



BACHELOR EINDPROJECT

TI3806

Eindrapport Gamificatie Measurement System Analysis

Auteurs:

Jeroen KLOPPENBURG,
Kilian CALLEBAUT en
Thom VAN DER STEENHOVEN

TU Delft Coach:

Dr. Joost BROEKENS

25 juni 2018

TATA STEEL

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
Lijst van figuren	5
Lijst van tabellen	6
1 Introductie	7
2 Probleemstelling en analyse	8
2.1 Huidige situatie en probleemstelling	8
2.2 Automatisering	9
2.2.1 Representatie	9
2.2.2 Testen	9
2.2.3 Functionele verbeteringen	10
2.2.4 Game Engine	11
2.2.5 Human-Computer Interaction	12
2.3 Game Design	16
2.3.1 Onderzoek	16
2.3.2 Persona	19
2.3.3 MSA-modus en trainingsmodus	20
2.3.4 Gameful design	20
2.3.5 Gamificatie	21
2.3.6 Serious games	22
2.4 Conclusie	22
3 Ontwerp en implementatie	23
3.1 Keuren	23
3.1.1 Photoview	23
3.1.2 Scherm design	24
3.1.3 Image cache	24
3.1.4 Resultaten scherm	24
3.2 Opzetten	25
3.2.1 Platen uploaden	25
3.2.2 Kalibratierondes	25
3.2.3 Resultatenrapporten	26
3.3 Gamificatie	27
3.3.1 Mogelijke oplossingen	27
3.3.2 Implementatie	31
4 Ethische vraagstukken	34
5 Testen	36
5.1 Software testen	36
5.2 Statistische equivalentie	36
5.2.1 Methode	36
5.2.2 Resultaten	36
5.2.3 Conclusie	39
5.2.4 Discussie	39

6	Software ontwikkelingsproces	40
6.1	Softwaremethodiek en werkwijze	40
6.2	Uitdagingen	40
6.3	Realisatie van de planning	41
6.4	SIG	41
7	Conclusie	42
8	Discussie en aanbevelingen	43
8.1	Framework	43
8.2	Tutorial	43
8.3	Database	43
8.4	Gamificatie	44
8.4.1	Directe feedback	44
8.4.2	Puntensysteem	44
8.5	Racinggame	44
	Referenties	45
	Verklarende Woordenlijst	46
	Appendices	47
A	Plan van Aanpak	47
A.1	Probleemstelling	47
A.2	Doelstelling	47
A.3	Werkwijze	47
A.4	Planning	47
B	Functioneel ontwerp	48
B.1	Functionele eisen	48
B.1.1	Must have's	48
B.1.2	Should have's	49
B.1.3	Could have's	49
B.2	Niet functionele eisen	50
C	Software Improvement Group Feedback	51
C.1	Eerste inzending	51
C.2	Tweede inzending	51
D	Ruwe resultaten statistisch equivalentie onderzoek	52

Voorwoord

Het ontwikkelteam wil graag een dankwoord wijden aan alle personen die dit project mogelijk hebben gemaakt, zowel vanuit Tata Steel als vanuit de TU Delft. Een aantal personen wil het team in het bijzonder bedanken. Allereerst is het team grote dank verschuldigd aan hun begeleider vanuit Tata Steel, Duncan de Graaf, voor zijn inzet en coördinatie van het project, evenals zijn feedback en logistieke ondersteuning. Daarnaast bedanken de teamleden hun begeleider vanuit de TU Delft, Dr. Joost Broekens, voor zijn inzicht en feedback tijdens het proces alsmede zijn ondersteuning bij het maken van deze thesis. Ten slotte gaat de dank van het team uit naar Richard Udo, voor zijn enthousiaste dagelijkse begeleiding en communicatie binnen Tata Steel IJmuiden. Zonder hun inzet was dit project niet mogelijk geweest.

Kilian Callebaut
Jeroen Kloppenburg
Thom van der Steenhoven

Delft, juni 2018

Het ontwikkelteam raadt vertegenwoordigers van Tata Steel, die zich tot de voor hen relevante kern van dit rapport willen beperken, aan de volgende onderdelen te lezen: hoofdstuk 2, hoofdstuk 3, paragraaf 5.2, hoofdstuk 8 en appendix B.

Samenvatting

Tata Steel IJmuiden, een bedrijf gespecialiseerd in het produceren van kwalitatief staal, is bezig met het digitaliseren van meerdere componenten van hun productieproces. Aan het eind van dat productie proces controleren menselijke inspecteurs of de geproduceerde rollen staal kwalitatief voldoen aan de eisen van de klant. Om dit werk te standaardiseren hanteren deze inspecteurs een aantal kwaliteitsniveau die specificeren welke productiefouten al dan niet aanwezig mogen zijn voor de toepassing van de klant. De inspecteurs worden opgeleid om te weten welke staalfouten al dan niet acceptabel zijn voor elk kwaliteitsniveau en hoe deze staalfouten eruit zien. Deze kennis wordt elk jaar getest door middel van een zogenaamde Measurement System Analysis (MSA) test. Tata Steel heeft het ontwikkelteam gevraagd om deze test te digitaliseren en te gamificeren. De grootste voorwaarde aan deze digitale versie is dat hij statistisch equivalent blijft aan het uitvoeren van een fysieke MSA.

Deze thesis bespreekt hoe het onderzoek is verlopen naar zowel de digitalisatie als de gamificatie van de test. Als onderdeel hiervan wordt uiteen gezet welke opties zijn overwogen om de test zo goed mogelijk te vertalen naar een digitale versie. Bij deze digitalisatie is zowel gekeken naar de inspecteurs die de test maken als de begeleiders die de test opzetten. Daarnaast is er onderzoek gedaan naar het gamificeren van de test en zijn er 2 brede richtingen gevonden die het bedrijf kan volgen qua gamificatie: gamificeren en serious games. Ook is er onderzocht of er een patroon te vinden is karakter van de inspecteurs en of het ontwikkelteam hier gebruik van kan maken in het evalueren van mogelijke spelelementen die als toevoeging kunnen dienen. Dit patroon bleek te bestaan, aangezien het grootste deel van de inspecteurs hetzelfde Keirseij temperament hadden. Dit temperament is vervolgens terug geleid naar het Achiever spelerstype van Bartle. Deze termen en de consequenties hiervan worden uitgelegd in 2.3.

