rol speelt in de relatief traag verlopende implementatie van e-textiele producten. In het vervolg van deze opdracht is het daarom belangrijk om breed georiënteerd te blijven om ook andere toepassingen met elektronisch textiel aan bot te laten komen.

4. Essay: productideeën genereren met e-textiel

Het bedenken van één productidee met e-textiel lijkt niet al te moeilijk. Het bedenken van een nieuw productidee met e-textiel is al lastiger en het bedenken van veel van die nieuwe ideeën is behoorlijk pittig. Toch moet dit wel gerealiseerd gaan worden binnen deze opdracht. Het zou dan ook erg prettig zijn om een methode te hebben die het verzinnen van veel nieuwe ideeën vergemakkelijkt. Om meer grip te krijgen op deze situatie is er daarom gekozen om een essay te schrijven. De Nederlandse betekenis van het woord essay komt van het Franse 'essai', wat zoiets betekend als *probeersel* of *poging*. Dit essay mag dan ook gezien worden als een poging om een methode te ontwerpen die het verzinnen van veel verschillende productideeën met e-textiel vergemakkelijkt.

Om meer inzicht te krijgen in het bedenken van ideeën volgens een methode is er deelgenomen aan de zomercursus TRIZ Fundamentals aan de Universiteit Twente. Deze cursus over *systematic innovation* werd gegeven door Valeri Souchkov. Een cursus die bijzonder nuttig is gebleken om antwoord te krijgen op vragen met betrekking tot ideeën genereren. Een belangrijk deel uit dit essay zal gebaseerd zijn op de inzichten die opgedaan zijn tijdens de TRIZ Fundamentals cursus.

Aan het begin van dit essay laten we e-textiel even los. Eerst zal er op een algemene manier gekeken worden naar het genereren van ideeën. Later zal dit worden toegespitst op het verzinnen van e-textiel ideeën. Dit laatste zal de basis vormen voor de methode die aan het einde van dit essay wordt voorgesteld.

Ideeën genereren algemeen

De bron voor het verzinnen van nieuwe ideeën is de kennis en ervaring die we hebben opgedaan tijdens ons leven, eigenlijk alles wat opgeslagen is in ons brein en wordt gebruikt tijdens een creatief proces. Zo kunnen we ons een roze olifant voorstellen, omdat we ons een voorstelling kunnen maken van het woord 'roze' in combinatie met het woord 'olifant'. Zo kunnen wij ons ook voorstellen of een man van 65 het leuk zou vinden om met een gameboy te spelen en kunnen we ons voorstellen of het verstandig zou zijn om een magnetron volledig uit te voeren in eikenhout.

Dit vermogen van onze hersenen, om een voorstelling te kunnen maken van nog niet bestaande combinaties, staat aan de basis van het menselijk vermogen om nieuw ideeën te verzinnen [28].

Zoals al eerder genoemd vormt onze kennis en ervaring de bron voor het verzinnen van ideeën, maar deze kennis is niet alleen noodzakelijk voor het verzinnen van ideeën. Tevens kan deze kennis en ervaring ook een mentale barrière vormen. In het artikel '*Psychological barriers and creativity*' door Valeri Souchkov wordt dit geïllustreerd met het volgende voorbeeld [28]:

Halverwege de negentiende eeuw leefde er in Engeland een zeer invloedrijke wetenschapper genaamd Lord Kelvin. Hij deed destijds de uitspraak: 'Flight of anything heavier than air is not possible.' Dit statement heeft voor een behoorlijke vertraging gezorgd omtrent de ontdekking van het vliegtuig. Pas toen de gebroeders Wright, die waarschijnlijk nog nooit van dit statement hadden gehoord (ongeveer vijftig jaar na het statement van Lord Kelvin) voor het eerst een succesvol vliegtuig presenteerden werd de mentale barrière van Lord Kelvin doorbroken.

De mentale barrière uit het voorgaande voorbeeld gaat over maatschappelijk erkende kennis en heeft daarmee invloed gehad op zeer veel mensen tegelijkertijd. Echter een mentale barrière kan ook op persoonlijk niveau voorkomen. Tijdens het bedenken van ideeën worden er veel denkstappen gemaakt, sommige bewust, andere onbewust. Wanneer er aan het einde van die denkstappen een idee uitkomt wat niet uitvoerbaar is, dan is het bijzonder lastig om vervolgens verder te gaan met het bedenken van wel uitvoerbare ideeën. We spreken dan van het zogenaamde *vast-denken*. Een veel besproken voorbeeld tijdens de TRIZ Fundamentals cursus kan dit *vast-denken* verder illustreren [29].

Een boer met een sinaasappelplantage zat met een groot probleem waar hij maar niet uit kwam. Zijn sinaasappels werden namelijk aangevreten door apen uit het bos naast de plantage. Hij zou graag iets aan die apen doen, maar het probleem is dat de apen beschermd zijn. Hij mag die apen dus niets aandoen. Ook het verplaatsen van de apen kolonie werd verboden en het verplaatsen van zijn eigen sinaasappel plantage is ook geen optie. De boer zat met zijn handen in het haar, de apen moesten weg of hij moest weg en geen van beide opties was mogelijk.

In dit voorbeeld zie je duidelijk dat de boer last heeft van *vast-denken*. Hij vindt dat de apen weg moeten of dat hij zelf weg moet en geen van beiden is een geschikte oplossing. Dat hij zich beperkt heeft door er van overtuigd te zijn dat of de apen weg moeten of hijzelf weg moet, beseft de boer niet. Een derde optie, om bijvoorbeeld een aap werende barrière om zijn plantage te maken, is nog niet eens bij hem opgekomen. De boer was zich er niet van bewust dat hij al een bepaalde denkrichting was ingeslagen. In dit geval zou je deze denkrichting kunnen samenvatten onder: 'De oplossing is verwijderen'. Wel heeft hij binnen deze denkrichting erg veel geprobeerd, maar daar kwam hij simpelweg niet mee verder. Met tot gevolg dat hij uiteindelijk geen enkele uitweg meer zag.

Een denkrichting waarin het niet gaat om 'verwijderen' maar juist om 'toevoegen' zou de boer weer verder kunnen helpen. Aan de andere kant is het niet vreemd dat de boer zich heeft *vast-gedacht* in zijn eigen denkrichting. Het is namelijk over het algemeen bijzonder lastig om zelf te beseffen welke denkrichtingen je in bent geslagen tijdens een creatief proces.

Het is echter niet onmogelijk om je te beseffen welke denkrichtingen je inslaat tijdens een creatief proces. Wanneer je bijvoorbeeld bij iedere denkstap die je maakt, opschrijft wat je denkassociaties zijn geweest, dan heb je ook de mogelijkheid om terug te kijken. Door vervolgens na te lezen waar je allemaal aan gedacht hebt kun je je eigen denkrichting achterhalen.

Een andere oplossing zou kunnen zijn om er iemand anders bij te vragen. Die persoon kan de taak krijgen om je constant bewust te maken welke denkrichtingen je bent ingeslagen wanneer je last krijgt van *vast-denken*.

Door je te beseffen welke denkrichtingen je bent ingeslagen kun je je een voorstelling maken van welke denkrichtingen je nog niet bent ingeslagen. Op deze manier kun je weer nieuwe denkrichtingen bedenken en daar kunnen weer zeer veel nieuwe ideeën uit ontstaan.

Het is belangrijk dat een methode, die het bedenken van veel ideeën moet vergemakkelijken, de gebruiker helpt om zich bewust te worden van zijn eigen en nieuwe denkrichtingen. De vraag is nu: 'Hoe kan dit inzicht vertaald worden naar een methode?' en 'Hoe kan deze methode worden toegespitst op e-textiel?'.

Het verzinnen van productideeën met e-textiel

Om antwoord te vinden op deze laatste vragen zal er eerst dieper in worden gegaan op e-textiel. Zoals ook al eerder in het vooronderzoek genoemd is, gaat het bij e-textiel om de synthese tussen textiele en elektronische eigenschappen. In feite kan het kiezen voor deze synthese van textiel en elektronica al gezien worden als een denkrichting. Een denkrichting die kan worden samengevat onder: 'De oplossing is een synthese van textiel en elektronica'.

Doordat het besef dat er met e-textiele oplossingen ook al een denkrichting wordt ingeslagen wordt duidelijk dat de TRIZ methoden niet (of niet direct) van toepassing zijn op het verzinnen van productideeën met e-textiel. Hier zal verder op in worden gegaan in bijlage 1.

Wanneer we zoeken naar succesvolle productideeën met e-textiel dan zijn we in feite op zoek naar productideeën waarvan zal blijken dat 'de oplossing is een synthese van textiel en elektronica' een succesvolle denkrichting is geweest.

Deze denkrichting heeft echter slechts betrekking op één helft van het woord productidee. De definitie van *productidee* die gehanteerd wordt tijdens deze opdracht is: 'Een idee voor een combinatie van een techniek en een toepassing in de vorm van een product.' Productideeën met e-textiel zijn dus combinaties van een technische mogelijkheid en een toepassing van die techniek. De denkrichting, 'de oplossing is een synthese van textiel en elektronica', levert voornamelijk technische mogelijkheden op. Bij het bedenken van productideeën hoort, zoals uit de definitie blijkt, ook een toepassing van die technologische mogelijkheden.

Zeker in het geval van e-textiel is het toepassingsdeel van productideeën erg belangrijk. Dit blijkt uit het vooronderzoek van deze opdracht. In dit vooronderzoek is geconcludeerd dat er op technologisch gebied erg veel mogelijk is met e-textiel, maar dat de vier grootste toepassingsgebieden voornamelijk betrekking hebben op toepassingen op of aan het menselijk lichaam. Daarnaast is er ook in een wat algemenere zin geconstateerd dat de nadruk met betrekking tot e-textiel te veel ligt op de technische ontwikkeling van e-textiel en te weinig op de implementatie in de samenleving. Als we dan kijken naar de hier gehanteerde definitie van het woord productidee, dan zijn het vooral de toepassingen waar een tekort aan lijkt te zijn in het geval van e-textiele productideeën.

Er is geconcludeerd dat het belangrijk is om te beseffen welke denkrichtingen je inslaat bij het bedenken van ideeën. Bij het verzinnen van productideeën met e-textiel is er ontdekt dat er al een denkrichting wordt ingeslagen, namelijk 'de oplossing is een synthese van textiel en elektronica'. Daarbij is het belangrijk te beseffen dat deze denkrichting betrekking heeft op de technische mogelijkheden van een productidee.

Als laatste moet er aandacht besteedt worden aan het toepassingsgedeelte van een productidee. In het bijzonder omdat het hier gaat om een methode voor het verzinnen van 'nieuwe' productideeën met e-textiel, waar over het algemeen van gezegd kan worden dat het toepassingsgedeelte relatief weinig aandacht heeft gekregen.

Inhoud van de methode

Inmiddels zijn er al verschillende eisen opgesteld waar een methode aan moet voldoen om het verzinnen van veel nieuwe productideeën met e-textiel te vergemakkelijken. Met vergemakkelijken wordt hier bedoeld; een systematische aanpak die ondersteuning biedt tijdens het verzinnen van veel nieuwe productideeën.

Allereerst zal er gekeken worden naar de meest algemene eis die hierboven is geformuleerd. De methode moet focussen op het toepassingsgedeelte van productideeën met e-textiel. Voor een industrieel ontwerper is dit een enigszins ongebruikelijke eis. Bij veel ontwerp opdrachten gaat het om het vinden van één of meerdere oplossingen of verbeteringen in een omgeving die van te voren bekend is, met belanghebbende die van te voren benaderd kunnen worden. Bij het verzinnen van productideeën met e-textiel gaat het echter precies andersom. In het geval van e-textiel is de oplossing(denkrichting) al bekend. Er moet juist gezocht worden naar een geschikte omgeving of situatie en mensen of organisaties die belang kunnen hebben bij de functionaliteiten die elektronische textielen kunnen bieden.

Theatersport en het verzinnen van toepassingen

Bij het verzinnen van ideeën moet ons voorstellingsvermogen worden aangesproken. In dit geval, bij het verzinnen van nieuwe e-textiele toepassingen, moet er een voorstelling gemaakt worden van de technische kant van een productidee met e-textiel in zoveel mogelijke verschillende omgevingen en/of met zoveel mogelijk verschillende belanghebbenden. Daarbij zal de methode (het maken van een dergelijke voorstelling) op een systematische en toegankelijke manier ondersteuning moeten bieden.

Om dit te realiseren is er gezocht naar experts die gespecialiseerd zijn in het maken van veel verschillende voorstellingen. Deze experts werden gevonden in de wereld van het improvisatie theater. Om precies te zijn, bij de theatersport vereniging Pro Deo op het campusterrein van de Universiteit Twente [32].

Bij een theatersport-voorstelling worden er veel verschillende geïmproviseerde scènes gespeeld. In de meeste gevallen is er geen van te voren vast gelegd decor en hebben de spelers ook geen attributen. Bij het spelen van een geïmproviseerde scène is het dan ook belangrijk om snel duidelijk te maken waar de scène zich afspeelt, wie de personages zijn en wat er aan de hand is in die scène. Op deze manier kunnen de toeschouwers en de spelers de scène begrijpen. Voor de spelers valt het echter nog niet mee om tijdens het improviseren constant te pijlen of het publiek de scène wel begrijpt en of je medespelers de scène wel begrijpen. Om die reden wordt er tijdens de theatersport lessen veel geoefend met de drie W's.

De drie W's is een basis techniek in het improvisatie theater. Alles draait hierbij om het zo snel en duidelijk mogelijk definiëren van Wie, Wat en Waar in een geïmproviseerde scène. Pas wanneer de drie W's bekend zijn kunnen de toeschouwers en ook de spelers de scène begrijpen. Met het onderstaande voorbeeld zal het nut van de drie W's worden toegelicht door te illustreren wat er gebeurt wanneer het snel en duidelijk definiëren van de drie W's niet wordt toegepast.

Rudi: 'Dag meneer, ik verkoop water.'

Piet: 'Nou doet u mij maar water.'

Rudi: 'Dat is dan 5 euro.'

Piet: 'Dat vind ik te veel. Ik geef je er één euro voor!'

Rudi: 'Oké omdat u het bent krijgt u het water voor 4 euro.'

Pier: 'Nou vooruit dan maar, alstublieft.' Piet geeft Rudi geld

Tineke: 'Zeg Piet, hier verkopen ze water voor 2 euro!'

In deze scène is er slecht rekening gehouden met het snel en duidelijk definiëren van de drie W's. Wanneer je als toeschouwer, of als medespeler toch een invullen geeft aan de drie W's in deze scène dan zal dat er ongeveer als volgt uitzien:

Wie? → Rudi = Iemand die water verkoopt.

Piet = Iemand die water wil.

Tineke = Iemand die Piet kent.

Wat? → Te dure verkoop van water.

Waar? → Ergens waar water verkocht wordt.

Eigenlijk komt alleen de 'wat' redelijk naar voren in deze scène. Namelijk het te duur verkopen van water. Dit in tegenstelling tot de 'wie' en de 'waar', deze kunnen nog steeds van alles zijn. Een eerste gevolg van het slecht definiëren van de 'wie' en de 'waar' is dat de scène zeer onduidelijk blijft. Een tweede gevolg is dat het zeer moeilijk zal zijn om nog tien interessante scènes te spelen waarin het gaat over 'het te duur verkopen van water'.

Hoewel deze scène een gechargeerd beeld geeft, is er een belangrijke gelijkenis te vinden tussen de water-verkoop-scène en de huidige ontwikkeling van e-textiele productideeën. Net als in deze scène is het in het geval van e-textiel ook voornamelijk de 'wat' die is gedefinieerd. Namelijk de technologieën omtrent e-textiel. 'Wie' er allemaal belang kunnen hebben bij e-textiel en 'waar' e-textiel allemaal toegepast zou kunnen worden blijft echter nog zeer beperkt gedefinieerd.

In het volgende voorbeeld zal de water-verkoop-scène worden herhaald. Dit keer worden de drie W's wel bewust gedefinieerd.

Rudi: 'Beste meneer, u zult wel dorst hebben?'

Piet: 'Ja zeker, na zo'n lange tocht kan ik wel wat vocht gebruiken.'

Rudi: 'Bij mij kost een flesje water slechts 5 euro!'

Piet: '5 euro? Wil je me oplichten of zo? In Nederland kost dat nog niet eens 1 euro.'

Rudi: 'Vooruit meneer, omdat u net een bergtocht achter de rug heeft krijgt u hem voor 4 euro.'

Piet: 'Nou vooruit maar weer, ik ben ten slotte niet elke dag in Italië, alstublieft' Piet geeft Rudi geld

Tineke: 'Hé lieverd? Kom eens kijken? Bij dit kraampje verkopen ze flesjes water voor maar 2 euro!'

Wie? → Rudi = Waterverkoper.

Piet = Nederlandse toerist die net een bergwandeling heeft gemaakt

Tineke = Piet's geliefde.

Wat? → Te dure verkoop van water.

Waar? → Noord Italië, op een soort markt met kraampjes.

Ten opzichte van de eerste versie van deze scène is er duidelijk een veel beter beeld neergezet van de situatie. De toeschouwers en de spelers hebben naar alle waarschijnlijkheid een gelijksoortige voorstelling in hun hoofd gehad van de scène en ook het verzinnen van een variatie op deze scene is snel gedaan. Neem bijvoorbeeld niet Noord Italië als 'waar' maar bijvoorbeeld Rusland. Dit zal de scène drastisch veranderen maar de 'wat' kan hetzelfde blijven. Ook wanneer de scene niet over Rudi en Piet gaat maar over de president van Rusland en een Terrorist kan de 'wat' in deze scene nog steeds in essentie hetzelfde blijven. Het interessante - aan het op deze manier bewust variëren van de 'wie' en de 'waar' - is dat het niet veel inspanning vereist en er toch op een totaal andere manier naar de 'te dure verkoop van water' zal worden gekeken.

Dit is ook precies wat nuttig zou kunnen zijn bij het verzinnen van veel toepassingen met e-textiel. Je wilt een methode waarmee het gemakkelijker wordt om de technologische mogelijkheden van e-textiel in zoveel mogelijk situaties in te beelden. Door bewust de drie W's te benoemen wordt het gemakkelijker om deze situaties ook duidelijk in te beelden en wordt het gemakkelijker om veel situaties in te beelden, omdat je bewust de 'wie' en 'waar' kunt blijven variëren.

Dit is wat er gebruikt zal worden in de methode voor het verzinnen van veel productideeën met e-textiel. Het bewust benoemen van de drie W's stimuleert het voorstellingsvermogen en gaat het vast denken tegen. Dit is de hypothese waarop de methode zal worden gebaseerd.

Invulling van de drie W's

Nu het duidelijk is dat het bewust en duidelijk definiëren van de drie W's een geschikte basis zou kunnen zijn voor een methode om gemakkelijker veel toepassingen te verzinnen met e-textiel, moeten de drie W's een invulling krijgen in de methode. Te beginnen met 'wat'.

