

**Gamification voor Safe by Design (G4SD):  
Ontwikkeling van een HRA-tool voor de conceptuele ontwerpfase  
van Human Avatar-Robot Care Systems**

*Peter Roelofsma en Jop Groeneweg  
Faculteit Technology, Beleid en Management  
Safety and Security Science Section  
TU Delft*

## Gamification voor Safe by Design (G4SD)

### *Samenvatting*

Gamification voor Safe by Design (G4SD) beoogt via gamification fouten, problemen en bottlenecks op een effectievere en efficiëntere manier op te sporen bij toekomstige en bestaande Human Avatar-Robot Care systemen en de discussie voor nieuwe ideeën en oplossingen daarbij te ondersteunen. Het is het eerste onderzoek naar de inzet van gamification in de conceptuele ontwerpfase van systemen en services voor verbetering in de opsporing van bottlenecks, dreigingen en problemen. G4SD wordt ingezet voor foutenanalyse in de conceptuele ontwerpfase van processen en taken om de veiligheid daarvan beter te waarborgen. De nadruk daarbij is om systemen zo te ontwerpen of te herontwerpen dat ze effectief (en dus veilig), efficiënt en plezierig in het gebruik zijn. Het project beoogt de ontwikkeling van een tool vanuit het domein van de gezondheidszorg dat ook geschikt is voor evaluatie van operationele systemen in andere domeinen. Het raamwerk is ontwikkeld via een gap- en behoeftanalyse bij drie gezondheidszorgorganisaties naar aanleiding van ervaringen met human avatar-robot zorgsystemen, e-health systemen en andere innovatieve zorgprocessen en zorgservices. G4SD bestaat uit een groep sessie van maximaal 2 uur. Hierin komen alle betrokken partijen van een toekomstig of bestaand systeem bij elkaar. Dit zijn de IT-ers, eindgebruikers, zorgexperts en managers. Deze deelnemers hebben gegeven hun achtergrond meestal weinig ervaring in het participeren in risico-evaluatiesessies, echter hun kennis is onontbeerlijk voor het proces en door middel van gamification beogen wij dat kennisextractieproces te faciliteren en te versnellen. Dit geldt zowel voor de deelnemers als de discussieleider. De groep bestaat uit 8-12 deelnemers en een discussieleider. Via gamification worden de risico's, hazards, dreigingen, en ideeën voor oplossingen in kaart gebracht en bediscussieerd. De output is een lijst met aanbevelingen om de risico's te kunnen verminderen. G4SD is een generiek raamwerk voor de evaluatie van mens machine interactie en kan naast de zorg toegepast worden in andere domeinen. Het gaat daarbij om situaties waar via groepsdiscussie bottlenecks, dreigingen en problemen moeten worden opgespoord, bijvoorbeeld in de petrochemie, luchtvaart en transport sector.

## 1. Introductie

Het doel van dit rapport is om:

- (1) in te gaan op de vraag in hoeverre gamification kan bijdragen in de conceptuele ontwerpfase van een nieuw proces of een nieuwe service van Human Avatar-Robot Care systemen om de veiligheid daarvan beter te waarborgen;
- (2) een raamwerk op te stellen voor een te ontwikkelen gamification tool;
- (3) deze tool zo te ontwerpen dat deze toegepast kan worden voor de evaluatie van mens machine systemen in verschillende domeinen. In het bijzonder gaat het om situaties waar via een groepsdiscussie bottlenecks, dreigingen en problemen moeten worden opgespoord. Voorbeelden zijn: de zorg, de petrochemie, de lucht- en scheepvaart en het leger;

In onderstaande secties wordt deze doelstelling verder uitgewerkt.

In sectie 2 worden de volgende vragen behandeld: 'Wanneer spreekt men van gamification?' en 'Wat is het verschil met 'simulation en gaming' en met 'serious games?'. De sectie beschrijft ook een aantal belangrijke ontwikkelingen in het huidige gamification onderzoeksveld. De sectie eindigt met een beschrijving van het domein van waaruit de beoogde G4SD raamwerk wordt ontwikkeld.

Sectie 3 gaat in op de behoefte bij de eindgebruikersorganisaties. Deze sectie beschrijft het resultaat van een gapanalyse over de feitelijke en gewenste situatie bij drie zorgorganisaties. Aan de hand daarvan zal de focus worden bepaald voor de behoefte aan gamification waaraan de te ontwikkelen G4SD tool zal moeten voldoen.

Sectie 4 beantwoordt de vraag: Wat is het beste algemene raamwerk van waaruit een gamification tool zou moeten worden ontwikkeld? In deze sectie worden de twee belangrijkste frameworks voor gamification behandeld en een keuze daaruit gemaakt.

Sectie 5 beschrijft verdere specificaties van het raamwerk voor de te ontwikkelen G4SD tool. De sectie beschrijft recente voorbeelden van het gebruik van gamification in de conceptuele ontwerp fase. Aan de hand daarvan wordt een selectie gemaakt voor de te ontwikkelen tool. De sectie eindigt met een korte beschrijving van het generieke karakter van G4SD met eerste stappen voor toepassing naar andere domeinen.

Sectie 6 Beschrijft de conclusies en aanbevelingen voor de te nemen vervolgstappen naar aanleiding van dit project voor gamification voor Safe by Design van Human Avatar-Robot Care systemen.

Het rapport is geschreven in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.

## 2. Wat is Gamification?

Men spreekt van gamification als spelelementen worden toegevoegd in dagelijkse taken of werkprocessen (Stieglitz et al, 2017). Hierdoor vinden keuzeveranderingen plaats in menselijk gedrag in de interactie met systemen en services. Een bekend voorbeeld van hoe het toevoegen van een spelelement leidt tot een gedragsverandering in systemen is de keuze van het gebruik van trap versus de roltrap in het Muziekhuis van Wenen. De trap en de lift in de hal van dit Muziekhuis staan daar vlak naast elkaar. De meerderheid van de mensen gebruikte aanvankelijk steeds de roltrap en zelden de trap. Om beweging te stimuleren werden de

treden van de trap via een spelelement omgebouwd tot de toetsen van een verticale piano. Hierna vond een voorkeursverandering plaats in het gebruik van trap en roltrap. De meesten mensen gebruikten na de ombouw de trap in plaats van de roltrap.