Na het onderzoek bespreekt dit rapport welke uiteindelijke implementatie het team heeft gekozen. Hierbij is afleiding van het keuren zelf zoveel mogelijk vermeden. Daarom heeft het ontwikkelteam gekozen voor een oplossing die een spel creëert rondom het keuren, in plaats van van het keuren zelf gemakkelijker te maken. Hiermee wordt bedoeld dat het beoordelen van een plaat wordt gedaan in een omgeving waar het spel geen externe druk probeert te leggen op de inspecteur. Hiervoor is gekozen met het oog op de statistische equivalentie die de digitale test moest behouden.

Het systeem is getest op deze statistische equivalentie door de resultaten van inspecteurs op de digitale test te vergelijken met die van de fysieke test. Hieruit is geconcludeerd dat het digitale systeem een bruikbaar alternatief is voor het uitvoeren van een fysieke MSA. Hierbij dient wel vermeld te worden dat dit onderzoek gelimiteerd is qua omvang. Het uitvoeren van verdere testen wordt dan ook geadviseerd.

Ten slotte behandelt dit rapport de lessen die het ontwikkelteam heeft geleerd van dit project en doet het team aanbevelingen voor verdere ontwikkeling van het programma. Door middel van het toevoegen van enkele elementen kan Tata Steel op basis van dit werk een aantal interessante richtingen uit. Het eindproduct van deze thesis wordt dan ook voornamelijk beschouwd als een prototype waarop latere evolutie van het programma kan voortbouwen.

Lijst van figuren

1	De drie geteste manieren van interactie met de aangezichten van de platen (niet op schaal). .	13
2	Speler types volgens Bartle (uit Gamification at Work: Designing Engaging Business Software [5])	16
3	De Photoview zoals hij in het keurscherm te zien is.	24
4	De Photoview met een foto van het onder zij aanzicht	25
5	De Photoview in het keurscherm ingezoomd op de plaats van de muis.	26
6	Het scherm waarop de inspecteurs de platen kunnen keuren	27
7	Het resultaten scherm	28
8	Het paneel om sets, platen en foto's te uploaden	29
9	Het scherm waarop de inspecteurs de platen kunnen kalibreren	30
10	Het gegenereerde resultaat rapport in excel	31
11	Een design voorbeeld met het spel angry birds	32
12	Een design voorbeeld van een top-down racer met het spel Formula Racing 2D	33
13	Een design voorbeeld van een side scroller met het spel Hill Climb Racing	34
14	De speler selecteert een onderdeel op de road map	35
15	De speler keurt de platen voor dat onderdeel	35
16	De speler kiest de gewenste vorm en kleur van het onderdeel	35
17	De speler krijgt het resultaat te zien op de roadmap	35

Lijst van tabellen

1	Antwoorden op vragen over individuele interactie methoden	14
2	Opgesomde resultaten, dubbele platen samen genomen	37
3	Opgesomde afwijkingen, absoluut	38
4	Opgesomde afwijkingen, procentueel	38
5	Planning	47
6	Antwoorden set 1, deel 1	52
7	Antwoorden set 1, deel 2	53
8	Antwoorden set 2, deel 1	54
9	Antwoorden set 2, deel 2	55
10	Antwoorden set 3, deel 1	56
11	Antwoorden set 3, deel 2	57

1 Introductie

“[Tata Steel’s] staalproducten bieden de kwaliteit en prestaties die nodig zijn voor veeleisende markten en toepassingen [13].” Om deze kwaliteit te waarborgen is het van groot belang dat het geproduceerde staal uitvoerig wordt nagekeken door ervaren inspecteurs. Deze inspecteurs worden elke drie jaar getest door middel van een zogenaamde MSA, waarbij gekeken wordt of ze nog in staat zijn om met gepaste precisie de relevante fouten uit het staal te halen. Bij deze MSA krijgt een inspecteur vijftientig kwalitatief goede en foute platen staal te zien waarover een oordeel geveld dient te worden, gegeven dat deze platen aan een bepaald kwaliteitsniveau moeten voldoen. Het kwaliteitsniveau van elke plaat wordt vooraf bepaald door een kalibratiepaneel van drie experts, zodat de test altijd voldoet aan de meest recente kwaliteitsnormen. Het resultaat van deze test wordt in het programma “Minitab” ingevoerd, welke vervolgens een Cohen’s Kappa score [2] berekent die hun onderlinge overeenkomst en afwijking van de door de experts bepaalde standaard kwantificeert.

Het probleem in de huidige situatie is dat deze MSA nog compleet handmatig wordt uitgevoerd. Een begeleider moet 50 plakken staal verzamelen en op een tafel klaar leggen. Vervolgens worden de te testen inspecteurs één voor één binnen gelaten en geven ze hun mening over de platen. De begeleiders houden op papier van elke plaat bij of de inspecteurs een plaat als kwalitatief acceptabel of onacceptabel bestempelen voor een bepaald kwaliteitsniveau. Dit proces wordt drie keer herhaald voor elke inspecteur waarna de resultaten in een Excel spreadsheet wordt ingevuld. Vervolgens wordt er een Cohen’s Kappa score berekend en naar een derde partij doorgestuurd ter controle. De begeleiders omschrijven dit proces als langdradig en foutgevoelig. Een verbetering op deze situatie zou kunnen worden bewerkstelligd door de test rechtstreeks op een computer uit te voeren. Naast voorgenoemde problemen kent de huidige situatie het minpunt dat de test veelal als “saai” wordt bestempeld door inspecteurs, terwijl het in principe niet meer dan een simpele controle van hun vaardigheden zou moeten zijn.

Onze opdracht is dus tweeledig. Ten eerste moet de test geautomatiseerd worden, waarbij het zaak is om de nieuwe test zo waarheidsgetrouw mogelijk de huidige, gecertificeerde, MSA te laten emuleren. In deze nieuwe situatie zou het systeem de resultaten opslaan in een rapport dat eenvoudig naar “Minitab” te kopiëren is, zodat de menselijke fout zoveel mogelijk wordt gereduceerd. Ten tweede onderzoekt het ontwikkelingsteam ook of het mogelijk is om de test leuker te maken om uit te voeren door middel van gamificatie.