Wat:

Van de drie W's binnen deze methode is de 'wat' de enige die al in zeker mate is ingevuld. Namelijk met e-textiel. Eerder in dit essay is al bepaald dat het bij e-textiel gaat om de denkrichting: 'De oplossing is een synthese van textiel en elektronica'. Dit zou direct ingevuld kunnen worden als 'wat'. Toch lijkt me dit geen handige keuze. Een groot nadeel aan deze formulering is dat het een zeer abstracte formulering is. Net als in de theatersport is het niet handig om de drie W's abstract in te vullen. De techniek van de drie W's draait juist om het zo duidelijk mogelijk definiëren van wie, wat

en waar. De 'wat', in dit geval e-textiel, zal dus concreter geformuleerd moeten worden om in combinatie met een 'wie' en een 'waar' het inbeeldingsvermogen goed te stimuleren.

Bij e-textiel gaat het om een synthese van textiel en elektronica. Vanuit deze oplossingsrichting zal een concrete e-textiele 'wat' geformuleerd worden. Dit kan gerealiseerd worden door te omschrijven wat er van textiel en wat er van elektronica met elkaar geïntegreerd moet worden. Bij dit omschrijven gaat het om ontwerpdoelen; redenen om textiel of elektronica toe te passen. Door textiele ontwerpdoelen en elektronische ontwerpdoelen met elkaar te integreren zal het gemakkelijker worden om een e-textiele 'wat' te formuleren.

Ter illustratie de volgende voorbeelden:

Textiel ontwerpdoel: *Passief comfort bieden*

Elektronisch ontwerpdoel: *Warmte uitstralen*

E-textiele 'wat': **Comfort bieden door elektronische verwarming in textiel**

Textiel ontwerpdoel: *Passief comfort bieden*

Elektronisch ontwerpdoel: *Temperatuur meten*

E-textiele 'wat': **Comfortabel temperatuur meten met textiel**

Textiel ontwerpdoel: *Passief comfort bieden*

Elektronisch ontwerpdoel: *Trillingen aanbrengen*

E-textiele 'wat': **Comfort door trillend textiel**

Door één textiel ontwerpdoel te combineren met drie verschillende elektronische ontwerpdoelen zijn er drie verschillende e-textiele wat-formuleringen ontstaan. Deze wat-formuleringen zijn duidelijk concreter geworden en kunnen gebruikt worden om in een wie-wat-waar-combinatie tot een goede inbeelding van een e-textiele toepassing te leiden.

Wat ook duidelijk wordt is dat er bijzonder veel verschillende e-textiele wat-formuleringen mogelijk zijn. In de methode moet hier rekening mee gehouden worden zodat de gebruiker het overzicht niet verliest. Om dit te realiseren zal er systematisch een lijst met e-textiele wat-formuleringen worden opgesteld. Dit gebeurt als volgt:

Ten eerste wordt er een lijst met textiele ontwerpdoelen opgesteld. Hierbij is het handig met anderen te overleggen of internet te raadplegen om deze lijst zo uitgebreid mogelijk te maken. Daarna wordt er een lijst met elektronische ontwerpdoelen opgesteld. Ook hierbij kan overleg en het gebruik van internet erg handig zijn.

Vervolgens worden de lijst met textiele ontwerpdoelen en de lijst met elektronische ontwerpdoelen naast elkaar gelegd. Uit elke combinatie van twee ontwerpdoelen volgt een potentiële e-textiele wat-formulering. In theorie levert dit een zeer groot aantal e-textiele wat-formuleringen.

De twee lijsten van textiele en elektronische ontwerpdoelen - die opgesteld zijn tijdens deze bachelor opdracht - zijn te vinden in bijlage 2. De lijsten bestaan uit 25 (textiele ontwerpdoelen) en 23 (elektronische ontwerpdoelen). Er zouden dus $25 \times 23 = 575$ e-textiele wat-formuleringen uit voort kunnen komen.

Dit is een bijzonder groot aantal. Zeker omdat het hier alleen nog maar gaat over wat-formuleringen. Iedere wat-formulering kan combinatie met verschillende wie's en waar's tot meerdere toepassingen leiden.

Het tijdsbestek van deze opdracht leende zich er niet voor om alle mogelijk toepassingen vanuit alle mogelijk wat-formuleringen uit te werken. Daarom is er voor gekozen om het aantal wat-formuleringen te beperken. Alleen de wat-formuleringen waarvan ingeschat werd dat ze voldoende zouden opleveren zijn verder uitgewerkt.

Wie en Waar:

Net zoals bij de invulling van de 'wat' in deze methode zijn er lijsten gemaakt, één met wie's en één met waar's (bijlage 3). Het uiteindelijke doel is om vanuit één 'wat' veel verschillende toepassingen te verzinnen waarin deze 'wat' kan voorkomen. Het variëren van 'wie' en 'waar' kan hierbij als volgt helpen:

Wie Waar	Ouderen	Baby's
Huiselijke omgeving	Wat: <i>Comfort bieden door elektronische verwarming in textiel</i> Elektrisch verwarmbare pantoffels	Wat: <i>Comfort bieden door elektronische verwarming in textiel</i> Elektrisch verwarmbare baby pyjama
Noordpool	Wat: <i>Comfort bieden door elektronische verwarming in textiel</i> Elektrisch verwarmbare sjaal	Wat: <i>Comfort bieden door elektronische verwarming in textiel</i> Elektrisch verwarmbare buggy
Het verkeer	Wat: <i>Comfort bieden door elektronische verwarming in textiel</i> Elektrisch verwarmbare autostoelen	Wat: <i>Comfort bieden door elektronische verwarming in textiel</i> Elektrisch verwarmbare kinderzitje

Tabel 3: Verschillende e-textiele toepassingen door Wie en Waar te variëren

In tabel 3 is te zien hoe er - door variaties aan te brengen in 'wie' en 'waar' - verschillende toepassingen kunnen worden gegenereerd vanuit één wat-formulering.

Bij het formuleren van wie's en waar's is het belangrijk om het juiste abstractieniveau te gebruiken. Zo is er bijvoorbeeld voor gekozen om *Het verkeer* wel een 'waar' te laten zijn en *In de auto* niet. *Het verkeer* is een breder begrip en staat daarmee open voor meer associaties. Met *in de auto* zal bijvoorbeeld nooit gedacht worden aan toepassingen m.b.t. de samenstelling het wegdek, fietsbanden of verkeersborden. Andersom zal er echter wel vanuit *Het verkeer* een idee kunnen ontstaan voor e-textiele toepassingen in de auto. Een 'wie' of 'waar' mag dus niet te concreet geformuleerd worden anders zal dit niet ten goede komen aan het aantal verschillende associaties die deze 'wie' of 'waar' kan oproepen.

Aan de andere kant moet er bij het formuleren van een 'wie' of 'waar' ook niet een te hoog abstractieniveau worden gehanteerd. Wanneer er bijvoorbeeld als 'waar'; *de aarde, buiten* of *ergens waar mensen zijn* wordt ingevuld, dan zal het aantal associaties dat mogelijk kan worden opgeroepen door een dergelijke 'wie' of 'waar' zo groot zijn dat het lastig wordt om een duidelijke voorstelling te maken van de situatie. Daarnaast zal het, net zoals bij een theatersport scène, moeilijk zijn om veel verschillende en interessante toepassingen te verzinnen vanuit één 'wat' in combinatie met een te abstracte 'wie' of 'waar'.

Een ander belangrijk aandachtspunt bij het opstellen van een lijst met wie- en waar-formuleringen is dat er voldoende variatie moet zijn. Bijvoorbeeld in de bovenstaande tabel, daar gaat het over *ouderen* en *baby's*. Het wordt gemakkelijker om echt aan andere toepassingen te denken, doordat dit twee extremen zijn. Wanneer er bijvoorbeeld niet voor *baby's* was gekozen, maar voor *volwassenen*, dan waren de toepassingen die net verzonden zijn vanuit het *ouderen* perspectief ook duidelijk van toepassing geweest op volwassenen. Het is dan moeilijk om weer iets nieuws te verzinnen. Er is als het ware een verhoogde kans op *vast-denken*.

Wanneer er een totaal ander perspectief wordt gekozen, is de kans op *vast-denken* minder groot. Neem bijvoorbeeld het perspectief *de overheid*. *De overheid* heeft totaal andere belangen van een totaal andere orde en biedt daarmee een interessanter perspectief dan *Volwassenen*.

Gebruik van de methode

Inmiddels heeft de methode een vorm aangenomen. Hoe het gebruik van deze methode er uit ziet zal hieronder worden toegelicht. Al de onderstaande regels en stappen zijn opgesteld nadat er in de praktijk met deze methode geëxperimenteerd is.

Allereerst is het belangrijk om terug te gaan naar het uiteindelijke doel van deze methode. De methode moet het verzinnen van veel verschillende toepassingen met e-textiel vergemakkelijken, daarom zijn de volgende regels opgesteld zodat deze methode de creativiteit niet zal belemmeren.

Regel 1

Wanneer ideeën los van de methode bij je op komen, moeten deze altijd voorrang krijgen. De methode is er alleen als houvast om door te gaan waar je anders was vast gelopen.

Regel 2

Niet te lang blijven hangen bij één wat-waar-wie-combinatie. Wanneer je inspiratie op lijkt en er maar geen toepassing bij je op komt, kijk dan verder naar een volgende wat-waar-wie-combinatie. Het aantal associaties dat opgeroepen wordt is namelijk niet gelijk bij ieder persoon. Er is tijdens het maken van de lijsten opgelet om de methode voor een zo breed mogelijk publiek toegankelijk te maken, maar toch blijft de effectiviteit van iedere specifieke 'wat', 'wie' of 'waar' afhankelijk van de ervaring en kennis van de gebruiker.

Nu de houding die aangenomen moet worden tijdens het gebruik van deze methode duidelijk is, zal vervolgd worden met een stappenplan voor het uitvoeren van deze methode. De eerste drie stappen van het stappenplan kunnen gezien worden als voorbereiding.

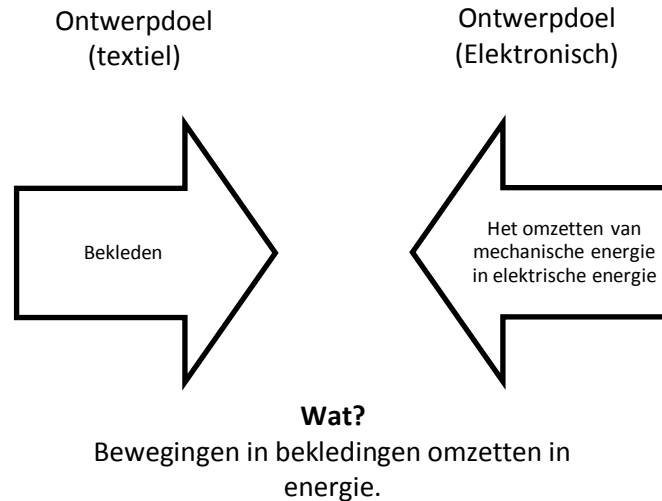
Stap 1:

Het opstellen van twee lijsten met textiele en elektronische ontwerpdoelen. Zoals al eerder genoemd is het handig om hierbij met meerdere personen te overleggen en/of internet te gebruiken.

Textiele ontwerpdoelen	Elektronische ontwerpdoelen
Bekleden	Warmte uitstralen
Schoon houden	Het omzetten van mechanische energie in elektrische energie
Passief comfort bieden	Luchtdruk meten
Ruimte besparen	Opwekken van energie uit zonlicht
Bescherming tegen fysieke impact	Magnetisch veld aanbrenge
...	...

Stap 2:

Het opstellen van een lijst met e-textiele wat-formuleringen. Deze wat-formuleringen worden samengesteld uit een textiel ontwerpdoel en een elektronisch ontwerpdoel.



Stap 3:

Iedere e-textiele wat-formulering kan in de wat-waar-wie-tabel worden ingevuld. Dit is een uitbreiding op de tabel die opgesteld is in stap 2. Met deze tabel als houvast kan het verzinnen van toepassingen gaan beginnen.

Wat	Waar	Wie
<p>(Vul hier één e-textiele wat-formulering in)</p> <ul style="list-style-type: none">• Bewegingen in bekledingen omzetten in energie.	<ul style="list-style-type: none">• Het bos• Horeca omgeving• Fabrieksomgeving• Het verkeer• Leeromgeving• Sport omgeving• Huiselijke omgeving• ...	<ul style="list-style-type: none">• Jongeren• Ouderen• De overheid• Gezinnen• Werknemers• Vakantiegangers• Mensen met honger• ...

Stap 4:

Eerst wordt er bedacht waar de wat-formulering zich kan bevinden. Bijvoorbeeld:

In het bos, bewegingen in bekledingen omzetten in energie.

Vervolgens zal er een perspectief worden toegevoegd aan de bovenstaande zin. (Het zou ook goed kunnen dat er nu al allerlei toepassingen bij je opkomen. Schrijf deze meteen op.)

Stap 5:

In deze stap wordt er een perspectief toegevoegd aan de wat-formulering. In combinatie met de omgeving die in stap 4 gedefinieerd is kan er nu een vraag gesteld worden waarop geantwoord kan worden met een toepassing. Bijvoorbeeld:

Wat hebben jongeren in het bos aan het opwekken van energie uit beklelingen?

Een mogelijk antwoord op deze vraag is de toepassing:

Sportsokken met oplader voor mp3-speler

Wanneer je niet meer toepassingen weet te verzinnen met deze wat-waar-wie-combinatie, kan er vervolgd worden met een herhaling van stap vijf maar dan vanuit een ander perspectief.

Bijvoorbeeld:

Wat hebben ouderen in het bos aan het opwekken van energie uit beklelingen?

Een mogelijk antwoord op deze vraag is de toepassing:

Wandelsokken die gehoorapparaten kunnen opladen¹²

Stap 6

Wanneer er geen toepassingen meer bij je opkomen en je al de verschillende 'wie' perspectieven bent afgegaan dan kun je verder gaan door de wat-formulering in een nieuwe omgeving te plaatsen. In het voorbeeld ging het over *in het bos, bewegingen in beklelingen omzetten in energie*. Een volgende stap zou kunnen zijn om toepassingen te gaan verzinnen met:

In een horeca omgeving, bewegingen in beklelingen omzetten in energie.

Op deze manier worden alle wie- en waar-formuleringen afgegaan voor iedere e-textiele wat-formulering.

Vervolg

Met dit stappenplan is er een methode ontwikkeld om het verzinnen van veel verschillende toepassingen met e-textiel te vergemakkelijken. Deze methode zal vanaf nu de WieWatWaar-methode genoemd worden. Een volgende stap in de ontwikkeling van de WieWatWaar-methode is het testen van de hypothese waarop deze methode gebaseerd is; het bewust benoemen van de drie W's stimuleert het voorstellingsvermogen en gaat het vast-denken tegen. Nadat deze methode in de praktijk is toegepast zal er in het hoofdstuk *Reflectie WieWatWaar-methode* besproken worden of de methode heeft gewerkt en wat er mogelijke verbeterd kan worden.

¹ De bovenstaande tweede voorbeelden lijken op elkaar. Het zou één en het zelfde product kunnen zijn. Toch gaat het hier om verschillende toepassingen. Dit komt omdat er wel duidelijk verschil bestaat tussen de doelgroepen die worden aangesproken. De markt wordt hier op verschillende manieren aangesproken en daarom worden deze twee voorbeelden beschouwd als verschillende toepassingen.

² Een ander punt wat opvalt, is dat het nog steeds over sokken gaat. Het is belangrijk om in te zien dat dit tot vast denken kan leiden. Een mogelijke oplossing hiervoor is een totaal ander perspectief. Neem bijvoorbeeld *De overheid: Wat heeft de overheid in het bos aan het opwekken van energie uit beklelingen?* Een antwoord op deze vraag is de toepassing: ***Textiele netten over bomen om er voor te zorgen dat de bomen niet worden aangevreten en het net kan de beweging van de boom (veroorzaakt door wind) omzetten in elektrische energie voor straatverlichting***

5. Selectiemethode

Voordat de ideeën die gegenereerd zijn met behulp van de WieWatWaar-methode worden besproken, zal eerst de selectiemethode worden behandeld. Met de WieWatWaar-methode zijn er veel verschillende toepassingen met e-textiel verzonnen. Niet alle ideeën voldoen echter even goed aan de van te voren gestelde eisen, daarom moet er een selectie plaats vinden. Deze zal gebaseerd worden op de drie eisen die aan het begin van de opdracht geformuleerd zijn:

1. Voldoende ontwikkelingsmogelijkheden
2. Voldoende voordeel t.o.v. niet e-textiele producten
3. Technische haalbaarheid

De eerste twee eisen zullen per toepassing beoordeeld worden met een puntenaantal tussen nul en tien. Iedere toepassing kan dus maximaal 20 punten scoren. Nadat de toepassingen beoordeeld zijn, worden ze gerangschikt. De toepassing die op de eerste twee eisen het beste scoort zal boven aan deze lijst komen te staan en de toepassing die het laagste scoort op de eerste twee eisen zal onderaan de lijst komen te staan.

De derde eis, over de technische haalbaarheid, zal per wat-formulering behandeld worden. Verder worden er geen punten toegekend voor haalbaarheid, maar zal de technische realisatie van iedere wat-formulering kritisch worden besproken. In dit hoofdstuk zal per eis worden toegelicht hoe de beoordelingen tot stand zijn gekomen.

Doel van deze selectiemethode

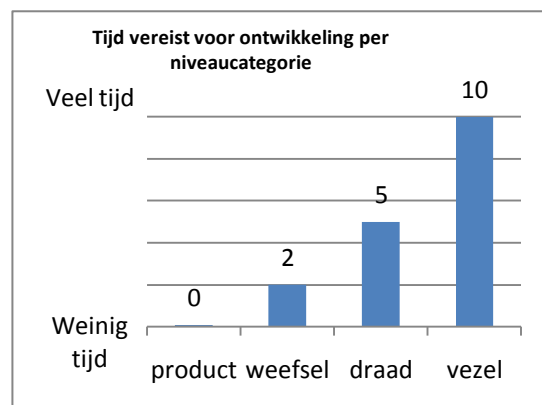
Aan de hand van de toebedeelde punten zullen de toepassingen op volgorde van zeer kansrijks naar niet kansrijk worden geordend. Daarna worden de toepassingen, die technisch haalbaar blijken en een hoog puntenaantal hebben gescoord, aanbevolen voor verdere productontwikkeling.

5.1 Voldoende ontwikkeling mogelijk

De Universiteit Twente zal het meeste hebben aan een e-textiele toepassing die aansluit bij het nieuwste van het nieuwste, daarom is het belangrijk dat een toepassing binnen deze opdracht past bij de huidige technische ontwikkelingen omtrent e-textiel.

Om op een verantwoorde manier een waardering uit te spreken over de mate waarin een toepassing past bij de huidige ontwikkelingen omtrent e-textiel is er gebruik gemaakt van het vooronderzoek. Hierin werd er per niveaucategorie van e-textiel een waarde toegekend voor de ontwikkelingstijd die nodig zal zijn voordat een productidee klaar is voor grootschalige productie. Vervolgens is er beredeneerd dat de Universiteit Twente er het meeste aan heeft wanneer een nieuwe toepassing veel ontwikkelingstijd vereist. Wanneer er veel ontwikkeling vereist is, betekent dit dat er veel onderzoek zal moeten plaatsvinden en dat is precies waar een Universiteit goed in is.

De waarden in grafiek 2 zijn gebruikt als eikpunt voor het beoordelen van de ontwikkelmogelijkheden van de gegenereerde toepassingen. De niveaucategorie waarin een toepassing naar verwachting het meeste zal opleveren past het beste bij deze toepassing.