De theoretische onderbouwing hierachter is dat door het toevoegen van het spelelement in dagelijkse taken er relatief meer nieuwsgierigheid en plezier ontstaat. Daardoor ontstaat meer betrokkenheid bij de taakuitvoering. Gamificaton is een vorm van positieve psychologie. Mihaly Csikszentmihalyi beschrijft dit in zijn boek 'Flow, the Psychology of Optimal Experience' als volgt: Het gras maaien of wachten in het kantoor van een tandarts kan leuk worden, mits men de activiteit herstructureert, door doelen, regels en andere elementen van plezier aan te bieden die in games worden gevonden (Csikszentmihalyi, 1990).

Het gebruik van simulatie en gaming en de toepassing van serious games heeft een lange traditie in systeem ontwikkeling. Een veel gestelde vraag is: wat is het verschil hierbij met gamification? Het verschil tussen gamification en simulation, gaming en serious games bestaat hierin dat gamification uiteindelijk geen spel op zich is. Bij gamification staat de concrete dagelijkse en *real-life* taakuitvoering steeds centraal, of het nu om trap lopen of om de uitvoering van bijvoorbeeld medische of andere taken gaat. Dat is niet het geval bij serious games en simulation en gaming. Daar staat het spelelement en/of de simulatie van taken en processen veel centraler (Stieglitz et al, 2017).

## **2.1 Onderzoeksdomeinen van gamification**

### **2.1.1. Onderzoeksdomeinen voor Gamification research**

Onderzoek naar gamification is de laatste jaren sterk toegenomen en bestrijkt inmiddels een groot aantal onderwerpen en domeinen, waaronder: veiligheid in de zorg (Penfold, 2015, Backhouse & Malik, 2019; Ventura et al, 2018), veiligheid in de luchtvaart (Chittaro, 2018) en veiligheid in het verkeer (Deinevo, 2019) en communicatie (Chung & Hsieh, 2018). Een recente ontwikkeling is de zogenaamde smart gamification die zich richt op de toepassing van data-analyse benaderingen en onderzoek naar menselijke gedragsanalyse in spel-gebaseerde leeromgevingen om slim leren aan te bieden (Tlili, & Chang, 2019).

### **2.1.2. Gamification focus in dit project**

In dit project wordt vanuit het domein van de gezondheidszorg de vraag onderzocht in hoeverre gamification in de conceptuele ontwerpfase van een nieuw proces of service kan zorgen voor een optimaal veilig gebruik van dit proces of deze service. Het gaat daarbij in dit project uiteindelijk om de veiligheid van de gebruiker (patiënt of cliënt). De bredere context van het project is het ontwikkelen van veilige ontwerptools voor een toekomstige e-health applicaties voor menselijke avatar en robot-interactie. Drie zorgorganisaties zijn hiervoor benaderd en hebben hun medewerking verleend: AMSTA, ELEOS en Elliag.

## **3. Waar ligt de behoefte aan gamification voor Safe by Design bij de zorgorganisaties?**

De organisaties hebben nauwelijks interne documentatie en procedures over hoe nieuwe zorg en e-health systemen ontwikkeld, geïmplementeerd en geëvalueerd moeten worden met het oog op patiëntveiligheid. Daarom zijn er interviews gehouden met de innovatiemanagers van de betrokken organisaties. Hierin is een gap -en behoefteanalyse gedaan via vragen over de feitelijke en gewenste situatie over het gebruik van innovatieve zorgsystemen in de afgelopen 10 jaar. Uit deze interviews kwam een algemeen probleem naar voren, dat bij de drie zorgorganisaties speelt en dat ook bij andere zorgorganisaties is waargenomen (Ferring et al, 2012; Roelofsma, et al, 2012). Het blijkt dat nieuwe ICT-zorgsystemen met regelmaat niet efficiënt of niet effectief gebruikt worden. Zij raken in onbruik of worden na aanschaf niet gebruikt. Dat gaat bijvoorbeeld op voor een systeem voor het aftekenen van medicatie bij ouderen in verpleeghuis, een systeem dat dementie ondersteunt in verpleeghuizen, en andere systemen die zorgprocessen ondersteunen, o.a. lifestyle change voor obesitas, eenzaamheid en hart- en vaatklachten bij ouderen.

Het blijkt niet eenvoudig om te achterhalen wat de redenen daarvoor precies zijn en die zijn dan ook nog steeds niet duidelijk. Bij verschillende systemen geven de gebruikers aan dat er structurele systeemfouten zouden optreden, maar de meldingen daarover worden niet verder onderzocht. Er wordt dus ook geen lering getrokken uit de gebeurtenissen. Personeel geeft daarnaast ook aan angst te hebben dat het management de systemen eigenlijk wil doorvoeren om hun werk over te gaan nemen. Vanuit het management wordt dit echter ontkent. Er is behoefte aan meer duidelijkheid binnen de organisatie.

### **3.1. Wensen van de zorgorganisatie**

De wens van de organisatie is meer gezamenlijke discussie te bereiken over het gebruik en de invoering van huidige en toekomstige e-health systemen. Er is tot nu toe echter weinig motivatie bij het betrokken personeel en de betrokken afdelingen gebleken om discussiesessies te organiseren. Voor zover die zijn gehouden, zijn de achterliggende problemen niet voldoende boven tafel gekomen. De verschillende betrokken partijen (eindgebruikers, zorgprofessionals, IT en onderhoudspersoneel, de ontwikkelaars en de managers) komen in veel gevallen überhaupt niet gezamenlijk bij elkaar om het integraal toekomstig en huidig gebruik van het systeem en de mogelijke problemen te bespreken. Er blijken ook onvoldoende middelen om dit te achterhalen.

De evaluatie van mogelijke kritische gebeurtenissen voor veiligheid, de aanleidingen en de risico's daarbij blijven daardoor niet of onvoldoende bekend. Potentiële problemen en bottlenecks worden niet geïdentificeerd. Dit leidt in feite tot een situatie met onacceptabele structurele risico voor veiligheid van de patiënten voor deze organisaties. Beslissingen over ontwikkeling en implementatie van systemen worden in het algemeen genomen door het bestuur van de organisatie en dan vaak alleen na overleg met afdeling marketing en inkoop.

### **3.2 De toekomst**

De gewenste situatie die de zorgorganisaties aangeven te willen bereiken is dat er gezamenlijke discussie en evaluatie komt over nieuwe en bestaande systemen met alle betrokken partijen om de tafel. Het doel hiervan is: meer efficiëntie, effectiviteit en veiligheid van systemen en services voor cliënten en patiënten. De verandering die beoogd wordt, is om naar een open groepsgespreksvorm te komen waar gezamenlijk over de potentiële bottlenecks, problemen en fouten van de systemen kan worden gesproken.