Dit verslag geeft een overzicht van hoe het project verlopen is. het rapport begint in hoofdstuk 2 met het uitwerken van de probleemstelling in en een uiteenzetting van het uitgevoerde onderzoek, dat ten grondslag ligt aan de geïmplementeerde oplossingen. Hoofdstuk 3 bespreekt het ontwerp en de implementatie van deze oplossingen vervolgens in detail. Daarna bekijkt hoofdstuk 4 het project vanuit een ethische hoek. Hoofdstuk 5 behandelt zowel het testen van de software zelf als de relevantie van het programma voor Tata Steel. Hoofdstuk 6 gaat over het software ontwikkelingsproces en welke uitdagingen daarbij zijn tegen gekomen. Tenslotte bevatten hoofdstukken 7 en 8 de conclusie, discussie en aanbevelingen.

Een aantal termen zullen gedurende dit hele rapport terug komen en consequent voor een bepaald concept staan. Hoewel deze termen impliciet gedefinieerd worden in de tekst, is er ter naslag een verklarende woordenlijst beschikbaar aan het eind van dit rapport.

2 Probleemstelling en analyse

De probleemstelling en analyse is omschreven in het onderzoeksrapport. Dit rapport is hieronder te vinden. Hoewel de eerste paragraaf een introductie is en dus de informatie die al in hoofdstuk 1 te lezen was herhaalt, is hij hier toegevoegd om een correct en compleet beeld te geven van het volledige onderzoeksrapport.

2.1 Huidige situatie en probleemstelling

“[Tata Steel’s] staalproducten bieden de kwaliteit en prestaties die nodig zijn voor veeleisende markten en toepassingen [13].” Om deze kwaliteit te waarborgen is het van groot belang dat het geproduceerde staal uitvoerig wordt nagekeken door ervaren inspecteurs. Deze inspecteurs worden elke drie jaar getest door middel van een zogenaamde MSA, waarbij gekeken wordt of ze nog in staat zijn om met gepaste precisie de relevante fouten uit het staal te halen. Bij deze MSA krijgt een inspecteur vijftientig kwalitatief goede en foute platen staal te zien waarover een oordeel geveld dient te worden, gegeven dat deze platen aan een bepaald kwaliteitsniveau moeten voldoen. Het kwaliteitsniveau van elke plaat wordt vooraf bepaald door een kalibratiepanel van drie experts, zodat de test altijd voldoet aan de meest recente kwaliteitsnormen. Het resultaat van deze test wordt in het programma “Minitab” ingevoerd, welke vervolgens een Cohen’s Kappa score [2] berekent die hun onderlinge overeenkomst en afwijking van de door de experts bepaalde standaard kwantificeert.

Het probleem in de huidige situatie is dat deze MSA nog compleet handmatig wordt uitgevoerd. Een begeleider moet 50 plakken staal verzamelen en op een tafel klaar leggen. Vervolgens worden de te testen inspecteurs één voor één binnen gelaten en geven ze hun mening over de platen. De begeleiders houden op papier van elke plaat bij of de inspecteurs een plaat als kwalitatief acceptabel of onacceptabel bestempelen voor een bepaald kwaliteitsniveau. Dit proces wordt drie keer herhaald voor elke inspecteur waarna de resultaten in een Excel spreadsheet wordt ingevuld. Vervolgens wordt er een Cohen’s Kappa score berekend en naar een derde partij doorgestuurd ter controle. De begeleiders omschrijven dit proces als langdradig en foutgevoelig. Een verbetering op deze situatie zou kunnen worden bewerkstelligd door de test rechtstreeks op een computer uit te voeren. Naast voorgenoemde problemen kent de huidige situatie het minpunt dat de test veelal als “saai” wordt bestempeld door inspecteurs, terwijl het in principe niet meer dan een simpele controle van hun vaardigheden zou moeten zijn.

Onze opdracht is dus tweeledig. Ten eerste moet de test geautomatiseerd worden, waarbij het zaak is om de nieuwe test zo waarheidsgetrouw mogelijk de huidige, gecertificeerde, MSA te laten emuleren. In deze nieuwe situatie zou het systeem de resultaten opslaan in een rapport dat eenvoudig naar “Minitab” te kopiëren is, zodat de menselijke fout zoveel mogelijk wordt gereduceerd. Ten tweede onderzoekt het ontwikkelingsteam ook of het mogelijk is om de test leuker te maken om uit te voeren door middel van gamificatie.

Een aantal termen zullen gedurende dit hele rapport terug komen en consequent voor een bepaald concept staan. Hoewel deze termen impliciet gedefinieerd worden in de tekst, is er ter naslag een verklarende woordenlijst beschikbaar aan het eind van dit rapport.

2.2 Automatisering

In dit hoofdstuk zullen we uitleggen hoe we de test in zijn huidige vorm gaan digitaliseren en welke verbeteringen we mogelijk kunnen toepassen. Onderzoek hiernaar is vrij gelimiteerd, omdat het om een zeer specifiek domein gaat. Overwegingen en conclusies worden hier dus voornamelijk gemaakt op basis van de wensen van het bedrijf.

2.2.1 Representatie

Voor elke fysieke, al dan niet foutieve, plaat staal hebben we meerdere foto's uit verschillende hoeken. Door digitalisatie kan men de platen niet meer oppakken en in verschillende lichtinvallen plaatsen, dus is het van groot belang dat eventuele fouten duidelijk te zien zijn op de foto's. Om de ruimtelijke oriëntatie te waarborgen worden de foto's zo getoond dat ze hun positie tegenover elkaar vanuit de echte wereld ongeveer behouden. Om dit te bewerkstelligen is het noodzakelijk dat elke set van foto's uit dezelfde hoeken wordt genomen, zodat het systeem ze allemaal automatisch in de juiste positie kan tonen, ook als er nieuwe foto's worden toegevoegd. Om de inspecteurs de mogelijkheid te geven om de platen van dichterbij te inspecteren, zullen we een zoomfunctie implementeren.

Het ontwikkelteam heeft ook onderzoek gedaan naar het gebruik van bumpmaps, textures en lichtbronnen om fouten in platen duidelijker zichtbaar te maken. Echter, elk prototype dat hiervan gemaakt werd zorgde ervoor dat er nepfouten ontstonden op de platen. Deze nepfouten konden ervoor zorgen dat goede platen afgekeurd zouden worden. Het ontwikkelteam heeft daarom geconcludeerd dat deze effecten geen toegevoegde waarde hebben voor dit project.