Grafiek 2 : Algemeen beeld ontwikkeltijd per niveaucategorie met punten waardering per niveaucategorie.

Wanneer een toepassing naar verwachting kan functioneren op productniveau zal deze toepassing nul punten scoren. Wanneer een toepassing alleen kan functioneren op vezelniveau dan zal deze toepassing tien punten scoren.

Op deze manier is er per toepassing berekend welk puntenaantal bij de toepassing past. Er is hierbij rekening gehouden met de mogelijkheid dat e-textiele toepassingen niet altijd in exact één niveaucategorie in te delen zijn. Wanneer een toepassing op draadniveau bijvoorbeeld goed zal functioneren maar (deels) op vezelniveau ook, dan is er voor gekozen om een waarde te kiezen tussen de vijf en tien punten.

5.2 Voldoende voordeel ten opzichte van niet e-textiele producten

Naast dat er met een e-textiele toepassing voldoende ontwikkeling mogelijk moet zijn, is het ook belangrijk dat de combinatie van textiel en elektronica voldoende voordeel oplevert. In veel gevallen kan de oplossing of verbetering die een e-textiele toepassing oplevert ook gerealiseerd worden met alternatieve oplossingen. Deze oplossingen moeten duidelijk minder voordelig zijn dan een e-textiele toepassing, omdat een e-textiele toepassing anders niet levensvatbaar zal zijn.

Er is daarom per verzonden toepassing ook een waardeoordeel toegekend met betrekking tot het relatieve voordeel ten opzichte van niet e-textiele producten. Ook dit waardeoordeel is toegekend met een puntenaantal tussen de nul en tien. Deze punten zijn ten opzichte van de onderstaande eikpunten verdeeld.

- 0 punten = Een toepassing waar al betere alternatieven voor verzonden en uitgevoerd zijn.
- 5 punten = Een toepassing waar wel alternatieven voor te verzinnen zijn maar die voldoende kansrijk in geschat wordt om te kunnen concurreren met de bestaande alternatieven.
- 10 punten = Een toepassing waar nog geen alternatieven voor bestaan en veel interessante voordelen oplevert.

5.3 Technische haalbaarheid

Zoals al eerder genoemd zal de technische haalbaarheid besproken worden per e-textiele wat-formulering. Hiervoor is gekozen omdat de technische realisatie verschilt per wat-formulering en niet per toepassing. Deze technische realisaties zijn besproken tijdens de expert interviews met:

- Prof. dr. ir. M. Warmoeskerken
- Prof. dr. ir. L. van Langenhove
- Dr. ir. G. Brinks
- Prof. dr. ir. J.W.M. Noordermeer
- Msc. O. Kattan Read

Informatie uit deze interviews in combinatie met het deskresearch vormt de basis voor de bespreking van de technische haalbaarheid.

Er is voor gekozen om bij deze derde eis geen waardeoordeel te geven met een puntenaantal tussen nul tot tien. In deze fase van een ontwerptraject kan de technische haalbaarheid nog niet voldoende nauwkeurig worden in geschat. In plaats van een waardering in punten, zal er een waardeoordeel worden gegeven in de vorm van een advies. Dit advies kan negatief zijn of positief zijn. Wanneer een wat-formulering een negatief advies heeft gekregen dan betekent dit dat de technische realisatie waar aan gedacht werd bij deze wat-formulering weinig kans maakt om goed te kunnen functioneren. De toepassingen binnen een wat-formulering met een negatief advies zullen niet tot beste toepassingen geselecteerd worden. Wanneer een wat-formulering een positief advies krijgt, betekent dit dat de technische realisatie kansrijk wordt in geschat en toepassingen binnen deze wat-formulering wel als beste toepassing geselecteerd kunnen worden.

6. Toepassingen met e-textiel

Na het bepalen van een ideeën selectiemethode, is de WieWatWaar-methode toegepast. De e-textiele toepassingen die met de WieWatWaar-methode zijn gegenereerd, zijn na te lezen in bijlage 4. Tijdens het genereren van deze toepassingen is er heel bewust voor gekozen om de wat-formuleringen niet helemaal uit te werken. Dat wil zeggen, zodra er enkele ideeën gegenereerd zijn wordt er vervolgd met de volgende wat-formulering. Op deze manier is het haalbaar om binnen deze opdracht een groot aantal wat-formuleringen aan bot te laten komen. Daarnaast zijn de verschillen tussen de verzonden toepassingen dan groot zijn en wordt er voorkomen dat er in dit vroege stadium al te veel op één soort toepassingen gefocust zal worden.

6.1 Selectie

Om te bepalen welke toepassingen het meest kansrijk zijn is er per verzonden toepassing een waardering uitgesproken over de ontwikkelingsmogelijkheden, het relatieve voordeel van die toepassing t.o.v. niet e-textiele toepassingen en de technische haalbaarheid. Deze waardering is toegewezen zoals besproken in het hoofdstuk *Selectie methode*.

De eerste twee eisen -ontwikkelingsmogelijkheden en het relatieve voordeel van die toepassing t.o.v. niet e-textiele toepassingen- zijn gewaardeerd met een puntenaantal. Op basis van dit puntenaantal is er een rangschikking gemaakt van de gegenereerde toepassingen. Het resultaat van deze rangschikking is te zien in tabel 4.

Naast deze eerste twee eisen is er ook een waardering uitgesproken over de technische haalbaarheid. Deze technische haalbaarheid is beoordeeld per technische realisatie. Omdat de technische realisatie per wat-formulering is besproken, zal ook de beoordeling met betrekking tot de technische haalbaarheid per wat-formulering worden uitgesproken. De volledige beoordeling per wat-formulering is na te lezen in bijlage 6. De uitkomsten van deze beoordelingen zijn weergegeven in tabel 6.

Rang	Toepassing	Waardering*
1	Textiele vloerverwarming als prefab bouwelement (7.0)	15
1	Controleerbare elektrostatiche luchtfilters (12.1)	15
2	Intelligente V-snaar (2.1)	13
2	Verwarmbare gordijnen (7.1)	13
3	Textiel op een lopende band met een staande golf (13.0)	12
3	Textiel op een lopende band met een lopende golf (13.1)	12
3	Net om waterstromingen te monitoren (11.1)	12
3	Opblaasbare zonnepanelen in de ruimte (9.2)	12
3	Druk metende luchtslang of waterleidingen (2.2)	12
4	Opblaasbare zonnepanelen op vakantie (9.1)	11
4	Dekbed of meubelbekleding dat beweegt op muziek (3.1)	11
4	Bioscoopstoelen die met de film mee vervormen (3.2)	11
4	Intelligent visnet (11.0)	11
5	Intelligente autobanden (2.0)	10
5	Energie opwekkend noodopvang tenten (8.2)	10
5	Een zichzelf in stand houdend luchtkussen (9.0)	10
6	Tentdoek met trilfunctie (4.2)	9
6	Dekbed of meubelbekleding met massage functie (3.0)	9
6	Disco Partytent (5.1)	9
6	Een elektrostatiche stoffer (12.0)	9
7	Energie opwekken met de trilling van productiemachines (1.3)	8
7	Energie opwekken met grondzeil van een tent	8
7	Zelfreinigende stofzuigerzakken (12.2)	8
7	Dynamische lampenkap (10.1)	8
8	Sportsokken met oplader voor mp3-speler (1.0)	7
8	Energie opwekkend afdekzeil van een buitenzwembad (8.0)	7
8	1 Energie opwekkende parasol biedt 's nachts verlichting (8.1)	7
8	Zonnescherm zonder motor (10.0)	7
8	Triatlonkleding met trilfunctie (4.0)	7
9	Lampen in de lift draaien op vervorming kabelhoes (1.2)	5
9	Lichtgevend reddingsvest (6.0)	5
10	Energie opwekken met regen op daken (1.4)	4
11	Energie opwekkende winkelstraat (1.1)	3
11	Paraplu met trilfunctie (4.1)	3
12	Lichtgevende duikkleding (5.0)	2

Tabel 4: ranking van de gegenereerde e-textiele toepassingen

*Maximaal te behalen score =20

Uit tabel 4 blijkt dat tot nu toe 'Textiele vloerverwarming als prefab bouwelement' en 'Controleerbare elektrostatiche luchtfilters' het beste aansluiten bij een kansrijke toepassing. Wanneer ook de haalbaarheid van de technische realisatie van deze toepassingen positief blijkt, zullen deze toepassingen als meest kansrijk worden gezien binnen deze opdracht.

Technische haalbaarheid

Van alle wat-formuleringen is de technische realisatie op haalbaarheid beoordeeld. Dit is gedaan door de technische realisatie kritisch te bespreken. Dit is per wat-formulering na te lezen in bijlage 6. Na deze bespreking wordt er per technische realisatie een positief of negatief advies uitgebracht. De resultaten van deze beoordelingen zijn weergegeven in tabel 5.

Wat?	Advies
Verwarmt textiel om ruimte te besparen.	Positief
Rubberverstevigend textiel dat luchtdruk waarneemt.	Positief
Van vorm veranderend textiel om vaste stoffen te verplaatsen	Negatief
Oppervlaktedruk waarnemend net van textiel	Positief
Opblaasbaar textiel dat licht kan omzetten in elektrische energie	Positief
Statisch textiel om schoon te houden.	Positief
Comfortabel textiel dat van vorm kan veranderen	Negatief
Waterbestendig textiel dat energie kan opwekken	Positief
Verduisterend textiel dat van vorm kan veranderen	Negatief
Trillend textiel om droog te maken	Negatief
Bewegingen in bekledingen omzetten in energie	Negatief
Waterbestendig en lichtgevend textiel	Positief
Licht gevend textiel met drijfvermogen.	Positief

Tabel 5: Beoordeling technische haalbaarheid per wat-formulering

Uit tabel 5 blijkt dat de wat-formuleringen 'Verwarmt textiel om ruimte te besparen' en 'Statisch textiel om schoon te houden' beide positief worden bevonden. De twee beste toepassingen tot nu toe vallen binnen deze wat-formuleringen. Daarmee is het resultaat van deze selectie bekend. 'Textiele vloerverwarming als prefab bouwelement' en 'Controleerbare elektrostatische luchtfilters' zijn de meest kansrijke toepassingen die binnen deze opdracht verzonden zijn.

6.2 Resultaat van de selectie

Alle toepassingen zijn nu beoordeeld op de drie verschillende eisen die aan het begin van deze opdracht zijn opgesteld. Hieruit zijn twee toepassingen als meest kansrijk naar voren gekomen:

- Textiele vloerverwarming als prefab bouwelement (7.0)
- Controleerbare elektrostatische luchtfilters (12.1)

Per toepassing zal er onderbouwd worden waarom deze toepassing als meest kansrijke is geëindigd.

Daarna zal er per toepassing een vervolgadvis worden gegeven.

Textiele vloerverwarming als prefab bouwelement

Ontwikkelingsmogelijkheden: 7

Deze toepassing scoort zeven punten voor ontwikkelingsmogelijkheden. Na het tweede expert interview met prof. dr. ir. M. Warmoeskerken werd duidelijk dat het mogelijk moet zijn om vezels zo te modificeren dat ze met een bepaalde weerstand stroom kunnen geleiden. Door deze weerstand groot genoeg te maken moet het mogelijk zijn om textiele vezels elektronisch te verwarmen.

Op dit implementatieniveau zal deze toepassing naar verwachting erg veel voordeel kunnen opleveren. De verwachting is dat deze elektronisch verwarmbare vezels op een soort gelijke manier geproduceerd kunnen worden als nonwovens. Dit maakt het mogelijk om relatief goedkoop, op zeer grote schaal te produceren. Wanneer het gaat om textiele vloerverwarming als prefab bouwelement dan levert deze grootschalige productie erg veel voordeel op.

Toch scoort deze toepassing niet de volle 10 punten op ontwikkelingsmogelijkheden. De belangrijkste functie van deze toepassing, het verwarmen van een ruimte, kan namelijk ook gerealiseerd worden op draadniveau. Op draadniveau kunnen wel is waar de voordelen van nonwovens - de isolerende werking en de voordelen met betrekking tot massaproductie - niet worden benut maar er kan wel degelijk verwarmd worden. Daarom is deze toepassing, wat ontwikkelingsmogelijkheden betreft, beoordeeld met een zeven.

Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen: 8

Het tweede criteria waar textiele vloerverwarming als prefab bouwelement hoog op heeft gescoord is het relatieve voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen. Acht punten werden er gescoord. De belangrijkste reden voor deze hoge waardering is de mogelijkheid om met deze toepassing verwarmingsystemen in gebouwen te vereenvoudigen. Er hoeft geen water verwarmt te worden en radiatoren zijn niet meer nodig. Net als bij vloerverwarming kan er efficiënter verwarmd worden vanwege het grote oppervlak. Maar ook ten opzichte van vloerverwarming biedt textiele vloerverwarming veel voordelen. In tegenstelling tot vloerverwarming kan deze toepassing gemakkelijk worden ingebouwd (ook in oude woningen), zijn reparaties gemakkelijker uit te voeren en levert het weinig problemen tijdens verbouwingen.

Technische haalbaarheid

Tijdens het expertinterview was prof dr. ir. M. Warmoeskerken goed te spreken over de technische haalbaarheid van elektronisch verwarmbare textiele vezels. Ook prof. dr. ir. L. van Langenhove was niet negatief over de haalbaarheid van deze toepassing. Echter er kwamen uit beide interviews ook belangrijke aandachtspunten naar voren:

- Er zal onderzoek gedaan moeten worden naar de haalbaarheid van een geschikte balans tussen een veilige opwarm temperatuur van vezels, en de benodigde hoeveelheid warmte om een ruimte te verwarmen.

- Wanneer toegepast in non-wovens zal er extra aandacht besteedt moeten worden aan een constante geleiding. Wanneer een non-woven wordt ingedrukt zal de dichtheid van de vezels toenemen. Deze indrukking mag echter de geleiding niet zo beïnvloeden dat dit zal leiden tot een plaatselijke oververhitting.

Aanbeveling: Textiele vloerverwarming als prefab bouwelement

Naar aanleiding van het interview met prof. dr. ir. M. Warmoeskerken is er mailcontact geweest met het bedrijf Colbond. Colbond maakt deel uit van 'The Technical Textiles Division van Low & Bonar PLC'. Dit is een internationale organisatie die een breed scala van High Performance specialistische materialen fabriceert en levert [33]. Uit het mail contact met Jan Mahy, directeur van de afdeling *Research and Development* van Colbond, blijkt dat Colbond geïnteresseerd is in deze toepassing (bijlage 7). Dit mail contact is - naast de hoge beoordelingen - aanleiding om textiele vloerverwarming als prefab bouwelement voor verdere productontwikkeling aan te bevelen.

Als eerst volgende stappen in de verdere productontwikkeling worden het maken van een werkend prototype en een analyse van de voordelen met betrekking tot grootschalige productie aanbevolen. Dit prototype zal moeten aantonen dat textiele vloerverwarming door elektronisch verwarmbare vezels veilig en rendabel kan zijn. De aanbevolen productieanalyse moet aantonen dat het grootschalig produceren van elektrisch verwarmbare vezels haalbaar is en voldoende geld zal besparen ten opzichte van bestaande verwarmingssystemen.

Controleerbare elektrostatistische luchtfilters

Ontwikkelingsmogelijkheden: 7

De toepassing van e-textiel in luchtfilters biedt erg veel ontwikkelingsmogelijkheden omdat deze toepassing, naar verwachting, het beste zal functioneren op vezelniveau. Dit komt omdat veel filters gemaakt worden van nonwovens. Deze nonwovens hebben ook zonder elektronische functies al een filterende werking maar door het toevoegen van elektronische functies, in dit geval een controleerbare statische lading, kunnen deze filters effectiever en functioneler gemaakt worden. Aan de andere kant is de implementatie van deze toepassing op vezelniveau niet noodzakelijk. Naar verwachting zal dezelfde functionaliteit - stof aantrekken met een statische lading - ook kunnen functioneren op draadniveau. De filterende werking van nonwovens wordt dan niet direct benut, maar door deze toepassing op draadniveau uit te voeren zal het nog steeds mogelijk zijn om luchtfilters effectiever en functioneler te maken.

Om een dergelijke elektronische functionaliteit toe te voegen aan een vezel of draad moet er nog veel onderzoek gedaan worden en ontwikkeling plaats vinden. De Universiteit Twente heeft echter de middelen en de kennis in huis om een dergelijk onderzoek uit te voeren, daarom heeft deze toepassing zeven punten gescoord op het criteria ontwikkelingsmogelijkheden.

Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen: 8

Bestaande luchtfilters zijn vaak permanent elektrostatisch geladen. Op deze manier wordt stof vastgehouden en de lucht gefilterd. Een nadeel van deze filters is dat ze regelmatig vervangen moeten worden. Door de vezels of draden in luchtfilters zo te modificeren dat de elektrostatische lading van het filter uitgezet of omgekeerd kan worden, moet het mogelijk zijn om het filter met een druk op de knop het stof te laten afstoten. Op deze manier kan het filter gemakkelijk schoongemaakt worden of zelfs zichzelf schoon houden. Om deze reden heeft deze toepassing acht punten gescoord op het criteria voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen.

Technische haalbaarheid

Van de toepassingen die als beste beoordeeld zijn vond prof. dr. ir. L. van Langenhove controleerbare elektrostatistische luchtfilters de snelst haalbare. Door bijvoorbeeld geleidende vezels en statisch oplaadbare vezels te combineren in één nonwoven is het naar verwachting haalbaar om de statisch geladen vezels op commando te ontladen. Wanneer besloten zal worden om deze toepassing verder te ontwikkelen, zal er onder andere rekening gehouden moeten worden met de volgende aspecten:

- Er zal onderzocht moeten worden wat een goede balans zal zijn tussen de minimaal toelaatbare hoeveelheid elektrische energie om het filter of membraan te laten functioneren en de maximaal haalbare hoeveelheid elektrische energie die ingezet kan worden in e-textiele filters of membranen.

- Er zal extra aandacht besteedt moeten worden aan veiligheid. Wanneer statisch geladen onderdelen te snel ontladen kan er een vonk ontstaan. Deze vonk kan zeer gevaarlijk zijn in de buurt van licht ontvlambare luchtfilters.

Aanbeveling: Elektrostatische luchtfilters

Deze toepassing lijkt veel belovend. Binnen deze opdracht is er echter nog geen bewijs geleverd dat het bedrijfsleven ook geïnteresseerd is in controleerbare elektrostatische luchtfilters. Dit bewijs zal eerst geleverd moeten worden voordat de productontwikkeling verder vervolgd wordt.

Mocht blijken dat het bedrijfsleven geïnteresseerd is in deze toepassing dan zal vervolgens aangetoond moeten worden dat het controleren van een elektrostatische lading in luchtfilters voldoende extra kwaliteit en/of levensduur oplevert ten opzichte van bestaande luchtfilters. Dit kan aangetoond worden doormiddel van een werkend prototype.

Verder is het mogelijk om met de WieWatWaar-methode nog meer toepassingen te verzinnen met e-textiel in filters. Tijdens het expert interview met msc. O. Kattan Readl kwam bijvoorbeeld naar voren dat het toevoegen van een spanning of een magnetische lading in filters of membranen ook nuttig zou kunnen zijn. In het zelfde interview werd bijvoorbeeld gesproken over de mogelijkheid om bacteriën te doden en tegelijkertijd te filteren met een e-textiel membraan. Ook het filteren van zware metalen door een magnetiseerbaar luchtfilter is een mogelijke toepassing van e-textiel in filters.