Met de organisaties is besproken in hoeverre gamification hierbij een oplossing zou kunnen zijn als middel om betrokkenheid en motivatie te kunnen genereren bij de groepdiscussie en om via deze weg kritische gebeurtenissen, de bottlenecks en de consequenties gezamenlijk te identificeren en te bespreken.

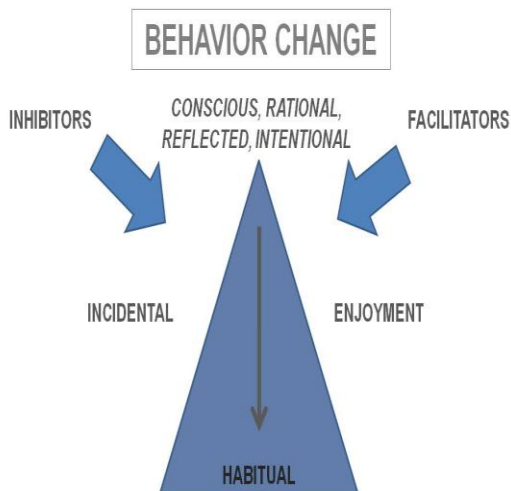
Het voorstel van gamification van de integrale gezamenlijke discussie via een groepsspel wordt door de zorgorganisaties als een oplossing gezien die in de behoefte kan voorzien voor meer en betere evaluatie van de patiëntveiligheid van huidige en toekomstige systemen in de design fase. Dit is in lijn met de arbeid hygiënische strategie van de overheidswet, die voorschrijft dat organisaties risico's allereerst aan de bron moeten proberen te bestrijden. Hoewel dit in eerste instantie bedoeld is voor de werknemers ligt het voor de hand om ook voor patiënten risico's bij de bron te identificeren.

In overleg met de innovatiemanagers van de betrokken organisaties is besloten verder te onderzoeken in hoeverre gamification in de vroege ontwerpfase van de systeemontwikkeling voor zorgservices en -taken op deze wijze kan bijdragen aan de patiëntveiligheid en hierbij te beginnen met het opstellen van een raamwerk hiervoor.

Een belangrijke randvoorwaarde die uit de gap- en behoefteanalyse naar voren komt, is dat de organisaties hebben aangegeven dat de tijdsduur van een dergelijke sessie niet langer dan 120 minuten kan zijn.

#### 4. Twee benaderingen voor Gamification

Er zijn twee benaderingen in het gebruik van gamification. Een veel gebruikte methode om taken beloningen, punten, en elementen van spelcompetities uit game design toe te voegen aan bestaande taken die door de gebruikers moeten worden uitgevoerd. Deze benadering heeft de kritiek gekregen dat door het spelelement bij de taken te verplichten, de behoefte aan vrijheid en autonomie juist wordt weggehaald. (Deterding, 2014a; 2014b). Een alternatief raamwerk is de zogenaamde gamification vanuit 'Eudaimonic Design' waarbij gamification in systeemontwerp een integraal onderdeel is om het welbevinden van de persoon te maximaliseren (Deterding, 2014a, 2014b). Deze benadering van gamification sluit aan bij de heersende theorie over intrinsieke en extrinsieke motivatie en gedragsverandering (e.g. Deci, Koestner, & Ryan, 1999; Deci & Richard, 2012; Muursaiskangas, 2012; Ritterfeld et al, 2010).



Figuur 1. Gamification raamwerk met drie niveau's van gedragsverandering

Figuur 1 beschrijft drie geleidelijke niveaus van gedragsverandering: van de bewuste, rationele, gereflecteerde en intentionele verandering. Dit is weergegeven in de top van de piramide in de figuur die overgaat naar incidentele verandering en uiteindelijk naar de structurele verandering van gedrag door gewoonte vorming.

De gedragsverandering wordt negatief beïnvloed door zogenaamde inhibitors, die de gedragsverandering moeilijk maken, of facilitators die dit versnellen. Een inhibitor is bijvoorbeeld een bedrijfscultuur waar niet makkelijk over fouten wordt gesproken met schuld, schaamte en imagomanagement. Dit kan een open en vrije discussie belemmeren. Het groepsgesprek kan dan ervaren worden als een bedreiging bijvoorbeeld voor een persoonlijke carrière of voor de onderlinge verbondenheid. Het gevolg kan zijn dat tijdens gesprekken de echte problemen niet boven tafel komen. Ook kunnen groepsgesprekken worden vermeden. Een groepsgesprek met personen van verschillende achtergronden kan bijvoorbeeld ook als stressvol worden ervaren ook door de complexiteit van de thematiek, de tijdsdruk en de emoties die bij de evaluatie van systemen kunnen gaan opspelen.

Gamification is een voorbeeld van een facilitator om plezier en nieuwsgierigheid te verkrijgen om over bepaalde zaken gezamenlijk te praten. Gamification kan vrijheid, verbondenheid en autonomie creëren. Dit zijn redenen om gamification in te zetten bij dergelijke sessies. De te hanteren gamification-methode moet ervoor zorgen dat men niet alleen eenmalig of incidenteel kiest voor een dergelijke groepsgesprek. Het moet zo zijn dat het een geaccepteerde standaard methode wordt die gebruikers steeds willen uitvoeren bij elk nieuw in te voeren systeem.

Het algemene raamwerk 'Eudaimonic Design' zal worden gebruikt in dit project. Het is belangrijk dat de deelnemers positieve betrokkenheid voelen tijdens de groepsdiscussie (Deterding et al. 2011, Deterding, 2011, 2012a, 2012b, 2013, 2014a, 2014, 2015). Daarvoor is het juiste motivatieniveau nodig. Hierdoor zal interactie tussen de deelnemers met verschillende achtergronden makkelijker plaatsvinden. Plezier bevordert dit en positieve emoties faciliteren dit. Spel is daarbij een 'fun-generator' die helpt nieuwe inzichten te genereren en nieuwe mogelijkheden te vinden (Deterding, 2014; Ritterfeld 2010; Muursakais, 2012).