2.2.2 Testen

Voor het opzetten van een test is het noodzakelijk dat het programma over twee punten van informatie beschikt: foto's van de platen vanuit verschillende hoeken en het kwaliteitsniveau waaraan elke plaat nog voldoet. Deze informatie moet worden aangeleverd door begeleiders, waarna het opgeslagen wordt op een centrale, uitbreidbare locatie. Aangezien een begeleider de optie moet hebben om mogelijk grote hoeveelheden nieuwe platen toe te voegen aan deze locatie, is het belangrijk dat de manier waarop we deze mogelijkheid aanbieden simpel, intuïtief en snel is. We kunnen dit bewerkstelligen op verschillende manieren, waarvan de simpelste het opstellen en aanhouden van een standaard naamgeving voor de foto's is (bijvoorbeeld *"fout_5_linksonder.png"*).

Aangezien de kwaliteitsnormen voor het geproduceerde staal regelmatig aangescherpt worden, begint elke volledige test van drie inspecteurs met de vraag aan de begeleider of de gebruikte set platen eerst moet worden gecontroleerd door een kalibratiepanel van experts. Als hiermee ingestemd wordt, voegt het programma drie kalibratieronden in voordat de echte test begint, één voor elk lid van het kalibratiepanel. Deze kalibratieronden bestaan uit het doorlopen van de set platen, waarbij een expert aangeeft welke platen voor welk kwaliteitsniveau nog acceptabel zijn. Na deze drie kalibratieronden controleert het programma of er platen zijn waar geen unanieme overeenstemming over is onder het kalibratiepanel. Als deze er zijn toont het programma de relevante platen en de opgegeven antwoorden, met daarbij de optie om een definitief antwoord in te geven. Het uiteindelijke antwoord wordt dan gebruikt als de nieuwe referentiewaarde waartegen de inspecteurs worden getest.

Als de platen eenmaal gekalibreerd zijn begint de eigenlijke test. Deze bestaat uit drie testronden, één voor elke inspecteur. Gedurende een testronde worden de platen getoond op grotendeels dezelfde manier als gedurende de kalibratieronde, alleen wordt er nu ook een kwaliteitsniveau genoemd. De inspecteur wordt vervolgens gevraagd of de getoonde plaat voldoet aan de eisen voor het getoonde kwaliteitsniveau. Deze vraag wordt per inspecteur drie keer herhaald voor de hele set van vijftig platen, op wisselende volgorde, waarna de volgende inspecteur aan zijn testronde kan beginnen.

Gedurende de testronde genereert het programma een rapport in Comma Separated Value (CSV) [11] formaat. In dit rapport wordt bijgehouden welke platen aan de inspecteurs zijn voorgelegd, wat hun antwoorden waren en wat het correcte antwoord voor die plaat was, zoals bepaald door het kalibratiepaneel. De keuze voor CSV is gemaakt op basis van de wensen van de begeleiders. Zij willen graag eenvoudig de resultaten uit het rapport kunnen kopiëren naar Minitab. Aangezien het de bedoeling is dat de software langere tijd kan draaien zonder onderhoud aan de interne werking, is er besloten geen directe verbinding tussen Minitab en het programma op te zetten maar deze CSV bestanden als tussenpersoon te gebruiken. Dit voorkomt compatibiliteitsproblemen met toekomstige versies van Minitab.

2.2.3 Functionele verbeteringen

Bovenstaande paragraaf omschrijft een minimalistische gedigitaliseerde MSA. Op deze implementatie zijn nog tal van functionele uitbreidingen te bedenken, waarvan we er hier een aantal zullen noemen die het nuttigst zijn voor Tata Steel. Aanpassingen met betrekking tot gamificatie en game design zijn te vinden in hoofdstuk 2.3.

2.2.3.1 Controlepaneel

In gesprekken met de MSA begeleiders kwam vaak naar voren dat het voor hen belangrijk is om zelf aanpassingen te kunnen doen aan de werking van de test zonder daarbij de code te hoeven aanpassen. Deze functionaliteit kan worden bewerkstelligd door het implementeren van een controlepaneel waarin verscheidene opties worden aangeboden die naar hun beste inzicht aangepast kunnen worden. De belangrijkste opties om te implementeren zijn de volgende:

- Een optie om het aantal getoonde platen aan te passen van de standaard vijftig.
- Een optie om het aantal repetities per plaat per testronde aan te passen van de standaard drie.
- Een optie om het aantal inspecteurs aan te passen van de standaard drie.
- Een optie om het aantal experts in het kalibratiepaneel aan te passen van de standaard drie.
- Een optie om de opslaglocatie aan te passen van de gegenereerde testrapporten.
- Een optie om eenvoudig nieuwe platen toe te voegen.
- Een optie om eenvoudig nieuwe kwaliteitsniveaus toe te voegen.
- Een optie om eenvoudig nieuwe testsoorten toe te voegen (denk hierbij aan bijvoorbeeld snijvlak fouten in plaats van oppervlakte fouten).
- Een optie om te selecteren welke testsoort moet worden uitgevoerd.
- Een optie om te selecteren welke platen in een test zullen worden gebruikt.
- Een optie om een willekeurige set platen binnen de huidige categorie te gebruiken.

Het is de intentie van het ontwikkelteam om dit paneel te implementeren in het uiteindelijke prototype.

2.2.3.2 Database

Om ervoor te zorgen dat verschillende installaties van het programma over dezelfde informatie beschikken is het een optie om een centrale database op te zetten. Deze database zou een aantal soorten informatie kunnen bevatten, zoals de foto's van de platen en de bijbehorende minimale kwaliteitsniveau. Door deze informatie op een centrale plek op te slaan, kunnen kalibratiewaarden die voor een test opgesteld worden, meteen worden toegepast op elke andere test. Ook nieuw toegevoegde platen zouden zo bij elke installatie meteen toegepast kunnen worden.

Naast informatie over platen zou de database ook de gegenereerde testrapporten op kunnen slaan en eventueel zelfs per inspecteur zijn of haar voortgang op kunnen slaan. Op deze manier zouden begeleiders eenvoudig op een centrale plek hun rapporten op kunnen slaan en inzien en zouden inspecteurs hun eigen voortgang op kunnen zoeken en die gebruiken om hun eigen kennis gericht bij te schaven. Echter zijn deze twee elementen mogelijk problematisch in verband met de vanaf 25 mei 2018 geldende Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) [10].