Toch zal er binnen deze opdracht niet vervolgd worden met het bedenken van een nieuwe serie toepassingen met e-textiel in filters en/of membranen. Allereerst omdat de beschikbare kennis op het gebied van filtertechnieken en membraantechnologie binnen deze opdracht niet toereikend is om geschikte toepassingen te bedenken. Ten tweede omdat het onderzoeken van deze technieken buiten het bereik van deze opdracht valt.

6.3 Verdiepen met de WieWatWaar-methode

De tot nu toe gegenereerde toepassingen zijn op een breed georiënteerde manier gegenereerd, wat wil zeggen dat er veel wat-formuleringen, met beperkte diepgang zijn uitgewerkt. De WieWatWaar-methode kan echter ook op een gerichte manier worden gebruikt. Er wordt dan voor één wat-formulering gekozen en deze wordt helemaal uitgewerkt. Binnen deze opdracht is de WieWatWaar-methode ook op een gerichte manier gebruikt. Allereerst om zo meer kansrijke toepassingen met elektronisch textiel te genereren en ten tweede om te illustreren dat de WieWatWaar-methode op een brede én een gerichte manier kan worden toegepast.

In verband met een beperkt tijdsbestek is er binnen deze opdracht voor gekozen om slechts één wat-formulering op een gerichte manier uit te werken. De gekozen wat-formulering is *elektronisch verwarmbare vezels*. Deze wat-formulering is afgeleid van één van de twee meest kansrijke toepassingen, *textiele vloerverwarming als prefab bouwelement*. Eén van de belangrijkste redenen waarom deze toepassing als meest kansrijk naar voren is gekomen was vanwege de voordelen van elektronische verwarming geïmplementeerd op vezelniveau. De verwachting is dat de mogelijkheden van een dergelijke techniek verder strekken dan alleen textiele vloerverwarming als prefab bouwelement, daarom is de wat-formulering *elektronisch verwarmbare vezels* gekozen om verder uit te werken.

7. Toepassingen met elektronisch verwarmbare vezels

In dit hoofdstuk zal de WieWatWaar-methode op een gerichte manier kan worden toegepast. Er is daarbij gekozen om de wat-formulering *elektronisch verwarmbare vezels* verder uit te werken. Het resultaat van deze uitwerking is na te lezen in bijlage 8.

Deze toepassingen met elektronisch verwarmbare vezels zijn - evenals de eerste serie toepassingen - beoordeeld met een puntenwaardering op ontwikkelingsmogelijkheden en voordeel t.o.v. niet e-textiele toepassingen. Op basis van het puntenaantal is er vervolgens een rangschikking gemaakt. Het resultaat van deze rangschikking is te zien in tabel 6.

Rang	Toepassing	Waardering*
1	Textiele vloerverwarming als prefab bouwelement (7.0)	15
1	Verwarmbare raamisolatie (7.6)	15
1	Elektronisch verwarmbaar behang (7.15)	15
2	Verwarmbare drainagebuizen onder voetbalvelden (7.5)	14
3	Verwarmde gordijnen (7.1)	13
3	Verwarmbare drainagebuizen onder autowegen (7.4)	13
4	Verwarmbare buiten kussens (7.3)	12
5	Textiele grond verwarming (7.7)	11
5	Elektronisch verwarmbare waterfilter in aquarium (7.14)	11
6	Elektronisch verwarmbare fast-food tas (7.13)	10
7	Verwarmbare vulling van bedmatrassen (7.2)	9
8	Door accu verwarmbare elektrische reddingsdeken (7.8)	8
8	Elektronisch verwarmbare sta-op-stoel (7.12)	8
9	Door accu verwarmbare zitting van sneeuwscooter (7.10)	7
10	Door accu verwarmbare kinderzitje in de auto (7.9)	6
10	Verwarmbare vulling van theemuts (7.11)	6

Tabel 6: ranking van e-textiele toepassingen met de wat-formulering elektronisch verwarmbare vezels
*Maximaal te behalen score =20

Gegeven de gehanteerde definitie van een kansrijk idee en gekeken naar de punten waarderingen die zijn toegekend komen er 3 toepassingen met elektronisch verwarmbare vezels als meest kansrijk naar voren. Het gaat hier om de toepassingen: textiele vloerverwarming als prefab bouwelement, verwarmbare raamisolatie en elektronisch verwarmbaar behang. Deze resultaten zullen worden mee genomen in het volgende hoofdstuk *Aanbevolen toepassingen*, waarin de definitieve aanbeveling vanuit deze opdracht gepresenteerd zal worden.

8. Aanbevolen toepassingen

In dit hoofdstuk wordt aanbevolen om de toepassingen, die het best bij de gehanteerde definitie van een kansrijk idee passen, verder te gaan ontwikkelen. De aanbevolen toepassingen kunnen gezien worden als het resultaat van een uitgebreide voorselectie van een e-textiel productontwikkelingstraject.

Uit de eerste selectie van e-textiele toepassingen bleek dat textiele vloerverwarming als prefab bouwelement en controleerbare elektrostatische luchtfilters het meest kansrijk waren. Daarna is er nog een tweede serie ideeën gegenereerd vanuit de wat-formulering *elektronisch verwarmbare vezels*. Samen met deze laatste ideeën zijn er in totaal vier toepassingen als meest kansrijk naar voren gekomen:

Textiele vloerverwarming als prefab bouwelement (7.0)
Verwarmbare raamisolatie (7.6)
Elektronisch verwarmbaar behang (7.15)
Controleerbare elektrostatische luchtfilters (12.1)

Al deze toepassingen hebben vijftien punten gescoord. Deze punten zijn echter niet doorslaggevend. Hoewel de toepassingen op een weloverwogen manier beoordeeld zijn, blijft deze beoordeling een inschatting en geen absolute normering. Daarmee kan niet gezegd worden dat de toepassingen met de meeste punten ook per definitie het meest kansrijk zijn. Wat wel gezegd kan worden is dat de toepassingen die binnen deze opdracht hoog worden gewaardeerd, naar verwachting ook het meest kansrijk zullen zijn.

De toepassingen die aanbevolen worden binnen deze opdracht zijn dan ook niet alleen de toepassingen die het hoogst gescoord hebben, maar ook de toepassingen die net daaronder geëindigd zijn. Om deze reden is ervoor gekozen om alle toepassingen met een puntenwaardering tussen de vijftien en dertien punten aan te bevelen als kansrijke toepassingen.

Daarmee ziet de definitieve lijst van aanbevolen kansrijke toepassingen er als volgt uit:

- Textiele vloerverwarming als prefab bouwelement (7.0)
- Verwarmbare raamisolatie (7.6)
- Elektronisch verwarmbaar behang (7.15)
- Verwarmbare drainagebuizen onder voetbalvelden (7.5)
- Verwarmbare gordijnen (7.1)
- Verwarmbare drainagebuizen onder autowegen (7.4)
- Controleerbare elektrostatische luchtfilters (12.1)
- Intelligente V-snaar (2.1)

9. Reflectie WieWatWaar-methode

Tijdens deze opdracht is de WieWatWaar-methode ontwikkeld en gebruikt. De vraag die centraal staat in dit hoofdstuk is; Heeft de WieWatWaar-methode gewerkt? Daarnaast zullen er ook aanbevelingen, verbeteringen en kritieken worden uitgesproken. Dit hoofdstuk vormt daarmee een evaluatie van de WieWatWaar-methode. Deze evaluatie bestaat uit verschillende vragen die per stuk zullen worden behandeld. De ervaringen tijdens het gebruiken van deze methode en de resultaten die het heeft opgeleverd vormen de basis voor de antwoorden op die vragen.

1. Heeft de WieWatWaar methode gewerkt?

Ja, deze methode heeft zeker gewerkt. Het doel om het verzinnen van veel verschillende toepassingen met e-textiel te vergemakkelijken is zeker bereikt. Wat opviel is dat het verzinnen van ideeën sneller ging en dat er veel meer ideeën gegenereerd werden dan wanneer is deze methode niet wordt gebruikt. Wat ook bleek is dat het goed mogelijk is om met deze methode op een breed georiënteerde manier maar ook op een zeer gerichte manier te werk te gaan.

2. Kan iedereen de WieWatWaar-methode gebruiken?

Vermoedelijk wel. Maar met zekerheid kan dit nog niet gezegd worden. Om echt goed antwoord te vinden op deze vraag zal er een proef gedaan moeten worden met meerdere proefpersonen.

3. Heb je voorkennis nodig om de WieWatWaar-methode te kunnen gebruiken?

Dat is op dit moment moeilijk te zeggen. De voorkennis vanuit de 'TRIZ Fundamentals' cursus en ervaring met theatersport zouden van invloed kunnen zijn op hoe goed iemand om kan gaan met de WieWatWaar-methode. Of iemand zonder dergelijke ervaring minder goed overweg kan met de WieWatWaar methode is nog niet bekend. Ook dit zal moeten blijken uit een test met meerdere proefpersonen.

4. Hoe kan de WieWatWaar-methode verder worden verbeterd?

- Allereerst zal de methode veel meer ideeën opleveren wanneer deze door meerdere mensen tegelijkertijd wordt gebruikt. Twee weten nu eenmaal meer dan één. Dit zal het opstellen de lijsten met ontwerpdoelen ten goede komen. Ook tijdens het gebruik van de methode is het voordelig om met meerdere mensen te zijn. De associaties die opgeroepen worden tijdens het opstellen van de wat-formuleringen of vanuit de WieWatWaar-tabel zijn namelijk voor iedereen verschillend. Daarmee kunnen de ideeën die voortkomen uit het gebruik van de WieWatWaar-methode ook sterk verschillen per persoon.
Hoe het gebruik van deze methode er precies uit moet komen te zien, wanneer meerdere mensen er tegelijkertijd mee werken, moet nog verder worden doordacht. Wel zijn er al een paar ideeën bedacht over hoe dit zo kunnen.
Het zal bijvoorbeeld handig zijn om iedere deelnemer de methode afzonderlijk te laten gebruiken en de resultaten later samen te voeren. Op deze manier zullen de verschillende gebruikers elkaar niet negatief kunnen beïnvloeden. Tijdens het voorbereiden van de methode (stap 1 en 2 *Essay: Productideeën genereren met e-textiel*) kan het echter juist wel heel erg handig zijn om samen te werken. Op deze manier worden de lijsten waarschijnlijk langer en kan iedereen vanuit een zelfde basis beginnen met het verzinnen van toepassingen.
- Ten tweede kan de WieWatWaar-methode verder worden verbeterd door de standaard lijst met Wie's en Waar's uit te breiden en te verbeteren. Door meer aandacht te besteden aan het gebruik maken van een optimaal abstractieniveau tijdens het formuleren van Wie's en Waar's kan er al veel verbeterd worden. Ook het uitbreiden van

de lijst met sterk verschillende extreme omgevingen en gebruikers zal het voorstellingsvermogen nog beter kunnen stimuleren.

- Binnen deze opdracht werden er eerst wat-formuleringen opgesteld met daarbij een technische realisatie. Daarna werden er vanuit iedere wat-formulering verschillende toepassingen bedacht die vervolgens beoordeeld werden op drie eisen. De eis met betrekking tot haalbaarheid werd echter uitgevoerd per wat-formulering. De haalbaarheid had dus eerder beoordeeld kunnen worden. Wanneer er eerst per wat-formulering was nagedacht (met hulp van experts) over de haalbaarheid van de bijbehorende technische realisatie, dan had er een voorselectie kunnen plaats vinden. Alleen de wat-formuleringen met een realistische technische realisatie zouden dan gebruikt kunnen worden voor het verzinnen van toepassingen. Ook zouden experts een andere technische realisatie kunnen aandragen waarmee bepaalde wat-formuleringen toch gebruikt kunnen worden.
Binnen deze opdracht is dat niet gebeurd. De belangrijkste reden daarvoor is dat de ontwikkeling van de WieWatWaar-methode parallel liep aan de expert interviews. Hierdoor kwam dit verbeterpunt pas aan het licht toen de meeste experts al geïnterviewd waren. Wanneer deze methode een tweede keer gebruikt zal worden dan zullen de experts al in een veel eerder stadium gevraagd worden om de haalbaarheid van de wat-formuleringen te beoordelen.

5. Is de WieWatWaar-methode ook voor andere technologieën inzetbaar?

De hypothese waar deze methode op gebaseerd is van toepassing op andere technologieën. De methode die tijdens deze opdracht ontwikkeld is, is echter specifiek op e-textiel van toepassing. Het specifieke zit hem in de wat-formulering. Deze zal bij iedere technologie anders zijn. Bij e-textiel is het opstellen van wat-formuleringen gebaseerd op het uitgangpunt dat e-textiel ontwerpdoelen gevonden kunnen worden door textiele ontwerpdoelen en elektronische ontwerpdoelen te integreren. Dit is niet zomaar bij andere technologieën van toepassing. Het opstellen van wat-formuleringen is dus techniek gebonden. Wel is het mogelijk om ook bij andere technologieën op een soort gelijke manier wat-formuleringen op te stellen. Dit zal echter per technologie, net zoals binnen deze opdracht, een grondig vooronderzoek vereisen.

Conclusie

De hypothese (het bewust benoemen van de drie W's stimuleert het voorstellingsvermogen en gaat het vast denken tegen) waarop de WieWatWaar-methode gebaseerd is werd bevestigd. Hierbij moet vermeld worden dat ervaringen op het gebied van TRIZ en theatersport van invloed geweest kunnen zijn. Om zeker te zijn van het effect van deze methode zal deze eerst door meerdere proefpersonen getest moeten worden. Wat in ieder geval wel gezegd kan worden is dat de methode binnen deze opdracht is ervaren als een effectieve ondersteuning om de doelstelling van deze opdracht te kunnen halen.

10. Eindconclusie

De doelstelling van deze opdracht was het genereren van kansrijke productideeën met elektronisch textiel. Om tot kansrijke productideeën te komen moeten er eerst productideeën zijn. Hoe meer productideeën des te meer kans op een kansrijk productidee, daarom zijn er veel productideeën gegenereerd om daarna de meest kansrijke daaruit te selecteren.

Om dit te realiseren is er een strategie gekozen bestaande uit vier stappen. Een vooronderzoek uitvoeren, een methode ontwikkelen, het uitvoeren van die methode, en het selecteren van de meest kansrijke e-textiele toepassingen die met de methode gegenereerd zijn.

Concluderende uit het grote aantal gegenereerde toepassingen kan gezegd worden dat de WieWatWaar-methode gewerkt heeft. Het is zelfs zo dat de genoemde toepassingen slechts een fractie vormen van de toepassingen die deze methode potentieel zou kunnen opleveren, omdat er maar één wat-formulering op een diepgaande manier is uitgewerkt.

De WieWatWaar-methode heeft daarmee een grote bijdrage geleverd aan het behalen van de doelstelling, maar is de doelstelling gehaald? Zijn er daadwerkelijk kansrijke productideeën gegenereerd met e-textiel?

Er zal waarschijnlijk nooit met honderd procent zekerheid gezegd kunnen worden of een productidee kansrijk zal zijn. Binnen deze opdracht is het begrip 'kansrijk' echter duidelijk afgebakend door drie eisen op te stellen. Daarmee werd het mogelijk om op basis van het commentaar vanuit de expertinterviews, de gehanteerde documenten en gebruikte internetbronnen toch meer zekerheid te geven over welke toepassingen gezien kunnen worden als kansrijk.

Gegeven de bovenstaande nuancering kan er gezegd worden dat er aan de doelstelling voldaan is en er meerdere kansrijke toepassingen gegenereerd zijn tijdens deze opdracht.

Referenties:

- [1] Schwarz, A., Van Langenhove, L., Guermonprez, P., Deguillemont, D. (2010) *Textile progress Vol. 42 p. 104-105*, A roadmap on smart textiles, prepared in the framework of the European project Clevertext (ended in 2008). Gent: Taylor & Francis
- [2] Staals, B. (2007). *Smart Fabrics - Smart Fashion.*, <http://www.twanetwerk.nl/default.aspx?documentid=9097>, datum van raadplegen: 2 juni 2010.
- [3] CSEM (2010). *Projects.*, <http://csnej106.csem.ch/sfit/html/projects.html>, datum van raadplegen: 1 juni 2010.
- [4] Schwarz, A., Van Langenhove, L., Guermonprez, P., Deguillemont, D. (2010) *Textile progress Vol. 42 p. 107*, A roadmap on smart textiles, prepared in the framework of the European project Clevertext (ended in 2008). Gent: Taylor & Francis
- [5] Luprano, J. (2007). *New generation of smart sensors for biochemical and bioelectrical applications*. Neuchâtel: CSEM
- [6] Bonfiglio, A. *First Prototypes.*, http://www.proetex.org/first_prototypes.htm, datum van raadplegen: 10 juni 2010.
- [7] Huang, C.-T. (2007). *A wearable yarn-based piezo-resistive sensor.*, http://www.emich.edu/public/coatings_research/smartcoatings/related_articles/wearable_yarn.pdf, datum van raadplegen: 22 oktober 2010
- [8] Schwarz, A., Van Langenhove, L., Guermonprez, P., Deguillemont, D. (2010) *Textile progress Vol. 42 p. 108*, A roadmap on smart textiles. Gent: Taylor & Francis
- [9] Hirai, T. (2008). *Electrical Actuation of Textile Polymer Materials.*, http://www.ifbi.org/admin/Issue/JFBI%20Vol%201,%20No.%201,%20June%202008_2008102224820_paper.pdf, datum van raadplegen: 2 november 2010
- [10] Fundación Privada Cetemmsa (2009). *A smart sticking plaster to administer drugs or cosmetics.*, <http://www.cetemmsa.com/noticias.php?id=000000012J&pag=3&id2=000000013B&lang=en> datum van raadplegen: 2 november 2010-11-10
- [11] Schwarz, A., Van Langenhove, L., Guermonprez, P., Deguillemont, D. (2010) *Textile progress Vol. 42 p. 109*, A roadmap on smart textiles. Gent: Taylor & Francis
- [12] Kiebele, A. (2007). *Carbon nanotube based battery architecture (Abstract).*, http://apl.aip.org/resource/1/applab/v91/i14/p144104_s1?isAuthorized=no%20op%2007112010, datum van raadplegen: 1 november 2010
- [13] den Haan Digitale Media & Marketing (2010). *Organische zonnecellen.*, <http://www.zonnepanelen-info.nl/zonnecellen/organische-zonnecellen/>, datum van raadplegen 2 november 2010
- [14] Oliwenstein, L. (2010). *Caltech Researchers Create Highly Absorbing, Flexible Solar Cells with Silicon Wire Arrays.*, http://media.caltech.edu/press_releases/13325, datum van raadplegen: 20 september 2010
- [15] Sodano, H. A. (2004). *A Review of Power Harvesting from Vibration using Piezoelectric Materials.*, <http://www.me.mtu.edu/~hsodano/Publications/SVD%202004%20Power%20Harvesting%20Review.pdf>, datum van raadplegen: 1 november 2010
- [16] Advanced Cerametrics, Inc. (2009). *Piezoelectric Fiber Composites.*, <http://www54.homepage.villanova.edu/michael.erwin/ACI%27s%20Fiber%20Technology.pdf>, datum van raadplegen: 26 september 2010
- [17] Faculty of Engineering, Universiteit Gent. *Current projects in the Electromagnetics Group.*, <http://emweb.intec.ugent.be/projects.html>, datum van raadplegen: 5 november 2010
- [18] Philips research technology magazine, issue 28 (2006). *Password.*, http://www.research.philips.com/password/download/password_28.pdf, datum van raadplegen: 10 november 2010