## **5. Gamification in de systeem ontwerpfase**

Er zijn een paar studies die het gebruik van gamification in de ontwerpfase van een systeem beschrijven maar die zijn niet specifiek gericht op de ontwikkeling van ICT-zorgsystemen en niet gericht op veiligheid. Tan (2018), ontwikkelde de 'Play the City' methode als gamification-methode in de ontwerpfase van steden. De 'Play the City' gamification tool werpt licht op specifieke toepassingen van stadspelen in verschillende fasen van stedelijke planvorming. Tan (Tan, 2018) observeerde dat stadspelen stedelijke ontwikkelaars kunnen informeren door de verschillende stakeholders te veranderen in spelers die hun stedelijke omgeving actief beïnvloeden. In de 'Play the City' methode wordt gezamenlijk een bordspel gespeeld met architecten, planners, bewoners en iedereen die gebruikt maakt van een specifieke leefomgeving. De city-gaming methode is toegepast voor stadsontwikkeling in Shenzhen, Kaapstad, Amsterdam, Almere en Istanboel. Fince (2018) ontwikkelde een soortgelijk idee met de LEGO Serious play Methodology voor het ontwerp van huizen en gebouwen.

Duan (2019) maakt net als Tan (2018) gebruik van een groepsspel-scenario maar richtte zich daarbij specifiek op het digitale gebruik van gamification van de groepsdiscussie, inclusief het structureren van die discussie. De discussie begint met via spelelementen het probleem te herdefiniëren. Daarna is het doel om van via spelelementen divergerende ideeën en oplossingen aan te dragen en vervolgens te convergeren naar een gezamenlijke eindconclusie. Deze stapsgewijze overgang van divergeren naar convergeren wordt ook wel het 'Diamond Framework' genoemd.

### **5.1. Toepassing voor Safe by Design in de zorg**

Het pionierswerk van Tan en Duan is niet gericht op de aspecten van veiligheid van de processen en taken. Bovenstaande studies waren ook niet gericht op het ontwerp van zorgsystemen. In dit project worden de elementen daarvan toegepast voor de ontwikkeling van een gamification tool voor safe by design van e-health zorgsystemen zoals human avatar-robot zorgsystemen. Dit is de eerste studie naar het gebruik van gamification specifiek gericht op Safe by Design in de ontwerpfase van systemen en services.

Om gamification voor veiligheid verder te onderzoeken, werden in voor het project gericht op e-health zorgsystemen de succesvolle elementen van Tan (2018), Fince (2018) en Duan (2019) geselecteerd. Deze zijn toegepast in een groepsdiscussie via een gezamenlijke walkthrough. Deze was gericht op het gezamenlijk vinden van zoveel mogelijk bottlenecks, fouten en problemen van toekomstige en huidige zorgsystemen. Hierbij zijn de verschillende fasen van het systeemontwerp doorlopen. Hierbij zijn de problemen gedefinieerd en vonden de bottleneck-identificatie en impact assessment plaats.

Duan (2019) verrichtte vervolgens een pilot. Uit de resultaten van deze pilot bleek dat de structurering van de groepsdiscussie van succesvol was. Maar de digitale gamification van Duan werkte niet goed uit op verschillende punten en was bovendien erg kostbaar. Daarom is voor het G4SD t raamwerk gekozen om de structurering van de groepsdiscussie in twee stadia op te splitsen. In het eerste stadium werd gewerkt met een bordspel gamificatie. Dit werkte goed zoals in het onderzoek van Tan bleek (Tan,2018) en dit verdient daarom de voorkeur om mee te starten.

Voor de human error kwantificatie zijn digitale aspecten uiteindelijk wel van belang. Dit komt in stadium 2 van het G4SD raamwerk aan de orde. Daarvoor kan digitale gamification en/of door smart gamification error kwantificatie worden toegepast.

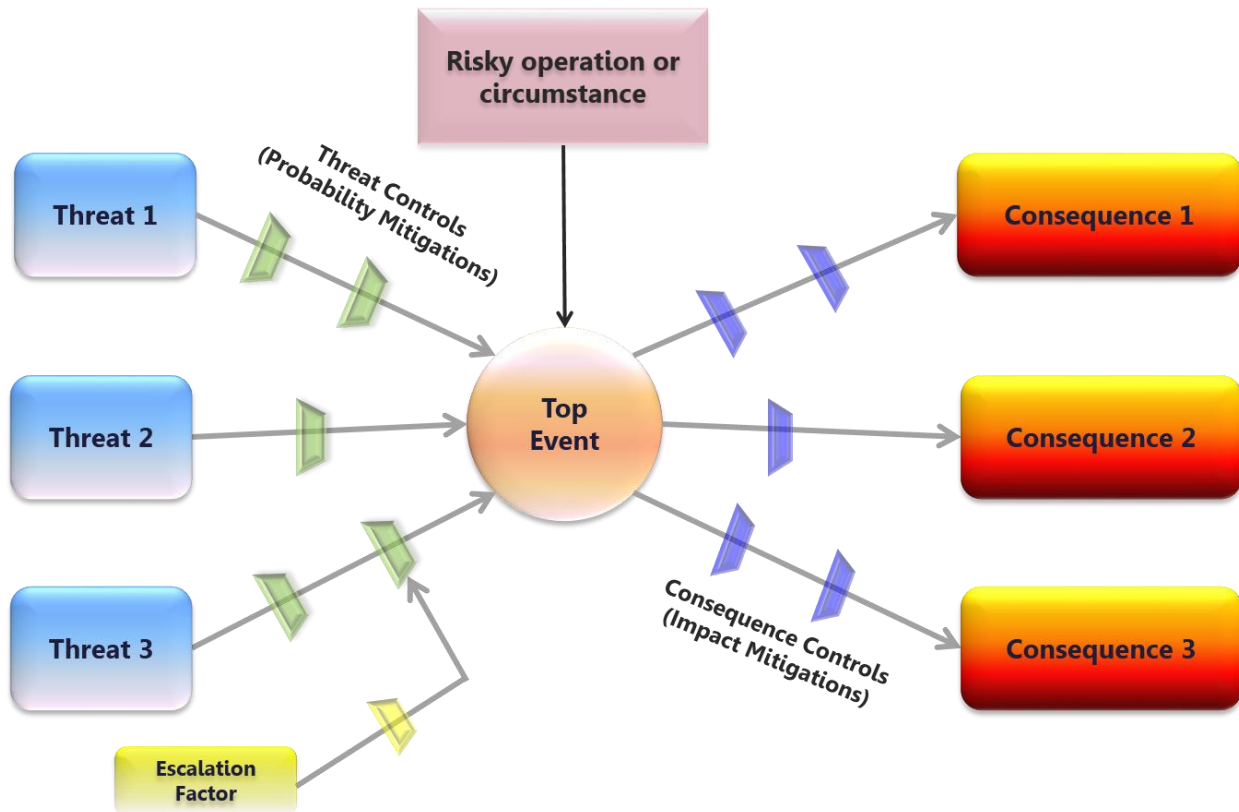
De spelelementen van Tan (2018) en Duan (2019) werden ingevoerd in een standaard Human Reliability Assessment (HRA) groepsdiscussie methode. Het voeren van een discussie via een system walkthrough is een belangrijk onderdeel van bestaande Human Reliability technieken zoals HAZOP (Kletz, 2006), FEEEM (Rensink et al) of de BowTie methode (Li, 2019). Gezien de gangbaarheid van de BowTie methode (Li, 2019) wordt deze methode in dit project gebruikt om daarmee ontbrekende delen daarvan te gamificeren. De nieuwe events en consequenties worden vervolgens toegevoegd aan de BowTie tree.