In overleg met Tata Steel is besloten dat het implementeren van een database buiten de scope van dit project valt. De reden hiervoor is tweeledig. Ten eerste zou het opzetten van de infrastructuur voor een dergelijke database via de centrale IT-afdeling van Tata Steel moeten gaan, met zeer waarschijnlijk grote vertragingen tot gevolg, waardoor het huidige team deze ontwikkelingen niet meer mee zou maken. Ten tweede is er meer onderzoek nodig naar de beperkingen van de AVG op het verwerken van persoonsgegevens. Dit onderzoek zou juridische expertise vereisen die niet binnen het ontwikkelingsteam te vinden is en is dus niet haalbaar. Toekomstige ontwikkelingsteams die meer tijd en gevarieerdere expertise beschikbaar hebben, zouden wij aanraden nog eens goed naar deze verbeteringen te kijken.

2.2.4 Game Engine

Het programma wordt gebouwd op basis van een game engine. De redenatie hierachter is dat het uiteindelijke programma verscheidene spelelementen zal implementeren in de vorm van het tonen van en interactie bieden met animatie en audio effecten. Deze functionaliteiten zijn veelal al aanwezig in game engines, waardoor het gebruik van een dergelijk systeem tijdsbesparend werkt.

Om te bepalen welke game engine het beste voor de huidige toepassing is, is er gebruik gemaakt van een ranking van de site Slant [12], op basis van de meningen van programmeurs. Voor dit gebruiksgeval beloofden een aantal engines goede prestaties en degelijke documentatie. De keuze voor de Godot Engine [8] is uiteindelijk helaas minder op functionaliteit dan beschikbaarheid gemaakt. De gekozen engines bleken namelijk allemaal beperkt door de beschermde computeromgeving van Tata Steel. Godot bleek hier het minste nadeel van te ondervinden en is daarom uiteindelijk verkozen boven zijn competitie.

2.2.5 Human-Computer Interaction

Het ontwikkelteam heeft onderzoek gedaan naar drie verschillende manieren waarop gebruikers de aanzichten van platen kunnen selecteren. Het is belangrijk dat deze interactie snel en intuïtief verloopt, aangezien dit het grootste deel van de interactie zal behelzen tussen de gebruiker en het programma. Daarnaast mag deze interactie niet vermoeiend werken, omdat MSA testen soms tot wel drie uur kunnen duren. De onderzoeksvraag hierbij was dan ook: “Welke interactie optie is het beste voor de toepassing in de digitale MSA?”. De volgende vragen zijn daarbij als subvraag gebruikt: “Welke interactie optie is het intuïtiefst?”, “Welke interactie optie is het minst vermoeiend?” en “Welke interactie optie werkt het snelst?”.

In de komende paragrafen zullen eerst de geteste interactie opties en daarna de methode worden uitgelegd. Hierna worden de resultaten van het onderzoek behandeld. Vervolgens zal hier een conclusie aan worden verbonden en zullen tekortkomingen aan dit onderzoek bediscussieerd worden.

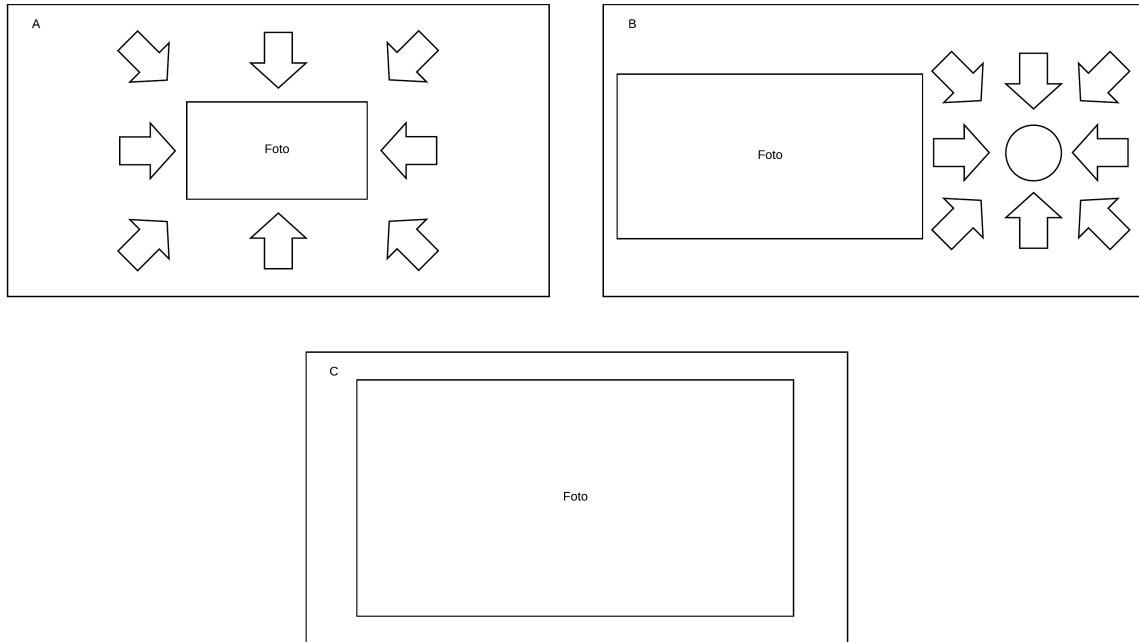
2.2.5.1 Geteste opties

De drie geteste manieren van interactie worden weergegeven in figuur 1. De drie opties zullen hier toegelicht worden.

Voor optie A zijn de aangezicht selectieknoppen rondom de foto geplaatst, waarbij het bovenaanzicht kan worden geselecteerd door geen andere aangezichten geselecteerd te hebben. Het idee achter deze optie is dat de knoppen op de plekken staan waarvandaan de foto's gemaakt zijn en zo de link tussen de echte wereld en de digitale wereld zo direct mogelijk maken. Nadelen van deze optie zijn dat door het vele bewegen van de muis deze optie mogelijk als vermoeiend en traag kan worden ervaren. Daarnaast kan het selecteren van het bovenaanzicht onintuïtief zijn.

Bij optie B zijn de aangezicht selectieknoppen naar de rechterkant van het scherm verplaatst. Dit heeft de voordelen dat de muis niet ver hoeft te worden bewogen en dat er ruimte is voor een knop voor het bovenaanzicht. Een nadeel aan deze optie is dat het “selectiegrid” veel horizontale schermruimte opneemt, waardoor foto's kleiner moeten worden getoond dan bij opties A en C.

Optie C heeft geen aangezicht selectieknoppen meer op het scherm. In plaats daarvan zijn ze verplaatst naar de numerieke knoppen op het numpad. Het idee hierachter is tweeledig: ten eerste is het waarschijnlijk sneller en minder vermoeiend om het numpad te gebruiken dan elke keer een knop aan te moeten klikken. Daarnaast geeft deze optie de meeste schermruimte voor de foto's, wat mogelijk ook de snelheid waarmee een inspecteur fouten opmerkt verhoogt. Het grote nadeel aan deze optie is dat het compleet onduidelijk is dat er überhaupt andere aangezichten beschikbaar zijn en hoe deze te selecteren zijn.