- [19] Schwarz, A., Van Langenhove, L., Guermonprez, P., Deguillemont, D. (2010) *Textile progress Vol. 42 p. 111*, A roadmap on smart textiles. Gent: Taylor & Francis
- [20] Schwarz, A., Van Langenhove, L., Guermonprez, P., Deguillemont, D. (2010) *Textile progress Vol. 42 p. 112-113*, A roadmap on smart textiles. Gent: Taylor & Francis
- [21] Byluppala, M. R. (2010). *Systex – Coordination action for enhancing the breakthrough of intelligent textile systems (e-textiles and wearable Microsystems)*, Vision Paper: p.10-25. Gent: Seventh Framework Programme
- [22] Eleksen, Courtesy of Peratech Limited. *ElekTex Textile Touchpads*, <http://www.eleksen.com/?page=products/elektexproducts/index.php>, datum van raadplegen: 6 juni 2010
- [23] Talk2myShirt 2006-2010. *H4 iPod Backpack from O'Neill*, <http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/329>, datum van raadplegen: 6 november 2010
- [24] 101 Media Lab Ltd. (2008). *Adidas_1 Smart Ride* http://hypebeast.com/2008/08/adidas_1-smart-ride/, datum van raadplegen: 10 november 2010
- [25] Gizmag, 2003-2010. *Bluetooth MP3 Snowboarding Jacket from O'Neill*, <http://www.gizmag.com/go/2520/>, datum van raadplegen: 10 november 2010
- [26] *Intelligent Textiles in Medical*. <http://smartgarments.blogspot.com/2007/12/intelligent-textiles-in-medical.html>, datum van raadplegen: 10 november 2010
- [27] textronics (2010). *Polar FS1, WearLink Transmitter and NuMetrex Sports Bra*, <http://www.numetrex.com/webapp/store/Shopping/product/FS1BRACOMBO>, datum van raadplegen: 10 november 2010
- [28] Souchkov, V. (2010). *TRIZ & systematic innovation*, p. 205. Enschede: Xtriz.com
- [29] Souchkov, V. (2010). *TRIZ & systematic innovation: Fundamentals*, zomercursus 5-16 juli 2010. sheet 28 en 32. Enschede: Universiteit Twente.
- [30] Souchkov, V. (2010). *TRIZ & systematic innovation*, p. 5. Enschede: Xtriz.com
- [31] Souchkov, V. (2010). *TRIZ & systematic innovation*, p. 113-123. Enschede: Xtriz.com
- [32] ProDeo, campusvereniging van de Universiteit Twente in Enschede. *Beginners cursus (2010)*, <http://www.prodeo.utwente.nl/>, Enschede.
- [33] Colbond, *A World of Expertise in Technical Textile*, <http://www.colbond.com/about/>, datum van raadplegen: 18 oktober 2010

Bijlage 1: Productideeën met e-textiel en TRIZ

Zoals ook al eerder in het vooronderzoek genoemd is, gaat het bij e-textiel om de een integratie van textiele en elektronische eigenschappen. In feite kan dit al gezien worden als een oplossingsrichting. Wanneer we zoeken naar succesvolle productideeën met e-textiel dan zijn we in feite opzoek naar problemen waar de integratie van textiele eigenschappen met elektronische eigenschappen een succesvolle oplossingsrichting is.

Dit is een belangrijke conclusie ten aanzien van de TRIZ Fundamentals cursus. Binnen de TRIZ cursus werden er meerdere technieken aangeboden om op een systematische manier creatief te zijn. Deze technieken werden ingedeeld in twee categorieën: 'Problem Solving' en 'Create What's Next' [30]. Geen van deze technieken is echter direct van toepassing bij het verzinnen van productideeën met e-textiel.

Binnen de categorie 'Problem Solving' gaat het om technieken die je helpen de echte oorzaak van een probleem te achterhalen en deze vervolgens op een systematische manier op te lossen.

Binnen de categorie 'Create What's Next' gaat het om technieken die betrekking hebben op producten of diensten zonder duidelijke problemen. Van een dergelijk product of dienst wordt vervolgens bepaald welke onderdelen in feite overbodig zijn of welke aspecten er volgens de 'Laws and Trends of Technology Evolution' het beste verder verbeterd kunnen worden [31].

Technieken uit beide categorieën zijn echter niet van toepassing omdat we bij e-textiel te maken hebben met een oplossingsrichting. We beginnen dus niet bij een product, een dienst of een probleem maar veel eerder bij een oplossing. Daarom zijn de technieken die tijdens de TRIZ Fundamentals cursus werden aangeboden niet direct toepasbaar bij het systematisch bedenken van productideeën met e-textiel.

Toch is de WieWatWaar-methode wel geïnspireerd door TRIZ. Daarnaast verwacht ik dat iemand die bekend is met TRIZ, het relatief eenvoudig zal vinden om de WieWatWaar-methode te gebruiken.

Bijlage 2: Ontwerpdoel tabel

Textiele ontwerpdoelen*	Elektronische ontwerpdoelen*
Warm houden	Temperatuur meten
Schoon houden	Warmte uitstralen
Passief comfort bieden	Luchtdruk meten
Ruimte besparen	Opwekken van energie uit zonlicht
Bescherming tegen fysieke impact	Magnetisch veld aanbrengen
Bescherming tegen ongewenste temperaturen	Trillingen aanbrengen
Verplaatsen van personen	Magnetisch veld produceren
Droog maken	Snelheid meten
Waterbestendigheid bieden	Verplaatsing meten
Verduisteren	Radiogolven uitzenden
Verplaatsen van vloeistoffen	Radiogolven ontvangen
Verplaatsen van vaste stoffen	Kleuren herkennen
Verstevigen van constructies	Visuele beelden opnemen
Verstevigen van grondmassa's	Licht geven
Verstevigen van rubber	Visuele beelden maken
Verstevigen van harde kunststoffen	Oppervlaktedruk waarnemen
Verwijderen van stof	Elektrische spanning aanbrengen
Opnemen en/of vasthouden van geuren	Vervormen van materiaal met elektrische energie
Absorberen van geluid	Statische lading aanbrengen
Bewegingsvrijheid bieden	Het omzetten van mechanische energie in elektrische energie.
Drijfvermogen bieden	Geluid meten
Bekleden	Geluid maken
Opblaasbaar zijn	Geluid opnemen
Net vormen	
Vangen	

*De genoemde ontwerpdoelen en eigenschappen zijn niet uitputtend. Deze lijst kan verder worden uitgebreid. Uitbreidingen op deze lijst kunnen leiden tot andere productideeën dan vermeld in dit verslag.

Bijlage 3: Wie-wat-waar tabel

Wat	Waar*	Wie*
<p>Vul hier één e-textiele wat-formulering in. Bijvoorbeeld:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bewegingen in bekleringen omzetten in elektrische energie 	<ul style="list-style-type: none"> Huiselijke omgeving Horeca omgeving Fabrieksomgeving Het verkeer Leeromgeving Sport omgeving Openbaar vervoer Stedelijke omgeving Levensbedreigende omgeving Onder water Laboratorium Het bos Op kantoor In de bouw Waterrijke omgeving Entertainment omgeving Openlucht evenementen The middle of nowhere In de ruimte In de tuinbouw Noordpool 	<ul style="list-style-type: none"> Jongeren De overheid Mensen met honger Gezinnen Werknemers Vakantiegangers Zelfstandige ondernemers Bedrijven voor bedrijven Ouderen Entertainers De wereld winkel Specialisten Bedrijven voor consumenten Hobbyisten Miljonairs Mensen met haast Mensen in nood Mensen in hun vrije tijd Helden Verzorgers Baby's Greenpeace

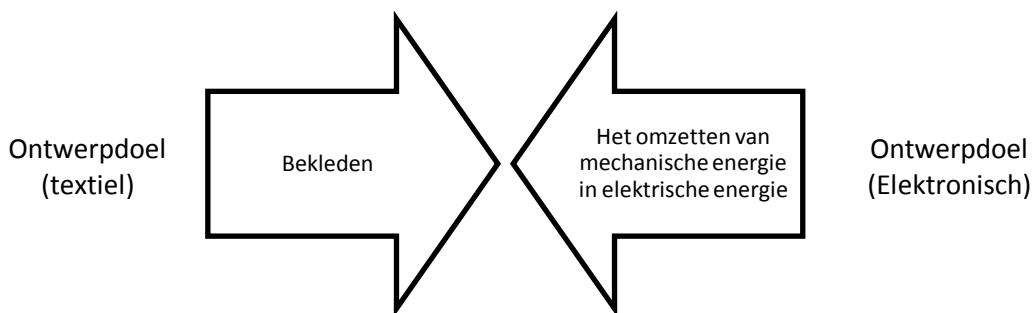
*De genoemde Wie- en Waar-formuleringen zijn niet uitputtend. Deze lijsten kunnen nog verder worden uitgebreid. Uitbreidingen op deze lijst kunnen leiden tot andere productideeën dan vermeld in dit verslag.

Bijlage 4: Toepassingen met e-textiel

Deze bijlage bestaat uit de toepassingen die gegenereerd zijn met de WieWatWaar-methode. Om dit op een geordende manier te documenteren is er voor de volgende structuur gekozen.

Er zal steeds een combinatie van twee ontwerpdoelen (textiel ontwerpdoel en elektronisch ontwerpdoel) worden afgebeeld. Daaronder wordt de wat-formulering genoemd die uit de ontwerpdoel-combinatie is voortgekomen. Daarna wordt er vervolgd met een korte technische omschrijving hoe deze wat-formulering gerealiseerd zou kunnen worden. Daaronder volgen dan de toepassingen. Per toepassing zal genoemd worden: de titel, de WieWatWaar-associatie, een korte omschrijving en een tabel met de puntenwaardering volgens selectie methode.

De genoemde ideeën zijn verzonden door Gerben den Besten en door studenten van de Saxion hogeschool Enschede. De ideeën vanuit de Saxion hogeschool Enschede worden verder toegelicht in bijlage 5.



Wat?

Bewegingen in bekledingen omzetten in energie.

Technische realisatie

Deze doel-eigenschap combinatie kan gerealiseerd worden door gebruik te maken van het direct piëzo-elektrisch effect. Piëzo-elektrische materialen hebben een kristal structuur die er voor zorgt dat deze materialen mechanische spanning kunnen omzetten in elektrische energie, dit wordt het direct piëzo-elektrisch effect genoemd. Het omgekeerde van dit principe werkt ook. Dan wordt elektrische energie omgezet in mechanische spanning. Dit heet het indirect piëzo-elektrisch effect. Binnen deze doel-eigenschap combinatie zal het gaan over het direct piëzo-elektrisch effect. (E1) Door piëzo-elektrisch materiaal te verwerken in garen en draden moet het mogelijk zijn om het direct piëzo-elektrisch effect toe te voegen aan textiele producten.

1.0 Sportsokken met oplader voor mp3-speler

Bijbehorende associaties:

Wat? Bewegingen in bekledingen omzetten in energie. **Wie?** Jongeren. **Waar?** Het bos

Sokken met daarin piëzo-elektrisch materiaal verwerkt kunnen een deel van de energie die normaal gesproken verloren gaat tijdens het lopen omzetten in elektrische energie. Op deze manier kunnen sokken als oplader dienen voor een mp3 speler. Zeker tijdens het hardlopen kunnen deze sokken handig zijn omdat veel hardlopers tijdens het hardlopen een mp3-speler bij zich hebben.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	2
Totaal (max = 20)	7

1.1 Energie opwekkende winkelstraat

Bijbehorende associaties:

Wat? Bewegingen in bekledingen omzetten in energie. **Wie?** De overheid

Waar? Stedelijke omgeving

Door onder de wegen in het centrum van een stad een piëzo-elektrisch vloerkleed te plaatsen kan de energie van winkelende mensen gebruikt worden om de straat verlichting te voorzien van stroom of om elektrische energie te leveren aan de aangrenzende winkels.

Ontwikkelingsmogelijkheden	2
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	1
Totaal (max = 20)	3

1.2 Lampen in de lift draaien op vervorming kabelhoes

Bijbehorende associaties:

Wat? Bewegingen in bekledingen omzetten in energie. **Wie?** Bedrijven voor bedrijven. **Waar?** In de bouw.

Door een piëzo-elektrisch textiel om de liftkabels te plaatsen kan de vervorming van het textiel gebruikt worden om de lampen in de lift van energie te voorzien.

Ontwikkelingsmogelijkheden	2
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	3
Totaal (max = 20)	5

1.3 Energie opwekken met de trilling van productiemachines

Bijbehorende associaties:

Wat? Bewegingen in bekledingen omzetten in energie. **Wie?** Werknemers.

Waar? Fabrieksomgeving.

Veel grote productiemachines verliezen veel energie doordat er tijdens het proces veel trillingen ontstaan in de machine. Om deze trillingen tegen te gaan wordt de machine doorgaans grondig gefundeerd waardoor het trillen van de machine in bedrang wordt gehouden.

Door een piëzo-elektrisch textiel om een dergelijke machine te wikkelen kunnen de overbodige trillingen dienen als bron om energie op te wekken. Daarbij produceren productiemachines vaak erg veel geluidsoverlast. Het textiel die de machine omwikkeld kan tevens deze geluidsoverlast reduceren. Hierdoor wordt het voor de werknemers veel prettiger om op de werkvloer zijn.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	5
Totaal (max = 20)	8

1.4 Energie opwekken met grondzeil van een tent

Bijbehorende associaties:

Wat? Bewegingen in bekledingen omzetten in energie. **Wie?** Vakantiegangers.

Waar? Het bos

Door een grondzeil wat gebruikt wordt in tenten uit te rusten met piëzo-elektrisch materiaal kan de energie van de mensen die in die tent lopen worden omgezet in elektrische energie. Hier kan bijvoorbeeld s'avonds een lamp van branden.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	5
Totaal (max = 20)	8

1.5 Energie opwekken met regen op afdekzeil een boot

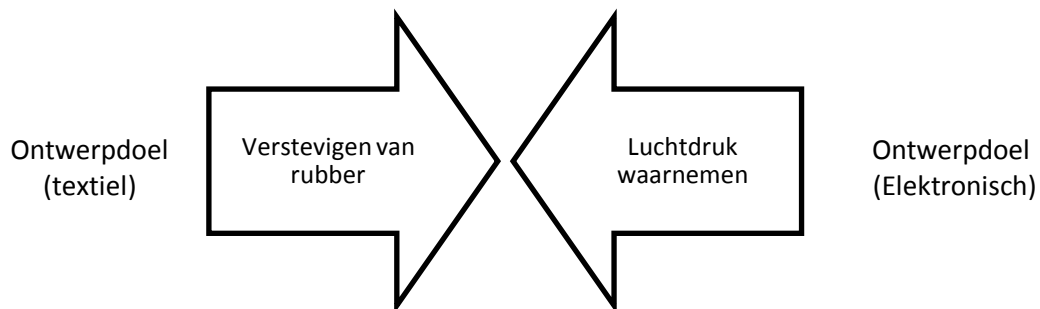
Bijbehorende associaties:

Wat? Bewegingen in bekledingen omzetten in energie. **Wie?** Miljonairs.

Waar? Waterrijke omgeving.

Door afdekzeilen van boten uit te rusten met piëzo-elektrisch materiaal kan de energie van vallende regendruppels worden omgezet in elektrische energie. Deze energie zou gebruik kunnen worden om de accu van een boot op te laden.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	1
Totaal (max = 20)	4



Wat?

Rubberverstevigend textiel dat luchtdruk waarneemt.

Technische realisatie

Veel rubbers worden versterkt met een textiel om onder andere de treksterkte, druk weerstand en de weerstand tegen fysieke stoten te verbeteren (E2). Deze verstevigingstextielen zouden uitgerust kunnen worden met textiele druksensoren. Deze druksensor zal geen afbreuk mogen doen aan de verstevigende functie van het textiel in rubbers.

2.0 Intelligente autobanden

Bijbehorende associaties:

Wat? Rubberverstevigend textiel dat luchtdruk waarneemt. **Wie?** Gezinnen. **Waar?** Het verkeer

Door textiel dat gebuikt wordt om autobanden te verstevigen, uit te rusten met textiele druksensors kan de band zelf een signaal afgeven dat aangeeft hoeveel druk er op de banden staat. Hierdoor kan vroegtijdig worden aangegeven wanneer de banden te zwaar belast worden, of wanneer de banden spanning beneden pijl is. Met dergelijke banden zou in iedere gezinsauto een indicator geplaatst kunnen worden die per band aan kan geven of er nog voldoende druk in de band aanwezig is.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	5
Totaal (max = 20)	10

2.1 Intelligente V-snaar

Bijbehorende associaties:

Wat? Rubberverstevigend textiel dat luchtdruk waarneemt. **Wie?** Specialisten. **Waar?**

Fabrieksomgeving

Door textiele druksensors te verwerken in de V-snaar van een motor kan er constant gecontroleerd worden of de V-snaar nog onder een veilige en/of optimale spanning staat. Op deze manier kunnen machines worden gecontroleerd en geoptimaliseerd.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	8
Totaal (max = 20)	13

2.2 Druk metende luchtslang of waterleidingen

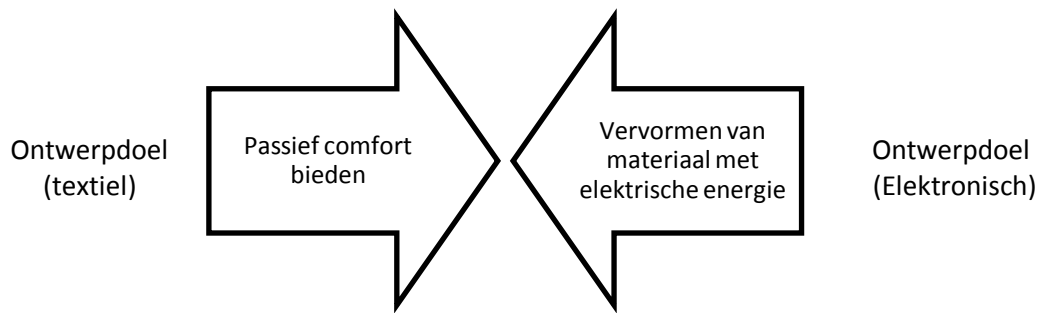
Bijbehorende associaties:

Wat? Rubberverstevigend textiel dat luchtdruk waarneemt. **Wie?** Specialisten.

Waar? Waterrijke omgeving.

Luchtslangen en waterleidingen die onder hoge druk moeten functioneren worden vaak versterkt met een textiele structuur. Wanneer hier een textiele druksensor in verwerkt wordt kan de buis constant gecontroleerd worden. Zo zal de druksensor in deze buis kunnen indiceren of de optimale druk wel gehaald wordt, maar ook lekkage zal direct gedetecteerd kunnen worden.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	7
Totaal (max = 20)	12



Wat?

Comfortabel textiel dat van vorm kan veranderen.