### **5.2. De BowTie methode voor risicoanalyse: Petrochemie, zorg en andere domeinen.**

De BowTie-methode (zie: Figuur 2) is een risicoanalyse methode waarmee een beeld kan worden verkregen van de risico's van een systeem die bij gebruik in een organisatie naar voren kunnen komen of die reeds aanwezig zijn. Daarnaast wordt een beeld gegeven van de preventieve en beschermingsmaatregelen die hierop (kunnen) worden ingezet. Risico's, bedreigingen, preventieve en beschermingsmaatregelen zijn in één model verenigd. De BowTie methode is ontwikkeld in de Petrochemie en wordt inmiddels ook in de zorg en andere domeinen gebruikt.

Centraal in de BowTie staat de ongewenste gebeurtenis. Links in Figuur 2 staan de oorzaken en rechts de gevolgen van de ongewenste gebeurtenis. Beheersmaatregelen toont de BowTie methode in de vorm van barrières. De BowTie methode vereist evenwel dat de ongewenste gebeurtenis bekend is. Het probleem bij de huidige zorgorganisaties is, zoals reeds eerder vermeld, dat ongewenste gebeurtenissen niet bekend zijn, en dus de risico's en bedreigingen ook niet. De gamification van de groepsdiscussie richt zich er op om in het te ontwikkelen BowTie spel via een walkthrough deze informatie zoveel mogelijk naar boven te krijgen. Gezien de gangbaarheid van de BowTie methode wordt in dit project voor deze benadering gekozen. De keus van de BowTie methode voor het G4SD design maakt het raamwerk inzetbaar voor de petrochemie en andere domeinen bijvoorbeeld de transport. Het G4SD raamwerk kan echter ook aangepast worden voor domeinen waar een groepsdiscussie met een andere veiligheidsanalyse methode gewerkt wordt. Bijvoorbeeld groepsdiscussies waar via een gezamenlijke systeem walkthrough gebruikt wordt voor de analyse van menselijke betrouwbaarheid en veiligheid in de ontwerpfase van mens machine systemen.





Figuur 2. De BowTie Methode voor Risicoanalyse

### 5.3. Het G4SD BowTie bordspel

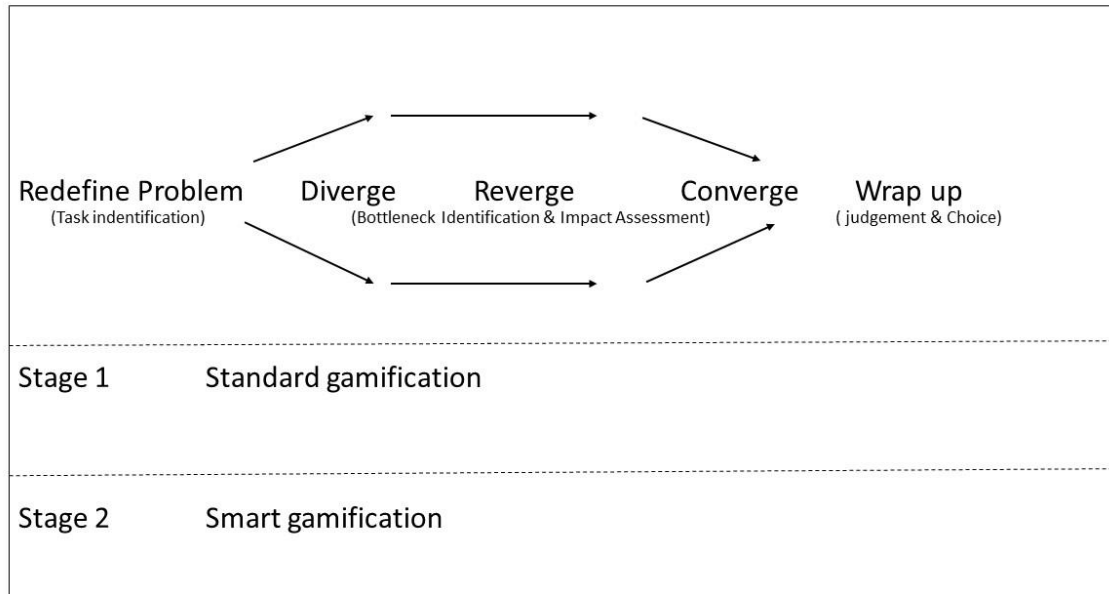
In een groepssessie van maximaal 2 uur komen alle betrokken partijen van een toekomstig of bestaand systeem bij elkaar o.l.v. de discussieleider. De groep bestaat uit: 2 ICT-ers ontwikkelaars, 2 eindgebruikers, 2 zorgexperts, 2 IT onderhoudspersoneelsleden en 2 managers. Het spel verdeelt de tweetallen in twee groepen. De twee groepen plaatsen zich rondom het BowTie bordspel op de tafel. Het doel van het spel is om via gamification individueel en met de teamleden zoveel mogelijk risico's, hazards, bottlenecks, en oplossingen te vinden en daarover uiteindelijk zoveel mogelijk overeenstemming te vinden. Hiervoor kunnen diverse tokens verkregen worden die door het spelverloop en via de gamemaster worden uitgereikt. Aan de hand van spelkaarten doorlopen de deelnemers onder leiding van de discussieleider de verschillende fasen in het spel. Speltechnieken die daarbij gebruikt worden zijn: Individueel versus Team match, Take turns in leading, Gezamenlijk spel, 5W1H, Spontaneous clustering en Scamper (Duan, 2019; Tan, 2018). Na afloop van het spel wordt een verslag geschreven door de discussieleider met het spelverslag en de aanbevelingen voor het systeemontwerp. In een aparte documentatie is het BowTie spel verder toegelicht en uitgewerkt (Roelofsma & Groeneweg, 2019).