Figuur 1: De drie geteste manieren van interactie met de aangezichten van de platen (niet op schaal).

2.2.5.2 Methode

Om te testen welke optie het beste is voor de digitale MSA, zijn er drie verschillende versies van het programma gemaakt, waarvan elke één van de drie interactie methoden implementeerde. Er zijn twee personen gevraagd om mee te doen aan het onderzoek, aangezien het ontwikkelteam alleen tijd had om een klein aantal proefpersonen te testen. Elke proefpersoon is uitgelegd dat het bij dit onderzoek vooral gaat om hoe zijn interactie is met het programma. De proefpersoon werd gevraagd om elke versie vijf minuten uit te proberen alsof het een officiële test was. Na het voltooien van een versie kreeg de proefpersoon vijf minuten pauze, waarna de volgende gestart werd. Na elke versie werd de proefpersoon de volgende vragen gesteld:

- “Op een schaal van één tot tien, hoe intuïtief vond je deze manier van aangezichten selecteren?”
- “Op een schaal van één tot tien, hoe vermoeiend vond je deze manier van aangezichten selecteren?”
- “Op een schaal van één tot tien, hoe snel vond je deze manier van aangezichten selecteren?”

Na het voltooien van de laatste vragenlijst werden de persoon nog een aantal afsluitende vragen gesteld, zoals hieronder beschreven:

- “Welke van de drie methodes van aangezichten selecteren vond je het fijnst werken en waarom?”
- “Welke van de drie methodes van aangezichten selecteren vond je het minst fijn werken en waarom?”
- “Heb je nog verdere opmerkingen over hoe de verschillende manier van het selecteren van aangezichten werkten?”

2.2.5.3 Resultaten

De antwoorden op de vragen over de individuele methoden zijn beschreven in tabel 1. De antwoorden op de algemene vragen zijn hieronder beschreven.

Vraag: “Welke van de drie methodes van aangezichten selecteren vond je het fijnst werken en waarom?”

Antwoord 1: “B. Alles stond bij elkaar en dat werkt heel prettig.”

Antwoord 2: “C. In die versie hoef je je muis minder te gebruiken. Ik ben ook al gewend om met het toetsenbord te werken.”

Vraag: “Welke van de drie methodes van aangezichten selecteren vond je het minst fijn werken en waarom?”

Antwoord 1: “C. Je moet continu kijken of je wel goed zit met je vingers.”

Antwoord 2: “A. De pijlen staan ver uit elkaar, waardoor je een hoop moet klikken en je muis moet gebruiken. Daardoor ga je misschien wel aangezichten overslaan omdat je het irritant vindt om een aangezicht te selecteren.”

Vraag: “Heb je nog verdere opmerkingen over hoe de verschillende manier van het selecteren van aangezichten werkten?”

Antwoord 1: “Bij A mogen de pijlen dichter naar de rand van de foto. Bij B mogen de pijlen groter en moeten ze een vierkante achtergrond krijgen zodat je niet precies op de pijl hoeft te klikken. C heeft geen toegevoegde waarde.”

Antwoord 2: “A voelt vreemd door hoeveel ruimte er tussen de pijlen zit. B werkt al prettiger en het is fijn dat daar een grotere foto in past. Bij C loop je het makkelijkst door alle aangezichten heen, maar is misschien een probleem voor linkshandigen omdat het numpad aan de rechterkant zit.”

Tabel 1: Antwoorden op vragen over individuele interactie methoden

		Onderwerpen		
		Intuïtiviteit	Vermoeidheid	Snelheid
Interactie Methoden	A1	8	2	8
	A2	8	3	8
	B1	9	2	9
	B2	10	2	9
	C1	3	5	5
	C2	10	1	10

2.2.5.4 Conclusie

B en C bleken het meest in de smaak te vallen onder de proefpersonen. Een opvallend detail hierbij is dat C zeer polariserend lijkt: persoon 1 vond deze manier van werken verreweg het minst intuïtief, meest vermoeiend en langzaamst, terwijl persoon 2 C juist als intuïtiefst, minst vermoeiend en snelst omschreef. Aangezien B door beide personen positief omschreven is, is er besloten om B te bouwen, in combinatie met C. Dat betekent dat het uiteindelijke programma zowel met de muis als met het toetsenbord te besturen zal zijn, waarbij de interface lijkt op de interface van B.