Technische realisatie

Deze doel-eigenschap combinatie kan onder andere gerealiseerd worden door gebruik te maken van het indirect piëzo-elektrisch effect. Door piëzo-elektrisch materiaal te verwerken in garen en draden is het mogelijk om het piëzo-elektrisch effect toe te voegen aan textiel producten. Hierdoor kunnen er vervormingen in het textiel worden gerealiseerd door toevoeging van elektrische energie.

3.0 Dekbed of meubelbekleding met massage functie

Bijbehorende associaties:

Wat? Comfortabel textiel dat van vorm kan veranderen. **Wie?** Gezinnen. **Waar?** Huiselijke omgeving.

Door het textiel in een dekbed uit te rusten met piëzo-elektrisch materiaal, kan er onderinvloed van wisselende spanningen, golfbewegingen worden gerealiseerd in het textiel. Deze golfbewegingen kunnen een rustgevend effect hebben op het menselijk lichaam. Een soort massage functie kan worden toegevoegd aan een meubel om de rustgevende functie van een stoel, bank of bed te versterken.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	4
Totaal (max = 20)	9

3.1 Dekbed of meubelbekleding dat beweegt op muziek (Idee Saxion, bijlage 5)

Bijbehorende associaties:*

Wat? Comfortabel textiel dat van vorm kan veranderen. **Wie?** Jongeren. **Waar?** Huiselijke omgeving.

Het ritme in de muziek kan worden vertaald naar een elektrisch signaal. Dit signaal kan naar het textiel (met daarin piëzo-elektrisch materiaal) gestuurd worden om vervolgens de gebruiker de muziek letterlijk te laten voelen. Dit effect in een stoel, bank of bed levert een entertainment meubel op voor in de woonkamer.

Ontwikkelingsmogelijkheden	4
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	7
Totaal (max = 20)	11

**Omdat dit idee van de hogeschool Saxion afkomstig is kan er niet beweerd worden deze associaties ten grondslag liggen aan het idee. Echter wanneer dit idee met de in deze opdracht omschreven methode ontwikkeld zou zijn dan waren dit de meest waarschijnlijk associaties geweest.*

3.2 Bioscoopstoelen die met de film mee vervormen.

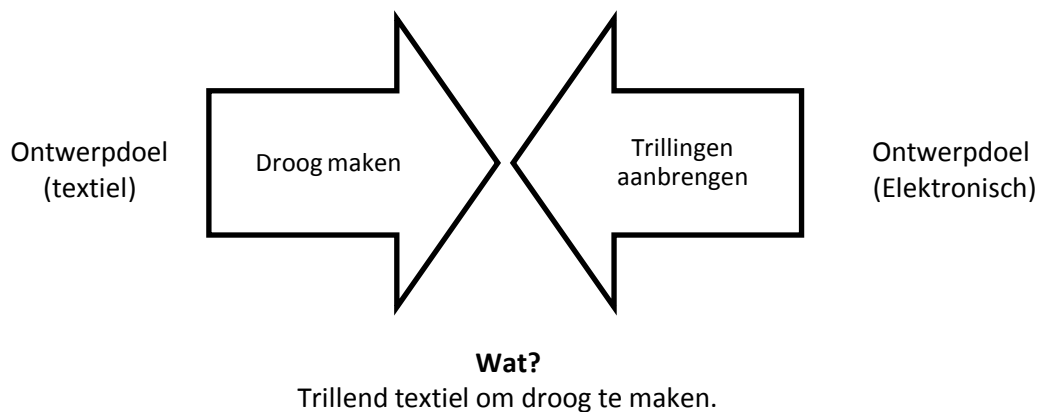
Bijbehorende associaties:

Wat? Comfortabel textiel dat van vorm kan veranderen. **Wie?** Jongeren.

Waar? Entertainment omgeving.

Voortbouwend op het entertainment meubel in de woonkamer bij 3.1, kan er ook het meubel ook in een entertainment omgeving geplaatst worden. In dit geval bioscoopstoelen die mee vervormen met de film. Niet alleen muziek maar bijvoorbeeld ook aardbevingen, weg zakken in de modder of hartkloppingen van de hoofdpersoon kunnen in deze bioscoopstoelen voelbaar gemaakt worden.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	6
Totaal (max = 20)	11



Technische realisatie

De technische realisatie bij deze doel-eigenschap combinatie zou op een soort gelijke manier kunnen worden gerealiseerd als bij het vervormen van materiaal door elektrische energie. Ook nu kan er gebruik gemaakt worden van piëzo-elektrisch materiaal. Nu niet om grote vervormingen teweeg te brengen maar juist erg veel kleine vervormingen. Op deze manier zou een trilfunctie aan een textiel toegevoegd kunnen worden. In deze doel-eigenschap combinatie wordt gekeken naar toepassingen waarbij het textiel met trilfunctie ook waterdicht is.

4.0 Triatlonkleding met trilfunctie:

Bijbehorende associaties:

Wat? Trillend textiel om droog te maken. **Wie?** Specialisten. **Waar?** Sport omgeving.

Door in de stof van triatlonkleding een trilfunctie te integreren kan deze kleding sneller drogen na contact met water. Door de trilfunctie te activeren na het zwem onderdeel zal het water in de kleding gemakkelijk verdampen.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	4
Totaal (max = 20)	7

4.1 Paraplu met trilfunctie:

Bijbehorende associaties:

Wat? Trillend textiel om droog te maken. **Wie?** Mensen met haast. **Waar?** Waterrijke omgeving.

Door het doek van een paraplu uit te rusten met een trilfunctie, kan de paraplu sneller worden opgeborgen. Wanneer het doek van een paraplu gaat trillen vallen de waterdruppels er sneller af en droogt het doek sneller.

Ontwikkelingsmogelijkheden	0
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	2
Totaal (max = 20)	3

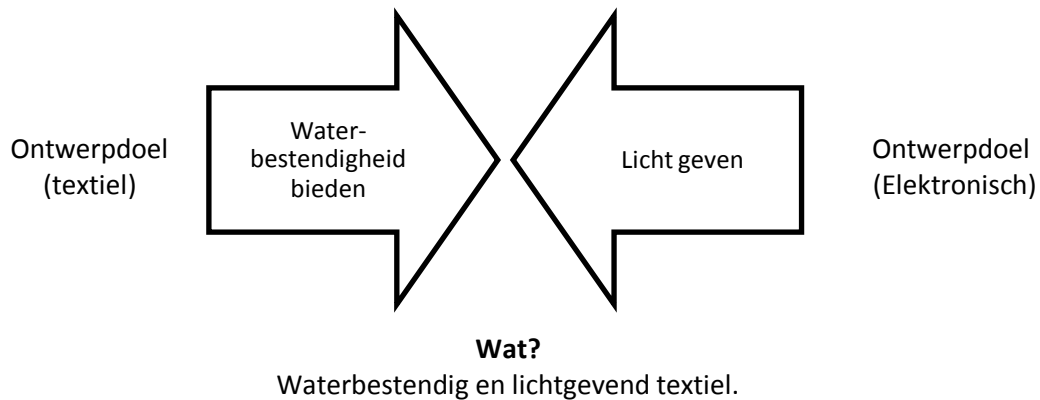
4.2 Tentdoek met trilfunctie

Bijbehorende associaties:

Wat? Trillend textiel om droog te maken. **Wie?** Vakantiegangers. **Waar?** Waterrijke omgeving.

In het ideale geval wordt een tent droog afgebroken en opgeborgen. Echter wanneer het net heeft geregend is dit niet mogelijk. Of de tent moet nat ingepakt worden met kans of schade, of de tent zal later ingepakt moeten worden. Met een trillend tentdoek zal de tent sneller droog worden en is een natte tent een minder groot probleem geworden.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	4
Totaal (max = 20)	9



Technische realisatie

Op het gebied van flexibele verlichting er al heel veel mogelijk. De OLED van Philips is hier een voorbeeld van. Bij de realisatie van toepassingen bij deze doel-eigenschap combinatie kan er bijvoorbeeld gedacht worden aan lichtgevende flexibele draden of flexibele platte lampen die mee geweven zijn in een waterdichte textielen.

5.0 Lichtgevende duikkleding

Bijbehorende associaties:

Wat? Waterbestendig en lichtgevend textiel. **Wie?** Specialisten. **Waar?** Onder water.

Nacht duikers of duikers die in een grot gaan duiken hebben een duiklamp nodig. Door de duikkleding uit te rusten met een lichtgevende functie zal de duiklamp overbodig zijn. De duikers levert dit ook meer bewegingsvrijheid tijdens het duiken.

Ontwikkelingsmogelijkheden	0
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	2
Totaal (max = 20)	2

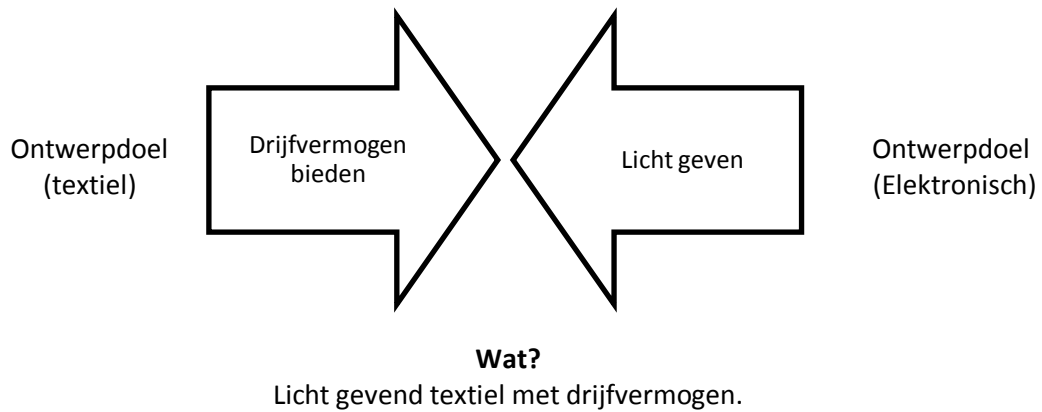
5.1 Disco Partytent

Bijbehorende associaties:

Wat? Waterbestendig en lichtgevend textiel. **Wie?** Jongeren. **Waar?** Openlucht evenementen.

Bij festivals, kermissen en andere buiten evenementen zijn vaak grote tenten te vinden. Deze tenten houden de bezoekers droog wanneer het regent. Door deze tenten uit te rusten met lichtgevend textiel, kan de tent ook disco verlichting bevatten.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	6
Totaal (max = 20)	9



Technische realisatie

Bij de technische realisatie van deze doel-eigenschap combinatie kan gedacht worden aan producten vervaardigd uit de met drijvende textielen waar lichtgevende flexibele draden of flexibele platte lampen mee geweven zijn in het product.

6.0 Lichtgevend reddingsvest

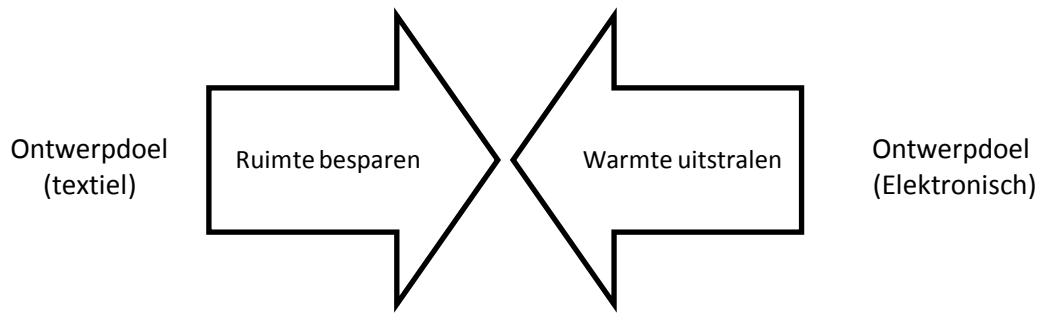
Bijbehorende associaties:

Wat? Licht gevend textiel met drijfvermogen. **Wie?** Mensen in nood. **Waar?** Onder water.

Door het textiel in reddingsvesten uit te rusten met een lichtgevende functie zullen drenkelingen eerder opgemerkt worden in het donker. De elektrische energie in het vest kan opgeslagen zijn in een batterij of ter plekken worden geproduceerd door de drenkeling door bijvoorbeeld een druk dynamo te verwerken in het vest.

(Het reddingsvest kan eventueel ook uitgerust worden met piëzo-elektrisch materiaal om op deze manier gebruik te maken van de zwembewegingen van de drenkeling om het licht te produceren)

Ontwikkelingsmogelijkheden	0
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	5
Totaal (max = 20)	5



Wat?

Verwarmt textiel om ruimte te besparen.

Technische realisatie

Toepassingen bij deze doel-eigenschap combinatie zouden kunnen bestaan uit textiele weefsels waar spanninggeleidende draden in zijn mee geweven. Deze draden leveren weerstand en daarmee warmte.

7.0 Textiele vloerverwarming als prefab bouwelement

Bijbehorende associaties:

Wat? Licht gevend textiel met drijfvermogen. **Wie?** Mensen met haast. **Waar?** In de bouw.

Door in het textiel van een vloerkleed elektrisch verwarmbare draden of vezels te verwerken is de radiator niet meer nodig. Daarbij kan een verwarmt vloerkleed gemakkelijk verplaatst worden en in een ander ruimte geplaatst worden. Deze toepassing biedt de mogelijkheid om relatief snel grootschalige verwarmingselementen voor in huizen te produceren.

Ontwikkelingsmogelijkheden	7
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	8
Totaal (max = 20)	15

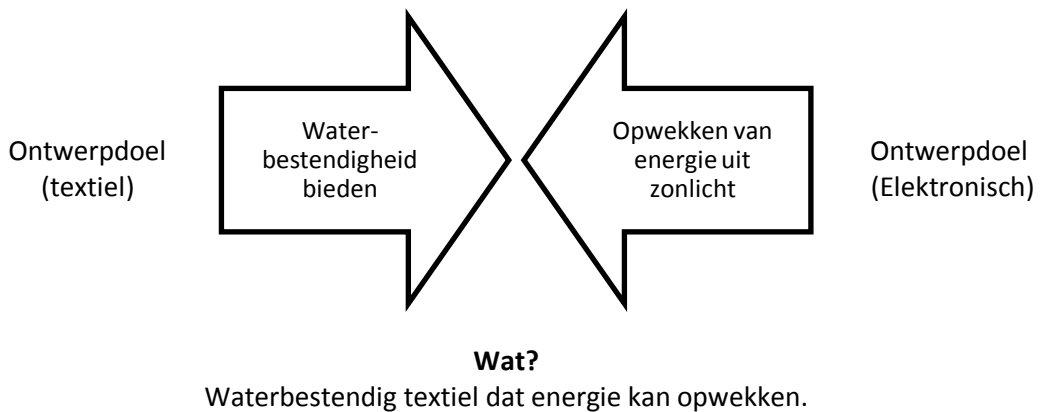
7.1 Verwarmde gordijnen

Bijbehorende associaties:

Wat? Licht gevend textiel met drijfvermogen. **Wie?** Gezinnen. **Waar?** Huiselijke omgeving.

De ramen in een huis zorgen voor veel warmte verlies. Door gordijnen voor de ramen te hangen die verwarmd kunnen worden wordt de kou van buiten beter tegen gehouden en wordt het verwarming voor binnen. De gordijnen kunnen in dit geval de radiatoren vervangen.

Ontwikkelingsmogelijkheden	7
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	6
Totaal (max = 20)	13



Technische realisatie

De ontwikkelingen rondom flexibele en vouwbare zonnecellen is in volle gang. Zonnecellen kunnen in de vorm van een dunne draad worden uitgevoerd (E3). Deze draden kunnen vervolgens verwerkt worden in textielen die tevens waterbestendig zijn. Door deze draden te verwerken in bestaande waterbestendige textielen kan deze doel-eigenschap combinatie worden gerealiseerd.

8.0 Energie opwekkend afdekzeil van een buitenzwembad

Bijbehorende associaties:

Wat? Waterbestendig textiel dat energie kan opwekken. **Wie?** Mensen in hun vrije tijd.

Waar? Waterrijke omgeving.

Wanneer het zwembad gesloten is en de zon schijnt kan het grote oppervlak van een zwembad benut worden om zonne-energie op te vangen.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	4
Totaal (max = 20)	7

8.1 Energie opwekkende parasol biedt 's nachts verlichting

Bijbehorende associaties:

Wat? Waterbestendig textiel dat energie kan opwekken.. **Wie?** Mensen in hun vrije tijd. **Waar?** Horeca omgeving.

Veel horeca bedrijven hebben een terras met parasollen. Tevens een groot textiel oppervlak wat gebruikt zou kunnen worden om zonne-energie op te vangen. De parasol zou uitgerust kunnen worden met een stopcontact om daarmee een mobiele energie bron te zijn voor op het terras. Wanneer er lampen in de parasol worden gehangen (of in het textiel verwerkt), kan de parasol overdag schaduw bieden aan de klanten en 's nachts verlichting.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	4
Totaal (max = 20)	7

8.2 Energie opwekkend noodopvang tenten (Idee Saxion, bijlage 5)

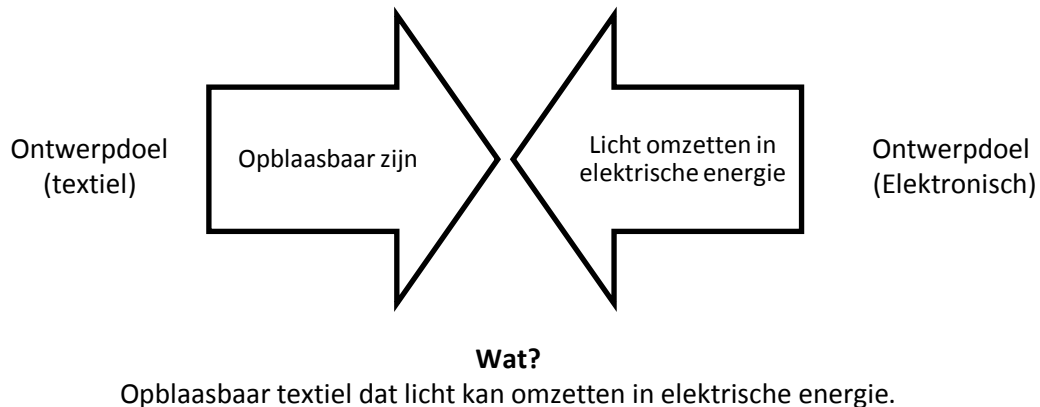
Bijbehorende associaties:*

Wat? Waterbestendig textiel dat energie kan opwekken. **Wie?** Mensen in nood. **Waar?** Levensbedreigende omgeving.

Door noodopvang tenten uit te rusten met zonne-energie opvangend textiel worden deze noodopvang tenten mobiele energiebronnen. In deze tenten kan bij wijze van spreken een stopcontact worden ingebouwd.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	7
Totaal (max = 20)	10

**Omdat dit idee van de hogeschool Saxion afkomstig is kan er niet beweerd worden deze associaties ten grondslag liggen aan het idee. Echter wanneer dit idee met de in deze opdracht omschreven methode ontwikkeld zou zijn dan waren dit de meest waarschijnlijk associaties geweest.*



Technische realisatie

Uit de vorige doel-eigenschap combinatie werd duidelijk dat zonneceldraden verwerkt kunnen worden in textiel. Echter wanneer dit textiel in tegenstelling tot het voorgaande idee niet waterdicht maar luchtdicht wordt gemaakt is het mogelijk om opblaasbaarheid en licht omzetten in elektrische energie te combineren in de onderstaande toepassingen.