Het G4SD raamwerk is dus een integratie van het 'Diamond Framework', standard en smart gamification en de Bowtie risicoanalyse methode. Binnen het raamwerk wordt gewerkt met de principes van Eudaimonic Design (zie: Figuur 3).

### 5.4. Vervolgstappen G4SD met de zorgorganisaties

Met de zorgorganisaties is de intentie besproken om na het onderhavige project een tweede fase te initiëren. Deze fase heeft als doel om het G4SD BowTie spel te maken en te testen in samenwerking met andere organisaties. Het uiteindelijke doel is om dit tot een gestandaardiseerd instrument te maken dat de innovatiemanager van zorgorganisaties kan inzetten om nieuwe en bestaande mens avatar-robot zorg

systemen en andere e-health systemen te evalueren. Dit spel zou niet alleen incidenteel moeten worden



**Figuur 3** Het G4SD raamwerk

gespeeld maar een gewoonte moeten worden c.q. een standaard veiligheidsprocedure moeten worden in de organisaties die toekomstige systemen ontwikkelen.

### 5.5. Generalisatie en vervolgstappen G4SD voor toepasbaarheid in andere domeinen.

Het G4SD raamwerk is ontwikkeld vanuit de gezondheidszorg en integreert de BowTie methode die ontwikkeld is vanuit de petrochemie en die, zoals hierboven vermeld, ook in andere domeinen wordt gebruikt. Het G4SD raamwerk beoogt daarmee generiek te zijn voor alle domeinen waar via een HRA groepsgebesprek bottlenecks, fouten en problemen worden opgespoord. In dit project is daartoe overleg gepleegd met andere onderzoeksgroepen binnen de luchtvaart en de chemische industrie die ook deelnemen in het Safe by Design programma van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Safe by Design heeft binnen deze domeinen reeds een centrale focus. Gamification wordt in deze domeinen echter nog niet ingezet in de ontwerpfasen van systemen en services (zie: e.g. Feith, 2019; Tsalidis et al). Inzet is om te verkennen hoe het G4SD raamwerk is in te passen in de conceptuele ontwerpfasen van systemen en services ook in deze domeinen. Voor de chemische industrie betreft dit de ontwikkeling van gamification en serious gaming voor het leren van veiligheid. Voor de luchtvaart industrie betreft het de inzet van G4SD in de vroege ontwerpfasen om de risico's te identificeren van risico's m.b.t. veiligheid voor de sociaal civiele omgeving. De verwachting is dat G4SD hier vruchtbaar zal zijn voor het opsporen van bottlenecks en risico topevents (zie: Feith, 2019). Zowel in het Framework van Feith (2019) als dat van Tsalidis et al. (2019) zit een fase waarin een groepsdiscussie plaatsvindt voor identificatie van risico's voor omgevingsveiligheid. Bij Feith (2019) is dat in de tweede fase van het framework in de systeem ontwerp fase (zie, Feith 2019). Bij Tsalidis (2019) is dit in laatste fase van het framework in de *assessment of environment impact indicators* (zie: Tsalidis, 2019). Hier zou het G4SD ingezet kunnen worden.

Een wetenschappelijke Engelstalige publicatie over gamification in de systeem ontwerpfasen voor de Safe by Design van mens- avatar en robot interactie is in ontwikkeling en zal voor geïnteresseerden in de toekomst beschikbaar zijn via open access (Roelofsma & Groeneweg, to be published).

Bijlage 1 geeft een indicatie voor de vaardigheden, kosten en doorlooptijd die nodig zijn om het spel voor een ander domein te ontwikkelen en ook voor de situatie waarbij een universeel game als basis kan dienen (zie: Bijlage 1).

## **6. Conclusies en aanbevelingen**

Gamification is een veel belovend concept om deelnemers aan sessies waarin de risico's van de samenwerking tussen mens en robots of avatars op een effectievere en efficiëntere manier te laten verlopen. Op dit moment is er nauwelijks kennis over hoe deze risico's en hoe die te beheersen. Door de sterke en onafwendbare opkomst van avatars en e-health applicaties in de zorg is het noodzakelijk om zo efficiënt en effectief mogelijk de risico's van dit nieuwe veld in kaart te brengen.

Door deelnemers individueel en als groep te belonen voor het identificeren van relevante informatie wordt de zoektocht naar relevante factoren die invloed hebben op het risico gestimuleerd. Hierdoor wordt een proces dat door organisaties als 'moeizaam' wordt ervaren voor deelnemers aantrekkelijker. De deelnemers hebben, gegeven hun achtergrond, meestal weinig ervaring in het participeren in risico-evaluatiesessies. Hun kennis is echter onontbeerlijk hiervoor. Door middel van gamification beogen wij dat kennisextractieproces zowel voor de deelnemers als de groepsleiders te faciliteren en te versnellen.

Hierdoor worden meer factoren die aan de risico's bijdragen al in de designfase geïdentificeerd waardoor er meer mogelijkheden worden aangereikt om de risico's in een vroeg stadium te minimaliseren.. Daarnaast stelt de nieuwe aanpak organisaties in staat om ten eerste sneller een risico-inventarisatie uit te voeren en ten tweede de risico's beter te beheersen. De aanpak leent zich bij uitstek voor het technologisch domein wanneer groepsdiscussies moeten gaan vinden tussen personen met verschillende achtergronden om risico's van toekomstige en bestaande systemen te achterhalen en oplossingen daarvoor te vinden.

De volgende stap is het ontwikkelen van een raamwerk voor een concrete 'gamification toolbox' waarin de aanpak geformaliseerd wordt. Daarna moet het raamwerk in de praktijk getoetst worden om de omvang en de aard van de verbetering van dit innovatieve risico-inventarisatieproces te kwantificeren en te beschrijven. Op basis van de literatuur is de verwachting dat gamification zowel een kwantitatief als een kwalitatief meetbaar effect zal hebben op de identificatie van risico's. De hypothese daarbij is dat er niet alleen meer maar ook andere type risico's zullen worden geïdentificeerd via de gamification. Om deze hypothese empirisch te onderzoeken is experimenteel vervolgonderzoek nodig.