2.2.5.5 Discussie

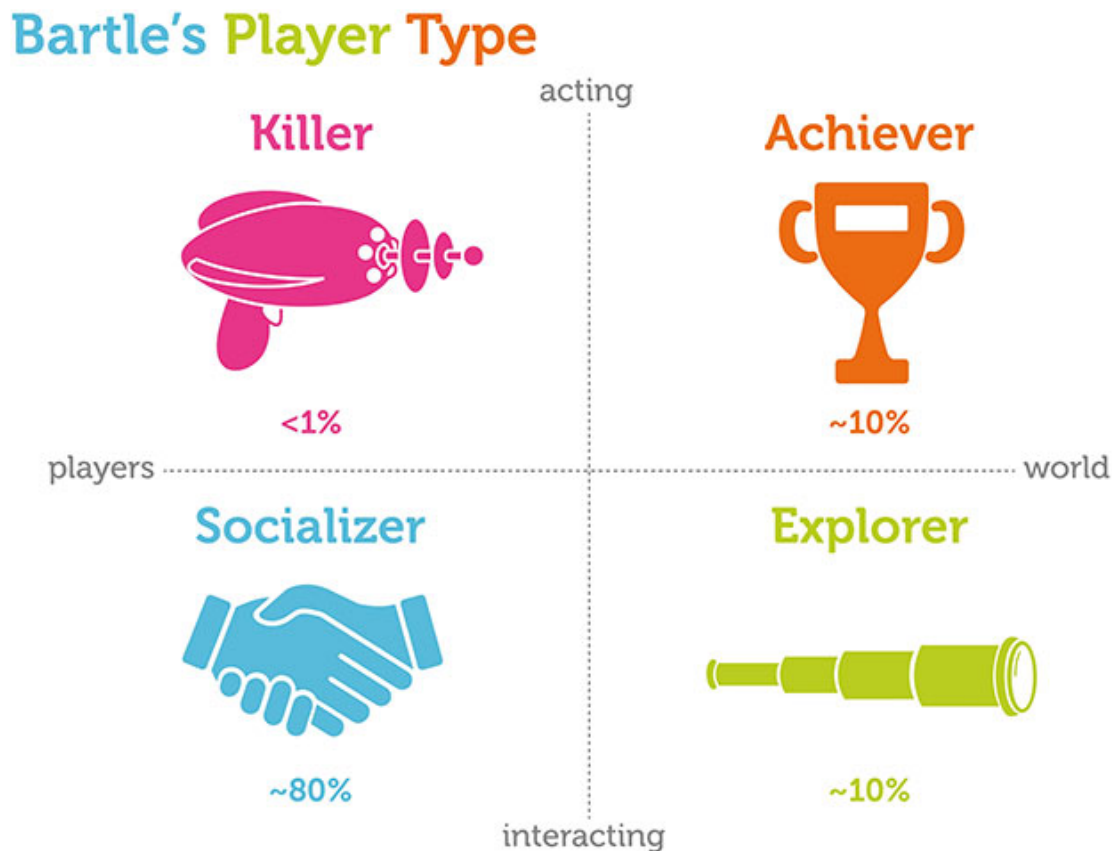
Er zijn een aantal dingen aan te merken op dit onderzoek. Ten eerste is er het feit dat maar twee personen zijn gevraagd om hun mening te geven over de interactie methoden. Dit betekent dat eventuele, van de norm afwijkende voorkeuren niet opgemerkt kunnen worden. Daarnaast waren deze personen zelf geen inspecteur maar begeleiders. Ze hebben dus de kennis wel om de test in te vullen zoals een inspecteur dat ook zou doen, maar eventuele voorkeuren die specifiek voor inspecteurs zijn, zijn niet meegenomen in de resultaten. Ook maakt dit onderzoek gebruik van zelfrapportagevragenlijsten, waarvan de validiteit moeilijk vast te stellen is.

2.3 Game Design

Dit hoofdstuk beschrijft hoe de MSA gemakkelijker kan worden gemaakt door middel van gamificatie en andere game design elementen. Paragraaf 2.3.1 beschrijft eerst de twee psychologische theorieën die ten grondslag liggen aan de ontwerpbeslissingen die gedurende de rest van het hoofdstuk gemaakt worden. Daarnaast bevat deze paragraaf een aantal casestudies waaruit wij ideeën hebben opgedaan voor het ontwerp van het programma. Vervolgens beschrijft paragraaf 2.3.2 de persona waarvoor wij het spel ontwerpen. Met deze persoon in het achterhoofd beschrijven paragrafen 2.3.5, 2.3.6 en 2.3.4 opties voor game design door middel van respectievelijk gamificatie, serious gaming en gameful design.

2.3.1 Onderzoek

In de volgende paragrafen worden twee psychologische theorieën achter game design uiteengezet. Eerst zal Bartle's theorie over de verschillende soorten spelers uiteengezet worden en daarna komt de theorie van Lazzaro over verschillende manieren van het opwekken van emoties aan bod. Aansluitend zullen er twee casestudies gepresenteerd worden waaruit wij elementen hebben gehaald om te verwerken in ons eigen ontwerp.



Figuur 2: Speler types volgens Bartle (uit Gamification at Work: Designing Engaging Business Software [5])

2.3.1.1 Bartle's speler types

Allereerst richten we ons op de gebruikers. Volgens Bartle [1] vallen spelers qua gedrag op twee spectra. Het “Acting-Interacting” spectrum toont het verschil tussen spelers die graag invloed uitoefenen *op* “iets” in tegenstelling tot spelers die liever samen werken *met* “iets”. Dit “iets” wordt vervolgens gedefinieerd door het “Players-World” spectrum, wat spelers uitzet tegen de wereld als lijdend dan wel meewerkend voorwerp. De combinatie van een spelers positie op beide spectra creëert een favoriete manier van spelen die als volgt kunnen worden opgesomd (zie ook figuur 2):

- **Achievers** spelen spellen om de beste te zijn in het doel van het spel. Voorbeelden van doelen voor deze spelers zijn het uitspelen van het spel of het hoogste aantal punten behalen.
- **Killers** spelen spellen om invloed uit te kunnen oefenen op andere spelers. Voorbeelden van doelen voor deze spelers zijn het doden van andere spelers personages of het creëren van chaos.
- **Explorers** spelen spellen om te ontdekken hoe het spel werkt. Voorbeelden van doelen voor deze spelers zijn het ontdekken van nieuwe gebieden of het ontdekken van bugs in het spel.
- **Socializers** spelen spellen om met andere spelers om te gaan. Voorbeelden van doelen voor deze spelers zijn een gilde opzetten of een verhaal creëren met vrienden.

Aangezien deze typen spelers door verschillende elementen van een spel worden aangetrokken, is het van belang om bij het ontwerpen van de gegamificeerde MSA aspecten in te bouwen voor elke soort speler. Hierbij is het nuttiger om de aandacht te leggen op spelelementen die meerdere types spelers aanspreken dan het creëren van meerdere aspecten voor een enkel type.

2.3.1.2 Lazzaro's sleutels tot emotie

Emotie in een spel is volgens Lazzaro [6] door middel van vier “sleutels” te creëren. Deze sleutels zijn als volgt te omschrijven:

- **Hard Fun** is het plezier dat kan worden gehaald uit het behalen van een moeilijk doel, zoals bijvoorbeeld het uitspelen van een spel of het verslaan van een moeilijke vijand.
- **Easy Fun** is het plezier dat kan worden gehaald uit eenvoudigweg het spel te spelen. Voorbeelden van activiteiten die deze vorm van plezier opwekken zijn het ontdekken van de spelwereld of het inleven in je spelpersonage.
- **Altered States** omschrijft het genereren van emotie door middel van een combinatie van perceptie, gedachten en gedrag in een sociale context. Spelers met een focus op deze key spelen om zich beter over zichzelf te voelen of om verveling tegen te gaan.
- **The People Factor** omschrijft de emoties die los komen bij menselijke interactie, bijvoorbeeld als gevolg van vriendschap en rivaliteit.