9.0 Een zichzelf in stand houdend luchtkussen

Bijbehorende associaties:

Wat? Opblaasbaar textiel dat licht kan omzetten in elektrische energie. **Wie?** Jongeren. **Waar?** Entertainment omgeving.

Luchtkussens moeten constant met lucht gevuld worden om voldoende stevigheid te hebben. Wanneer het luchtkussen zelf instaat is om zonne-energie op te vangen, dan kan deze energie gebruikt worden om de blazers aan te houden.

Ontwikkelingsmogelijkheden	4
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	5
Totaal (max = 20)	10

9.1 Opblaasbare zonnepanelen op vakantie

Bijbehorende associaties:

Wat? Opblaasbaar textiel dat licht kan omzetten in elektrische energie. **Wie?** Vakantiegangers.

Waar? The middle of nowhere.

Wanneer er bij een openlucht evenement behoefte is aan elektrische energie zouden opblaasbare zonnepanelen gebruikt kunnen worden. Ze zijn veel gemakkelijker te vervoeren dan de bestaande zonnepanelen.

Ontwikkelingsmogelijkheden	4
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	6
Totaal (max = 20)	11

9.2 Opblaasbare zonnepanelen in de ruimte

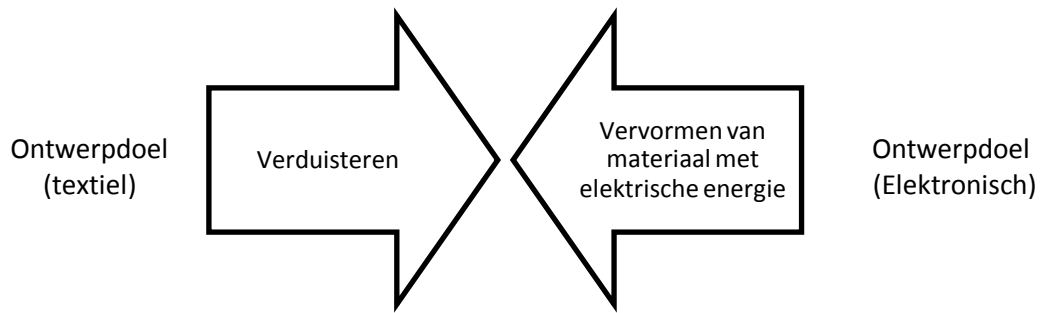
Bijbehorende associaties:

Wat? Opblaasbaar textiel dat licht kan omzetten in elektrische energie. **Wie?** De overheid.

Waar? In de ruimte.

Het idee is eigenlijk het zelfde als bij het bovengenoemde productidee. Nu wordt het paneel alleen meegenomen naar de ruimte. Dit zou veel voordelen kunnen bieden wat betreft het transport van de zonnecellen. Ook de installatie zou zeer snel kunnen verlopen.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	7
Totaal (max = 20)	12



Wat?

Verduisterend textiel dat van vorm kan veranderen.

Technische realisatie

Deze doel-eigenschap combinatie kan onder andere gerealiseerd worden door gebruik te maken van het indirect piëzo-elektrisch effect. Door piëzo-elektrisch materiaal te verwerken in garen en draden is het mogelijk om vervormingen in het textiel te realiseren. Het textiel zelf kan zeer dicht verweven worden en op deze manier ook licht tegen houden.

10.0 Zonnescherm zonder motor

Bijbehorende associaties:

Wat? Verduisterend textiel dat van vorm kan veranderen. **Wie?** Gezinnen. **Waar?** Huiselijke omgeving.

Door materialen in het zonnescherm te verwerken die onder invloed van een spanningsverschil uitzetten of juist intrekken kan het doek van het zonnescherm zichzelf uitrollen of intrekken. Dit zou de mechanische aandrijving van een zonnescherm kunnen vervangen.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	2
Totaal (max = 20)	7

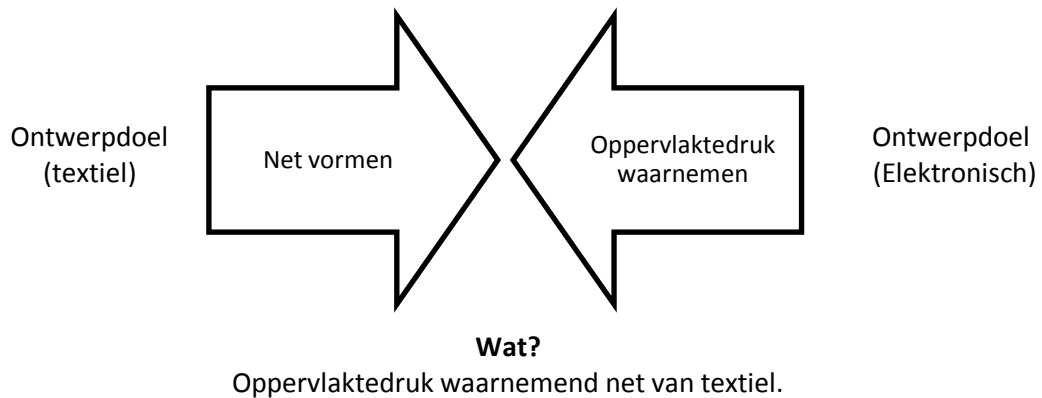
10.1 Dynamische lampenkap

Bijbehorende associaties:

Wat? Verduisterend textiel dat van vorm kan veranderen. **Wie?** Hobbyisten. **Waar?** Huiselijke omgeving.

Door in het textiel van een lampenkap, piëzo-elektrisch materiaal te verwerken kan deze lampenkap verschillende vormen aannemen en daarmee en een druk op de knop bijvoorbeeld veranderen van een schemerlamp naar een leeslamp.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	3
Totaal (max = 20)	8



Technische realisatie

Druksensoren kunnen ook in draadvorm gefabriceerd worden. Door de data van deze draadsensoren te verplaatsen via omliggende geleidende draden naar een CPU kan de druk op een bepaald stuk textiel worden waargenomen en geregistreerd. Uit de druk veranderingen kan ook versnelling en snelheid worden afgeleid.

11.0 Intelligent visnet

Bijbehorende associaties:

Wat? Oppervlakedruk waarnemend net van textiel. **Wie?** Bedrijven voor consumenten.

Waar? Onder water.

Door een visnet uit te rusten met druksensoren kan een visser precies weten wanneer het net vol zit. Op deze manier kan het net efficiënter uitgeworpen en ingetrokken worden.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	6
Totaal (max = 20)	11

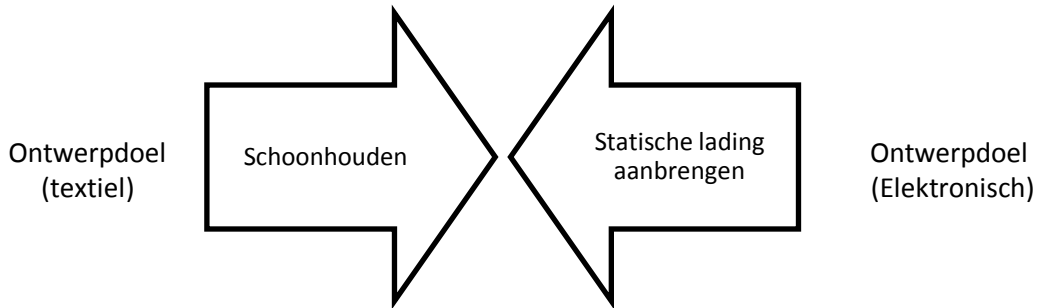
11.1 Net om waterstromingen te monitoren

Bijbehorende associaties:

Wat? Oppervlakedruk waarnemend net van textiel. **Wie?** De overheid. **Waar?** Onder water.

Door een net uit te rusten met druksensoren en accelerometers en deze dwars op de stromingsrichting van een rivier te plaatsen kan er een live model gemaakt worden van de stroming in die rivier. Deze metingen kunnen als eikpunt dienen voor hydrologische modellen over de waterstand en stroming in een bepaald gebied.

Ontwikkelingsmogelijkheden	4
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	8
Totaal (max = 20)	12



Wat?

Statisch textiel om schoon te houden.

Technische realisatie

Een materiaal kan statisch geladen zijn wanneer dit materiaal niet geleidend is en lading kan opslaan. Door textiel op commando geleidend of niet geleidend te maken kan ook de statische lading van het textiel (mits dit textiel lading kan opslaan) geregeld worden.

12.0 Een elektrostatische stoffer

Bijbehorende associaties:

Wat? Statisch textiel om schoon te houden. **Wie?** Gezinnen. **Waar?** Huiselijke omgeving.

Stoffers zijn vaak al statisch geladen. Echter dit zou versteekt kunnen worden door het toevoegen van een spanningsveld aan de stoffer. Dit spanningsveld kan gecontroleerd aan en uit geschakeld worden waardoor de stof tijdens het schoonmaken van de kamer wordt aangetrokken en tijdens het schoonmaken van de stoffer wordt afgestoten.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	4
Totaal (max = 20)	9

12.1 Controleerbare elektrostatisch luchtfilters

Bijbehorende associaties:

Wat? Statisch textiel om schoon te houden. **Wie?** Werknemers. **Waar?** Op kantoor.

Door textiele luchtfilters uit te voeren met een controlebaar elektrostatische lading kan het filter gecontroleerd stof vasthouden of loslaten. Luchtfilters of airco's in grote gebouwen kunnen op deze manier veel langer mee gaan.

Ontwikkelingsmogelijkheden	7
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	8
Totaal (max = 20)	15

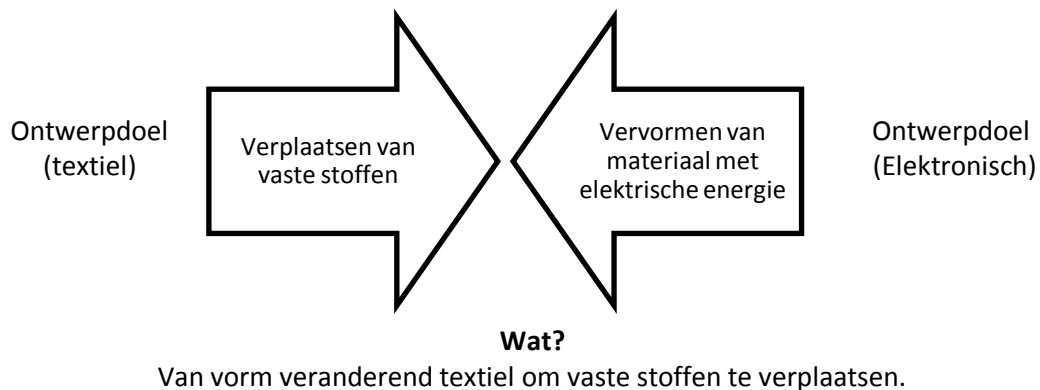
12.2 Zelfreinigende stofzuigerzakken

Bijbehorende associaties:

Wat? Statisch textiel om schoon te houden. **Wie?** Gezinnen. **Waar?** Huiselijke omgeving.

Wanneer een stofzuigerzak in de stofzuiger statisch geladen wordt zal het stof tijdens het zuigen worden aangetrokken. Door de spanning in het textiel te veranderen (of uit te zetten) stoot deze het stof juist af, waardoor de zak gemakkelijk zichzelf weer schoon kan maken.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	5
Totaal (max = 20)	8



Technische realisatie

Deze doel-eigenschap combinatie kan onder andere gerealiseerd worden door gebruik te maken van het indirect piëzo-elektrisch effect. Door piëzo-elektrisch materiaal te verwerken in garen en draden is het mogelijk om vervormingen in het textiel te realiseren.

Door deze vervormingen slim te positioneren in een textiel kunnen deze vervormingen er ook toe leiden dat materialen op of om het textiel een verplaatsing ondergaan.

13.0 Textiel op een lopende band met een staande golf

Bijbehorende associaties:

Wat? Van vorm veranderend textiel om vaste stoffen te verplaatsen. **Wie?** Bedrijven voor bedrijven.

Waar? Fabrieksomgeving.

Door textiel dat onder invloed van een aangeboden elektronische frequentie (spanning) een staande golf kan produceren, op een lopende band te plaatsen, kunnen sommige bulk producten in iedere gewenste formatie gebracht worden. Zo kan er uit een grote egaal verdeelde hoeveelheid zand bijvoorbeeld meerdere rijen (kleine dijkes) zand ontstaan om deze rijen (kleine kijkjes) vervolgens te kunnen scheiden.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	7
Totaal (max = 20)	12

13.1 Textiel op een lopende band met een lopende golf

Bijbehorende associaties:

Wat? Van vorm veranderend textiel om vaste stoffen te verplaatsen. **Wie?** Bedrijven voor bedrijven.

Waar? Fabrieksomgeving.

Textiel dat onder invloed van een aangeboden elektronische frequentie (spanning) een lopende golf kan produceren, kan bulk goederen verplaatsen in de richting van de lopende golf. Dit idee kan in sommige gevallen de functie van een lopende band vervangen.

Ontwikkelingsmogelijkheden	5
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	7
Totaal (max = 20)	12

Bijlage 5: Productideeën Saxion hogeschool Enschede

Tent met zonnepaneel



Wat: het idee is om tenten die in rampgebieden staan, of in een noodhospitaal, zelf in hun stroom kunnen voorzien.

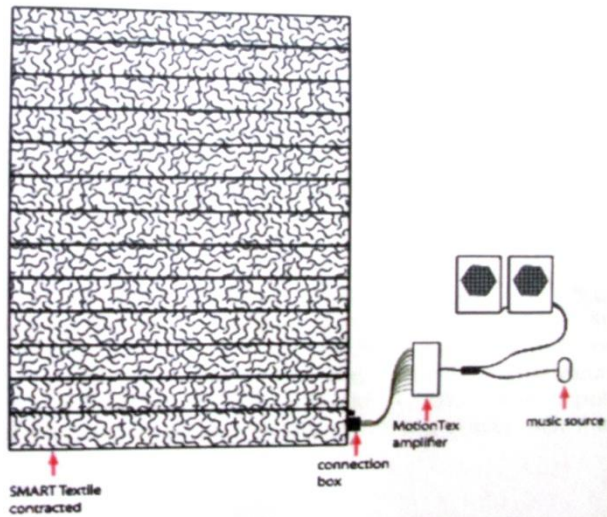
Hoe: door een zonnecel folie bovenop de tent te plaatsen.

Waarom: energie voorziening is zeer schaars in rampgebieden.

Bron:

Brouwers, F. Lindeboom, G. Hofland, M. Kes, M. Jonkman, M. (2010). *Tent met zonnepaneel*, Project SMART TEXTILES Technisch – commerciële textielkunde, Saxion Hogeschool. Enschede.

Motion Tex



Wat: Een stuk doek dat meebeweegt op de muziek. Muziek wordt voelbaar.

Hoe: Het muziek signaal, vanuit een mp3 speler, gaat door de motiontex versterker die het signaal omzet in een elektrische spanning en door zend naar het doek. In dit doek is materiaal verwerkt dat een converse piezoelectric effect vertoond. Dit wil zeggen dat het materiaal vervorm onder invloed van elektrische spanningen. Via deze weg wordt de muziek omgezet in een beweging.

Waarom: hiermee kan de muziek sensatie worden versterkt. Het wordt mogelijk om muziek niet alleen te horen maar ook te voelen.

Bron:

Conrad, A. Ehrlich, J. Hirschmann, P. Niebing, L. (2010). *Motion Tex*, Project SMART TEXTILES Technisch – commerciële textielkunde, Saxion Hogeschool, Enschede.

Bijlage 6: Technische haalbaarheid

De technische haalbaarheid zal niet per toepassing maar wat-formulering worden behandeld. Hiervoor is gekozen omdat de toepassingen die uit één wat-formulering naar voren zijn gekomen gebaseerd zijn op dezelfde technische realisatie. Na een korte bespreking van de technische haalbaarheid, op basis van expert interviews en eigen inzicht, staat er bij iedere wat-formulering aangegeven of deze een positief of een negatief advies krijgt.

Verwarmt textiel om ruimte te besparen.

Het gaat hier over een technische realisatie waarbij vezels geleidend worden gemaakt met een bepaalde weerstand. Het geleidend maken van vezels kan al op verschillende manier worden gerealiseerd. Aldus Prof. dr. ir. M. Warmoeskerken. Het introduceren van een weerstand zou daarbij haalbaar moeten zijn.

Kritiek:

- Er zal onderzocht moeten worden of er op deze manier daadwerkelijk voldoende warmte geproduceerd kan worden.
- De balans tussen een veilige opwarm temperatuur van vezels, en de benodigde hoeveelheid warmte om een ruimte te verwarmen moet onderzocht worden.
- Wanneer toegepast in non-wovens zal er extra aandacht besteed moeten worden aan een constante geleiding. Wanneer de non-woven wordt ingedrukt mag dit niet tot een plaatselijke oververhitting leiden. Aldus Prof. dr. ir. L. van Langenhove.

Advies = positief

Rubberverstevigend textiel dat luchtdruk waarneemt.

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij textiele draden, die gebruikt worden om rubbers te verstevigen, worden uitgerust met een druksensor. Druksensoren op weefselniveau zijn momenteel al te verkrijgen. Als dus dr. ir. G. Brinks. En een druksensoren in draadvorm kunnen al gerealiseerd worden [14].

Kritiek:

- Om deze draden met druksensoren te verwerken in rubber zoals dat ook gebeurt met gebruikelijke rubberverstevigende draden dan zullen deze draden aan alle eisen van het productie proces moeten voldoen. Aldus Prof. dr. ir. J.W.M. Noordermeer.
- Zo zullen deze draden voldoende treksterkte moeten hebben.
 - Mag het vulkaniseren (tussen de 140 C°-200 C°) geen problemen opleveren.

Advies = positief

Van vorm veranderend textiel om vaste stoffen te verplaatsen

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij piëzo-elektrisch materiaal in draad vorm verwerkt wordt in textielen. Piëzo-elektrische draden worden al door meerdere bedrijven geproduceerd. Zo ook door Advanced Cerametrics Incorporated uit New Jersey [14]. Door zo het indirect piëzo-elektrisch effect te verwerken in textiel moet het mogelijk zijn om textiel zo te vervormen dat vaste objecten erdoor verplaatst kunnen worden.

Kritiek:

- Het rendement van het indirect piëzo-elektrisch effect is zeer laag. Veel elektrische energie levert op deze manier relatief weinig mechanische energie op. Aldus Prof. dr. ir. L. van Langenhove.

Advies = negatief

Oppervlakedruk waarnemend net van textiel

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij druksensoren op draad niveau verwerkt worden in een net. Druksensoren op draadniveau zijn momenteel al te verkrijgen. Als dus dr. ir. G. Brinks.

Kritiek :

- De structuur van het net zal zeer nauwkeurig ontworpen moeten worden om de data vanuit de druksensoren op een goede manier te kunnen interpreteren.

Advies = positief

Opblaasbaar textiel dat licht kan omzetten in elektrische energie

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij zonnecellen op weefsel- of draadniveau verwerkt worden in textielen. Zonnecellen in draad zijn al relatief ver ontwikkeld. Zo maakten onderzoekers van het California Institute of Technology er al gebruik van in een poging om een zonnecel te ontwikkelen met een zeer hoge rendement [12]. Door deze draden vervolgens te verwerken textielen die tevens luchtdicht zijn, kunnen opblaasbare zonnecellen gerealiseerd worden.