Op basis van dat vervolgonderzoek kan het raamwerk voor de 'gamification toolbox' verder worden ontwikkeld, zodat deze in een reeks van domeinen kan worden gebruikt om de kwaliteit van risico-inventarisaties te verhogen de veiligheid en welzijn van medewerkers, patiënten, cliënten en andere systeemgebruikers verder te verhogen.

## Bijlage I

Indicatie voor vaardigheden, integrale kosten en doorlooptijd voor een universeel game en voor contextualisatie naar een specifiek domein, door ontwikkelen raamwerk en formalisering gamification tool box GS4D.

<i>Onderdeel</i>	<i>Vaardigheden</i>	<i>Doorlooptijd</i>	<i>Integrale Kosten (k€)</i>
1a. Universeel game ontwikkeling Standard GS4D Board Game	Senior Researcher Hoogleraar	6 maanden 6 dagen	152.0 10.8
1b. Extra ontwikkeltijd voor specifiek domein Standard GS4D Board Game op basis van het universeel game	Senior Researcher Hoogleraar	3 maanden 3 dagen	76.0 5.4
1c. Validatie experimenteel onderzoek voor een GS4D Board Game	Senior Researcher Hoogleraar	4 maanden 4 dagen	102.0 7.2
1d. Proefpersoon, begeleiding, en materiaal kosten per experiment Standard G4SD			25.0
2a. Ontwikkeling Universeel Digitalised G4SD game	Senior Researcher Hoogleraar	12 maanden 12 dagen	304.0 21.6
2b. Validatie Digitalised G4SD voor een G4SD Digitalized game	Senior Researcher Hoogleraar	6 maanden 6 dagen	152.0 10.8
2c. Proefpersoon, materiaal kosten per experiment Digitalized G4SD Game			50.0
2d. Extra ontwikkeltijd voor specifiek domein Standard GS4D Board Game op basis van het universeel digitalized game	Senior Researcher Hoogleraar	6 maanden 6 dagen	152.0 10.8
			<b>Totaalkosten: 1.079,6k€</b>

## References

- Backhouse, A. & Malik, M. (2019). Escape into Patient Safety: Bringing Human Factors to Life for Medical Students. *BMJ, Open Quality*, 8, 1, 1-4.
- Buikstra, B.J. (2015). Gamifying Online Marketplaces to Overcome Supply and Demand Imbalances. Delft: Systems Engineering, Policy Analysis & Management. TU Delft.
- Catton, J. Shaikhi, R. Fowler, M. & Fraser, R. (2018). Designing and Developing an Effective Safety Program for a Student Project Team. *Safety*, 4, 21.
- Ching, H. & Hsieh, L. (2018). Application of Gamification to Website Design for the Improvement of Effective Communication. *Human-Computer Interaction in Context. Lecture Notes in Computer Science*, 10902, 447-459.
- Chittaro, L. & Buttussi, F. (2017). Exploring the Use of Arcade Game Elements for Attitude Change: Two Studies in the Aviation Safety Domain. *International Journal of Human-Computer Studies*, 127, 112-123.
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. New York: Harper and Row.
- Deci, E. L. & Richard M. R. (2012). Motivation, Personality, and Development within Embedded Social Contexts: An Overview of Self-Determination Theory. In: Ryan, R.M. (ed). *The Oxford Handbook of Human Motivation*. New York: Oxford University Press.
- Deci, E.L., Koestner, R. & Ryan, R.M. (1999). A Meta-Analytic Review of Experiments Examining the Effects of Extrinsic Rewards on Intrinsic Motivation. *Psychological Bulletin* 125(6): 627-668.
- Desai Dholakiya, N., Ferjencik, M. Schofield, D. & Kubik (2018). Virtual Learning for Safety, Why not a Smartphone? *Process Safety Progress*, 38, 2, 1-8.
- Deineva, G. Di Lena, P. Mirri, S. Prandi, C. & Salomoni, P. (2019). On Combining Big Data and Machine Learning to Support Eco-Driving Behaviours. *Journal of Big Data*, 6, 64-79.
- Deterding, S.(2011). Situated Motivational Affordances of Game Elements: A Conceptual Model. <http://gamification-research.org/chiz011/papers>.
- Deterding, S.(2012a). Persuasive Design. In: Wiedemann, C. & Zehle, S. (eds). *Depletion Design: A Glossary of Network Ecologies*. Amsterdam: Institute of Network Cultures.
- Deterding, S. (2012b). Ruling the World: When Life Gets Games. <http://codingconduct.cc/Ruling-the-World>.
- Deterding, S. (2013). *Modes of Play: A Frame Analytic Account of Video Gaming*. Hamburg: Hamburg University Press.
- Deterding, S. (2014a). Eudaimonic Design, or: Six Invitations to rethink Gamification. In: Fuchs, M., Fizek, S., Ruffino, P. & Schrape, N. (eds). *Rethinking Gamification*. Meson press.
- Deterding, Sebastian (2014b) The Lens of Intrinsic Skill Atoms: A Method for Gameful Design. In: Fuchs, M., Fizek, S., Ruffino, P. & Schrape, N. (eds). *Rethinking Gamification*. Meson press

- Deterding, S. (2015). The Ambiguity of Games: Imaginaries, Histories, and Discourses of a Gameful World." In: Walz, S.P. & Deterding, S. (eds). *The Gameful World: Approaches, Issues, Applications*. Cambridge, MA, London: MIT Press.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. & Nacke, L.E. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining 'Gamification'. " In: *MindTrek '11 Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15. New York: ACM Press.
- Duan, Z. (2019). *Gamified Tool to increase session engagement for participants with diverse backgrounds*. Delft: Industrial Design Engineering, Delft University of Technology.
- Feith, R. (2019). *Safe Design of Intelligent Transportation Systems*. (Manuscript in preparation).
- Ferring, D., Reljic, G. & Roelofsma P.H.M.P. (2012). *Why Do We Need It?—An Analysis of the Affective-Motivational Factors in the Use of Assistive Technologies*. AAL EU: Brussels, Belgium.
- Finch, A. (2018). *The Lego Architecture Idea Book*. California, CA: No Starch Press Inc.
- Fleming, T.M., Bavin, L., Statsiak, K., Hermansson-Webb, E., Merry, S.N. Cheek, C. Lucassen, Ming Lau, M., Pollmuller, H., B. & Hatrick, S. (2016). Serious Games and Gamification for Mental Health: Current Status and Promising Direction. *Frontiers in Psychiatry*, 7, 215-227.
- Hejduk, I. & Tomczyk, P. (2015). Young Workers Occupational Safety Knowledge Creation and Habits. Special issue 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics and the Affiliated Conferences.
- Johnson, D., Deterding, S. Kuhn, K.A., Staneva, A. Stoyanov, S. & Hides, L. (2016). Gamification for Health and Wellbeing: A systematic Review of the Literature. *Internet Interventions*, 6, 89-106.
- Kim, T.W. & Werbach, K. (2016). More Than Just a Game: Ethical Issues in Gamification. *Ethics and Information Technology*, 18, 157-173.
- Kim, T.W. (2018). Gamification of Labor and the Charge of Exploitation. *Journal of Business Ethics*, 152, 27-39.
- Kletz, T. (2006). *Hazop and Hazan* (4th ed.). New York, Taylor & Francis.
- Li, Y. (2019). *A systematic and Quantitative Approach to Safety Management*. Enschede: Ipskamp.
- Looyestyn, J., Kernot, J., Boshoff, K., Ryan, J., Edney, S., & Maher, C. (2017). Does Gamification Increase Engagement with Online Programs? A Systematic Review. *PLOS One*, 1-17.
- Muursaiskangas, S., Johansson, E., Ciesklik, S., Roelofsma, P, & Relic, G. (2012). *V2me User Experience and Acceptance Report*. Brussels: AAL EU.
- Nicholson, S. (2012). *Strategies for Meaningful Gamification: Concepts Behind Transformative Play and Participatory Museums*. Paper presented at Meaningful Play 2012. Lansing, Michigan. <http://scottnicholson.com/pubs/meaningfulstrategies.pdf>
- Penfold, J. (2015). The Gamification of Patient Safety Tuition. *Standard Nursing*, 29, 34.
- Ritterfeld, U, Roelofsma, P. Haring, P., Chakinska, D, Van den Bosch, M., Versteeg, L. (2010). Head First into Serious Health Gaming: aze2 as a New Approach of Digital Exercise Coaching for Seniors. *International Journal for Computer Science and Sport*, 9, 2, 1-9.

- Roelofsma, P.H.M.P. Ferring, D. Reljic, G. (2012). *Where Do We Go from Here? A Preliminary Evaluation of the EU Ambient Assisted Living Program*. AAL EU: Brussels, Belgium
- Roelofsma, P.H.M.P. & Groeneweg, J. *The BowTie board game*. (Manuscript in preparation).
- Roelofsma, P.H.M.P. & Groeneweg, J. Gamification for Safe by Design of Human Avatar-Robot interaction (to be published).
- Steinberger, F. Schroeter, R. & Watling, C.N. (2017). From Road Distraction to Safe Driving: Evaluating the Effects of Boredom and Gamification on Driving Behaviour, Physiological Arousal and Subjective Experience. *Computers in Human Behavior*, 75, 714-726.
- Stieglitz, S, Lattemann, C., Robra-Bissantz, S, Zarnekow, R. & Brockmann, R. (2017). *Gamification Using Game Elements in Serious Contexts*. Chan: Springer International Publishing AG.
- Tan, E. (2018). *Play the City: Games informing the Urban Development*. Jap Sam Books.
- Tlili, A & Chang, M. (2019). *Data Analytics Approaches in Educational Games and Gamification Systems*. Singapore: Springer.
- Tsalidis, G.A., Van Ommen R, Korevaar, G. (2019). Lessons from LCA for Operationalization of Safe-by-Design Concept: ALCA Framework for Designing Sustainable Nanomaterials (manuscript in preparation).
- Yen, B.T.H., M. C. & Burke, M. (2019). Gamification in transport interventions: Another way to improve travel behavioural change. *Cities*, 85, 140-149.
- Ventura, J. Ingram, S. Caon, M. Zumstein-Shaha, M., Abou Khaled & Mugellini, E. (2018). Eudaimonic Gamification to Engage Cancer Patients in Positive Coping Strategies. *Human-Computer Interaction in Context. Lecture Notes in Computer Science*, 10902, 206-218.
- Zhang, X.C., Diemer, G. Lee, H. Jaffe, R. & Papanagnou, D. (2019). Finding the QR to Patient Safety: Applying Gamification to Incorporate Patient Safety Priorities Through a Simulated 'Escape Room' Experience. *Cureus*, 11, 2, 14-27.

## Gamification voor Safe by Design (G4SD)

### *Publiekssamenvatting*

Het G4SD rapport beschrijft een nieuwe ontwikkeling in het ontwerpen van veilige mens machine systemen: Gamification. Men spreekt van gamification als spel wordt toegevoegd in het dagelijkse werk. Het rapport beschrijft een aanpak om via spel een groep te stimuleren om fouten op te sporen in het ontwerp.

De aanpak maakt een groep zo creatief en actief mogelijk voor hun taak. Daardoor kunnen oorzaken en gevolgen van fouten gemakkelijker boven tafel komen dan zonder het spel. Door de aanpak kan de groep ook op een zo prettige mogelijke wijze samenwerken om de beste oplossingen te bedenken.

Dit rapport is allereerst gemaakt met het oog op toekomst van de zorg. Het doel is dat met de resultaten van het rapport bijvoorbeeld meer veilige robots gemaakt kunnen worden. De robots kunnen ingezet worden om op een veilige wijze zorgtaken te verlichten.

Maar het resultaat van dit rapport is ook bruikbaar voor het opsporen van fouten in het ontwerp van andere mens-machine systemen. Bijvoorbeeld in de lucht- en zeevaart, in de chemische industrie of in het leger.

G4SD bestaat uit een groepsessie van maximaal 2 uur. Hierin komen alle betrokken partijen van een toekomstig of bestaand systeem bij elkaar. Dit zijn de IT-ers, eindgebruikers, zorgexperts en managers. De deelnemers hebben meestal weinig ervaring in het oordelen over fouten van nieuwe systemen. Hun kennis en ervaring is echter wel onmisbaar. Door de aanpak zoals voorgesteld in het rapport willen wij op een eenvoudige en gemakkelijke manier deze kennis benutten. De groep bestaat uit 8 tot 12 deelnemers en een discussieleider. Via de aanpak worden de risico's, dreigingen, en ideeën voor oplossingen in kaart gebracht en bediscussieerd. De uitkomst is een lijst met aanbevelingen om de risico's te kunnen verminderen.