Kritiek:

- Er zal verder onderzoek moeten plaats vinden om te bepalen of deze zonneceldraden de zelfde krachten kunnen weerstaand als het textiel wat normaal gesproken gebruikt word in opblaasbare producten.

Advies = positief

Statisch textiel om schoon te houden.

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij statisch oplaadbaar textiel op commando geleidend of niet geleidend gemaakt kan worden. Geleidend textiel bestaat al in meerdere vormen en maten. Door dit te combineren met statisch oplaadbare textiel moet het waarschijnlijk mogelijk zijn om een textiel te maken dat met een druk op de knop wel of niet statisch kan zijn. Aldus Prof. dr. ir. L. van Langenhove.

Kritiek:

- Het is nog niet duidelijk of de statische lading die op deze manier opgewekt kan worden ook voldoende stof zal kunnen aantrekken om bijvoorbeeld gebruikt te worden om schoon te maken.

Advies = positief

Comfortabel textiel dat van vorm kan veranderen

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij piëzo-elektrisch materiaal in draad vorm verwerkt wordt in textielen. Piëzo-elektrische draden worden al door meerdere bedrijven geproduceerd. Zo ook door Advanced Cerametrics Incorporated uit New Jersey [14]. Door met het indirect piëzo-elektrisch effect op deze manier trillingen en vervormingen toe te voegen aan een textiel, moet het mogelijk zijn om daar een product mee te ontwikkelen om een comfortabele beleving te realiseren.

Kritiek:

- Het rendement van het indirect piëzo-elektrisch is zeer laag. Veel elektrische energie levert op deze manier relatief weinig mechanische energie op. Aldus Prof. dr. ir. L. van Langenhove.

Advies = negatief

Waterbestendig textiel dat energie kan opwekken

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij zonnecellen op weefsel- of draadniveau verwerkt worden in waterbestendige textielen. Zonnecellen in draad zijn al relatief ver ontwikkeld. Zo maakten onderzoekers van het California Institute of Technology er al gebruik van in een poging om een zonnecel te ontwikkelen met een zeer hoge rendement [12]. Door deze draden, met een compacte weeftextiel of coating, waterbestendig te maken is de verwachting dat deze wat-formulering haalbaar moet zijn:

Kritiek:

- Er zal nog onderzocht moeten worden of de toepassing van draadvormige zonnecellen in textiel gepaard kan gaan met een wenselijk rendement.

Advies = positief

Verduisterend textiel dat van vorm kan veranderen

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij piëzo-elektrisch materiaal in draad vorm verwerkt wordt in lichtwerende textielen. Piëzo-elektrische draden worden al door meerdere bedrijven geproduceerd. Zo ook door Advanced Cerametrics Incorporated uit New Jersey [14]. Door met het indirect piëzo-elektrisch effect in deze draden met een compacte weeftechniek of coating te bewerken moet het mogelijk zijn om een vervormbaar textiel te maken dat ook licht kan tegenhouden.

Kritiek:

- Het rendement van het indirect piëzo-elektrisch effect is zeer laag. Veel elektrische energie levert op deze manier relatief weinig mechanische energie op. Aldus Prof. dr. ir. L. van Langenhove.

Advies = negatief

Trillend textiel om droog te maken

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij piëzo-elektrisch materiaal in draad vorm verwerkt wordt in textielen die vaak nat worden. Piëzo-elektrische draden worden al door meerdere bedrijven geproduceerd. Zo ook door Advanced Cerametrics Incorporated uit New Jersey [14]. Door met het indirect piëzo-elektrisch effect in deze draden een trilling te realiseren in een textiel moet het mogelijk zijn om water dat in aanraking komt met dit textiel, eraf te laten trillen.

Kritiek:

- Of deze manier van drogen echt werkt is sterk afhankelijk van de mate waar water zich hercht aan het oppervlak van het textiel. Aldus Prof. dr. ir. M. Warmoeskerken. Er zal onderzocht moeten worden gedaan naar de mate van trilling die gerealiseerd kan worden. Deze trilling zal voldoende kracht moeten kunnen uit oefenen om de aantrekkingskracht van water aan het textiel oppervlak te overwinnen.

- Het rendement van het indirect piëzo-elektrisch effect is zeer laag. Veel elektrische energie levert op deze manier relatief weinig mechanische energie op. Aldus Prof. dr. ir. L. van Langenhove.

Advies = negatief

Bewegingen in bekledingen omzetten in energie

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij piëzo-elektrisch materiaal in draad vorm verwerkt wordt in textielen die vaak nat worden. Piëzo-elektrische draden worden al door meerdere bedrijven geproduceerd. Zo ook door het bedrijf Advanced Cerametrics Incorporated uit New Jersey [14]. Door zo het direct piëzo-elektrisch effect toe te voegen aan textielen moet het mogelijk zijn om bewegingen in bekledingen om te zetten in energie.

Kritiek:

- De hoeveelheid energie die vandaag de dag doormiddel van het direct piëzo-elektrisch effect opgewekt kan worden is nog zeer laag. Het over grote deel van de hedendaagse elektronische apparatuur vereist meer energie dan er momenteel geleverd kan worden door gebruik te maken van het direct piëzo-elektrisch effect. [13]

Advies = negatief

Waterbestendig en lichtgevend textiel

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij lichtgevende flexibele draden of flexibele platte lampen mee geweven zijn in een waterdicht textiel. Op het gebied van flexibele en dynamische verlichting is er op dit gebied al veel mogelijk. De OLED van Philips is hier een bekend voorbeeld van.

Kritiek:

- De vraag is of een dergelijk lichtgevende textiel voldoende waterdicht gemaakt kan worden zodat er geen kortsluiting zal ontstaan.

Advies = positief

Licht gevend textiel met drijfvermogen.

Het gaat hier om een technische realisatie waarbij lichtgevende flexibele draden of flexibele platte lampen mee geweven zijn in een waterdicht textiel. Op het gebied van flexibele en dynamische verlichting is er op dit gebied al veel mogelijk. De OLED van Philips is hier een bekend voorbeeld van [16]. Drijfvermogen toevoegen aan een dergelijk textiel lijkt me zeker mogelijk door gebruik te maken van een luchtig vulmateriaal omsloten door een waterbestendige buitenste laag.

Kritiek:

- De vraag is of een dergelijk lichtgevende textiel voldoende waterdicht gemaakt kan worden zodat er geen kortsluiting zal ontstaan.

Advies = positief

Bijlage 7: Mailcontact met Colbond

Beste Gerben den Besten,

Dank voor uw toelichting. Het gebruiken van geleidende materialen in plastic heeft al langere tijd geruime aandacht, ook in onze industrie. Het gebruik van elektrische stroom (anders dan spanning) om via weerstand warmte te verwekken heeft een heleboel uitdagingen, gezien de gemiddeld lage temperatuur waarop kunststoffen kunnen vervormen, smelten of anderszins hun functionaliteit verliezen. Textiele verwarming via geleidende oppervlakken, vezels (koolstof) of metaalgevulde systemen wordt ook al in een aantal toepassingen ingezet. Of dit nu in vloerverwarming of andere toepassingen het geval is, als Colbond zijn we zeker geïnteresseerd in zowel de functionaliteit als de verschillende applicaties. In die zin zouden we een initiatief ter ontwikkeling van producten en markten toejuichen. Over de vorm en aard van het project zouden we dan kunnen praten.

Ik ben tot en met eind oktober op reis in het buitenland. Ik stel voor dat u na die tijd en bij interesse contact met mij opneemt voor een afspraak.

Met vriendelijke groet,

Dr. Jan Mahy
Director R&D

Colbond bv
P.O.Box 9600
6800 TC Arnhem
The Netherlands
+31 26 366 3924 Direct
+31 26 366 8958 Fax
jan.mahy@colbond.com
www.colbond.com

-----Original Message-----

From: g.j.denbesten@student.utwente.nl [<mailto:g.j.denbesten@student.utwente.nl>]
Sent: dinsdag 19 oktober 2010 22:04
To: Mahy, J. (Jan)
Cc: M.M.C.G.Warmoeskerken@utwente.nl
Subject: RE: Colbond en vezel verwarming

Beste Jan Mahy,

Bedankt voor uw snelle reactie. In deze mail zal ik het voorstel verder toelichten.

Momenteel ben ik bezig met mijn bachelor eindopdracht aan de Universiteit Twente. De opdracht komt vanuit de Universiteit Twente en gaat over e-textiel. Mijn doel met deze opdracht is het vinden van nieuwe toepassingen met e-textiel.

Het voorstel:

Eén van de mogelijke ideeën dat aan het licht is gekomen is het verwarmen van vezels in vloerkleden. Door vezels zo te modificeren dat ze met voldoende weerstand stroom kunnen geleiden zou het naar mijn idee mogelijk moeten zijn om vezels in nonwovens elektronisch te verwarmen.

Bij een toepassing hiervan moet gedacht worden aan textiele verwarming als prefab bouwelement. Deze textiele verwarming in vloerkleden zal de functionaliteit hebben van een reguliere vloerverwarming met de volgende voordelen:

Voordelen van textiele vloerverwarming t.o.v. van reguliere vloerverwarming:

- . Het is gemakkelijk te verplaatsen.
- . Het kan gemakkelijk worden ingebouwd (ook in oude woningen).
- . Tijdens een verbouwing zal een textiele vloerverwarming minder in de weg zitten dan een reguliere vloerverwarming.
- . Eventuele reparaties aan het verwarmingssysteem zijn aanzienlijk gemakkelijker uit te voeren.

Een naar mijn idee kansrijke toepassing. Echter voordat deze toepassing werkelijkheid kan worden zal er nog veel ontwikkeling plaats moeten vinden en zal er nog veel onderzoek gedaan moeten worden.

Mijn bachelor onderzoek zou een aanleiding kunnen zijn om een project te starten waarin dit idee verder kan worden ontwikkeld. Om een dergelijk project van de grond te krijgen is het echter wel belangrijk om op voorhand al iets te kunnen zeggen over de interesse vanuit het bedrijfsleven.

Vandaar deze mail. Graag zou ik uw commentaar horen op het idee om elektrisch verwarmbare vezels te gaan ontwikkelen voor in prefab textiele vloerverwarming.

Mocht u interesse tonen in dit idee dan zal ik uw reactie op deze mail gebruiken als onderbouwing in mijn verslag. Wanneer mijn verslag inderdaad voldoende aanleiding zal zijn voor de Universiteit om een project te starten dan zal Colbond het eerste bedrijf zijn dat hiervan op de hoogte wordt gebracht.

Hopende uw interesse hiermee te hebben gewekt,

Met vriendelijke groeten,

Gerben den Besten
Bachelor student Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente
tel: 06-15363234

Bijlage 8: Toepassingen met elektronisch verwarmbare vezels

Uit de selectie is één toepassing naar voren gekomen als meest kansrijke e-textiele toepassing. Deze toepassing was gebaseerd op de wat-formulering: *Verwarmt textiel om ruimte te besparen*. Vervolgens is er besloten in het vervolgadvis voor deze toepassing om een tweede serie ideeën te genereren. Dit keer specifiek m.b.t. elektronisch verwarmbare vezels omdat dit ook de basis was van tot best verkozen toepassing uit de eerste serie ideeën.

Ideeën uit de eerste serie waren:

- 7.0 Textiele vloerverwarming als prefab bouwelement **(15)**
- 7.1 Verwarmde gordijnen **(13)**

Nu zal vervolgd worden met de tweede serie ideeën:

7.2 Verwarmbare vulling van bedmatrassen

Bijbehorende associaties:

Wat? Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Gezinnen **Waar?** Thuis.

Elektronisch verwarmbare vezels zouden verwerkt kunnen worden in de vulling van een matras. Hierdoor is het mogelijk om net als met een waterbed het bed elektronisch voor te verwarmen. Het grote verschil is dat de vezels naar verwachting veel goedkoper geproduceerd kunnen worden. Hierdoor zullen ook matrassen van goedkopere prijsklassen uitgerust kunnen worden met een verwarming functie.

Ontwikkelingsmogelijkheden	6
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	3
Totaal (max = 20)	9

7.3 Verwarmbare buiten kussens

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Mensen in hun vrije tijd **Waar?** Horeca gelegenheid.

Door kussens in meubilair voor buiten, elektronisch verwarmbaar te maken, kunnen deze kussens de functionaliteit van terrasverwarmers overnemen. Voordeel van deze toepassing met elektronisch verwarmbare vezels is dat de temperatuur van de terrasverwarming veel lager kan zijn. Door de kussens te verwarmen bevinden de gebruikers zich dicht bij de warmte bron en is er al snel voldoende verwarming.

Ontwikkelingsmogelijkheden	6
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	6
Totaal (max = 20)	12

7.4 Verwarmbare drainagebuizen onder autowegen

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Overheid. **Waar?** Het verkeer.

In vochtige gebieden worden onder wegen vaak drainagebuizen aangelegd. Door deze drainage buizen elektronisch verwarmbaar te maken kunnen deze buizen 's winters ijsvorming op het wegdek voorkomen. De stroomvoorziening voor deze toepassing zou wellicht gekoppeld kunnen worden aan

de stroomvoorziening van lantarenpalen langs de weg. Een groot voordeel van een dergelijke toepassing is dat het strooien van zout niet meer nodig zal zijn om de weg begaanbaar te houden.

Ontwikkelingsmogelijkheden	7
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	6
Totaal (max = 20)	13

7.5 Verwarmbare drainagebuizen onder voetbalvelden

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Bedrijven voor bedrijven. **Waar?** Sportieve omgeving.

Professionele voetbalvelden worden vaak gedraineerd. Door deze drainagebuizen elektronisch verwarmbaar te maken kan er in de winter voorkomen worden dat het veld vanwege vorst onbespeelbaar is. Daarbij kan het veld ook op een optimale temperatuur gehouden worden zodat het gras optimaal kan doorgroeien.

Ontwikkelingsmogelijkheden	7
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	7
Totaal (max = 20)	14

7.6 Verwarmbare raamisolatie

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Bedrijven voor bedrijven. **Waar?** Tuinbouw.

Door verwarmbare vezels als isolatiemateriaal in bijvoorbeeld plexiglas te verwerken kunnen deze ramen als actieve verwarming gaan dienen. Een toepassing hiervoor kan bijvoorbeeld gevonden worden in dubbelglas van woonhuizen, maar ook in de glastuinbouw. Afhankelijk van het kleinste mogelijke detailniveau voor verwarmbare vezels, is het misschien zelfs mogelijk om heldere ruimten te maken die toch verwarmd kunnen worden. Daarmee zou deze toepassing ook mogelijk worden in bijvoorbeeld auto ruiten.

Ontwikkelingsmogelijkheden	8
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	7
Totaal (max = 20)	15

7.7 Textiele grond verwarming

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Bedrijven voor bedrijven. **Waar?** Tuinbouw.

In de glastuinbouw is het zeer belangrijk om de gewassen op een juiste temperatuur te houden. Door elektronisch verwarmbare vezelmatten onder de aarde te verwerken kan de kas zeer efficiënt verwarmd worden omdat de verwarming over een zeer groot oppervlak plaats kan vinden en omdat de verwarming bijna direct bij de wortel van het gewas plaatsvindt.

Ontwikkelingsmogelijkheden	6
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	5
Totaal (max = 20)	11

7.8 Door accu verwarmbare elektrische reddingsdeken

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Helden. **Waar?** Levensbedreigende situatie.

Door de vezels in reddingsdekens elektronisch verwarmbaar te maken zullen onderkoelde mensen en/of drenkelingen meer overlevingskansen hebben. Deze deken kan zo ontworpen worden dat hij aangesloten kan worden op de accu van bijvoorbeeld een reddingsboot, ambulance of reddingshelikopter.

Ontwikkelingsmogelijkheden	4
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	4
Totaal (max = 20)	8

7.9 Door accu verwarmbare kinderzitje in de auto

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Baby's. **Waar?** Het verkeer.

Door de vezels in de vulling van een kinderzitje voor in de auto elektronisch te kunnen verwarmen kan het kind een comfortabele reis hebben. De energiebron kan bijvoorbeeld de sigaretten aansteker zijn in de auto.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	3
Totaal (max = 20)	6

7.10 Door accu verwarmbare zitting van sneeuwscooter

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Jongeren. **Waar?** Noordpool.

Door de vezels in de zitting van een sneeuwscooter verwarmbaar te maken zal de gebruiker veel comfortabeler kunnen reizen. De energie voor deze verwarming kan geleverd worden door de accu in de scooter.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	4
Totaal (max = 20)	7

7.11 Verwarmbare vulling van theemuts

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Mensen met honger. **Waar?** Huiselijke omgeving.

Door de vulling van een theemuts actief te kunnen verwarmen zal de theemuts veel langer zijn functie kunnen vervullen.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	3
Totaal (max = 20)	6

7.12 Elektronisch verwarmbare sta-op-stoel

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Ouderen. **Waar?** Huiselijke omgeving.

Door de vezels in de zitting van een sta-op-stoel elektronisch te kunnen verwarmen zal een dergelijke stoel nog meer comfort kunnen bieden. De energie kan op een zelfde manier verkregen worden als de energie die nodig is voor het mechaniek van de stoel.

Ontwikkelingsmogelijkheden	3
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	5
Totaal (max = 20)	8

7.13 Elektronisch verwarmbare fast-food tas

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Mensen met haast. **Waar?** Horeca omgeving.

Maaltijden die bij de McDonalds en dergelijke fast-food ketens worden afgehaald koelen doorgaans erg snel af. Door een tas te ontwikkelen met isolerende en verwarmbare vezels zal een dergelijke maaltijd altijd warm bij zijn bestemming aankomen. Een toepassing die wellicht ook nuttig kan zijn voor bedrijven die hun klanten on-line een maaltijd laten bestellen en deze dan komen bezorgen.

Ontwikkelingsmogelijkheden	4
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	6
Totaal (max = 20)	10

7.14 Elektronisch verwarmbare waterfilter in aquarium

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Hobbyisten. **Waar?** Huiselijke omgeving.

Veel aquaria moeten verwarmd worden. Daarbij is er ook altijd een waterfilter aanwezig om voor de vissen een leefbaar milieu te garanderen. Door de vezels in het waterfilter van een aquarium tevens het water te laten verwarmen kan er wellicht geld en ruimte bespaard worden.

Ontwikkelingsmogelijkheden	7
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	4
Totaal (max = 20)	11

7.15 Elektronisch verwarmbare behang

Bijbehorende associaties:

Wat Elektronisch verwarmbare vezels. **Wie?** Bedrijven voor bedrijven. **Waar?** In de bouw.

Door behang uit te rusten met een isolerende en actief verwarmbare vezel laag, kan een woning of kantoorgebouw efficiënt verwarmd worden. Het voordeel van deze toepassing bestaat vooral daaruit dat de muren die normaal gesproken warmte laten weg lekken, deze warmte nu binnen houden en wanneer gewenst zelfs actief mee kunnen verwarmen. Ook de mogelijkheden voor grootschalige productie zijn gunstig in het geval van behang. Tot slot is het aanbrengen van een dergelijke verwarming veel eenvoudiger dan de reguliere verwarmingsmethoden (radiatoren, vloerverwarming).

Ontwikkelingsmogelijkheden	8
Voordeel t.o.v. niet e-textiel toepassingen	7
Totaal (max = 20)	15