Deze sleutels zijn vrij eenvoudig te linken aan de vier verschillende speler typen. Zowel Achievers als Killers zijn vooral gefocust op Hard Fun. Zij halen hun plezier uit het overwinnen van obstakels, of die obstakels nu het spel zelf zijn voor Achievers of andere spelers voor Killers. Easy Fun is het meest aantrekkelijk voor Explorers. Het ontdekken van de wereld waarin zij zich bevinden en het genieten van de esthetiek van de omgeving vormt voor hen de belangrijkste drijfveer. De evangelisten van The People Factor zijn vanzelfsprekend de Socializers. Zij halen hun plezier uit het sluiten van vriendschappen en het creëren van een sociaal netwerk.

2.3.1.3 Casestudies

Deze paragraaf zal twee casestudies presenteren, waaruit elementen zijn gehaald die mogelijk gebruikt kunnen worden in het uiteindelijke ontwerp van de MSA. Ook de gedachtegang achter het gebruik van specifieke technieken voor bepaalde doelgroepen wordt besproken en meegenomen in het ontwerp proces.

Halan et al. [3] deden onderzoek naar een effectieve manier om geneeskunde studenten te motiveren om mee te werken aan het ontwikkelen van een programma dat uiteindelijke gesprekken met patiënten na zou bootsen. Zij bewerkstelligden dit door de competitiviteit aan te spreken die veel geneeskundigen delen door middel van een ranglijst en het uitdelen van punten. Daarnaast creëerden zij een verhaal rondom de opdracht wat de studenten aansprak in hun werkveld. Dit verhaal gaf ook ruimte voor het gebruik van deadlines, wat de studenten ook aansprak in de tijdsdruk die inherent is aan het werk in het medische veld. Deze maatregelen bleken sterk motiverend te werken. Echter bleken de studenten door dit nieuwe systeem vooral gefocust op het scoren van punten, in plaats van het simuleren van een realistische arts-patient conversatie. Deze les is ook belangrijk voor het uiteindelijke ontwerp van de MSA: de game elementen mogen niet afleiden van de eigenlijke test, ze mogen de test alleen aangenamer maken.

Li, Grossman en Fitzmaurice [7] ontwikkelden een tutorial systeem voor AutoCAD gebruikers. Zij gebruikten hierbij een combinatie van verhaal, levels, missies, timers, onmiddellijke feedback, begeleiding systemen, visuele verhaal vertelling, verrassingen en flow (goede overeenkomst tussen vaardigheid en moeilijkheid). Dit bleken effectieve middel om interactie met het systeem te bevorderen. Daarnaast namen deelnemers tot 135% sneller informatie op. Uit dit onderzoek halen wij voornamelijk dat de combinatie van meerdere elementen tot betere resultaten leidt. Daarnaast lijkt een geleidelijke opbouw door middel van verhaal, missies, levels en verrassingen bevorderend voor soepele ervaringen.

Uit deze voorbeelden kunnen we elementen halen om de verschillende personaliteiten aan te spreken die we hiervoor hebben besproken. We kunnen de aandacht van Killers vasthouden door middel van systemen als punten en ranglijsten. Deze systemen prikkelen hun interne drang om beter te zijn dan anderen. Ook Achievers zijn te boeien met punten, maar willen voornamelijk erkenning voor hun prestaties en voor uitdagingen worden gesteld. Naast punten zijn elementen die goed bij hen passen trofeeën, levels, onmiddellijke feedback en goede flow. Socializers zijn te entertainen met sociale aspecten, zoals opnieuw ranglijsten, maar ook simpele visualisaties zoals hoeveel procent dezelfde badges heeft gehaald of gepersonaliseerde trofeeën die ze kunnen bespreken met hun collega's. Ten slotte hebben we nog de Explorers die voornamelijk verschillende mogelijkheden willen ontdekken. Voor hen zijn een verhaal en missies interessant, aangezien deze geleidelijk meer informatie aan hen blootstellen. In het puntensysteem denken we dan ook aan meerdere manieren om punten te behalen en verrassende evenementen om hun aandacht te houden op het spel.

2.3.2 Persona

Om een betere inschatting te kunnen maken van de effectiviteit van verschillende gamificatie technieken moeten we weten wat onze doelgroep is. Hiervoor hebben we een persona opgesteld die de gemiddelde gebruiker representeert. Deze persona is gebaseerd op interviews met inspecteurs. Op willekeurige dagen hebben we inspecteurs uit de fabriek gevraagd of ze wilden deelnemen aan het onderzoek. Uiteindelijk hebben we 5 personen kunnen interviewen. Naast deze interviews hebben deze inspecteurs ook een Keirsey Temperament Sorter II [4] vragenlijst ingevuld, die vervolgens terug te koppelen was aan Bartle's speler types door middel van een artikel van Bart Steward voor Gamasutra [14]. We hebben voor deze omweg gekozen omdat de testen voor Bartle's speler types erg "game-achtig" zijn in hun vragen, en dus niet altijd makkelijk uit te leggen zijn naar personen die geen games spelen.

Onze persona is een mannelijke staalinspecteur. Zijn werk bestaat, naast het keuren van staal aan de lopende band, ook uit een redelijke hoeveelheid administratie. Daarnaast loopt hij vaak rond om op verschillende plekken dingen te regelen. Hij is de tussenpersoon tussen Tata Steel en de klant en is dan ook eindverantwoordelijk voor de kwaliteit van het staal dat bij de klant wordt geleverd. Hij wordt gemotiveerd door de variatie die zijn werk hem biedt en draagt behoorlijk wat verantwoordelijkheid. Uit de Keirsey Temperament Sorter II bleek dat 80% van de ondervraagden het ESTJ type waren. Dit type is als volgt te omschrijven:

- **Extravert**, deze persoon krijgt energie uit sociale interacties en zoekt ze dan ook op.
- **ObS**ervant, deze persoon redeneert op een concrete manier en denkt liever na over wezenlijke dingen dan abstracte ideeën.
- **Thinking**, deze persoon ziet logica als een belangrijker criterium dan persoonlijke voorkeur bij het maken van keuzes.
- **Judging**, deze persoon maakt graag plannen en is besluitvaardig.

Dit type is te linken aan het "Guardian" temperament. Guardians stellen graag hun bezittingen veilig door het volgen van regels. Opvallend is dat alle geteste inspecteurs binnen dit temperament vielen. Dit temperament is te linken aan Bartle's Achiever spelerstype. Dit betekent dat ons persona graag beloningen verwerft door, binnen de normale kaders van het spel, hoog te scoren en ervaring op te doen.

Hierbij moet wel vermeld worden dat er een mogelijk vertekend beeld van de groep van inspecteurs is ontstaan op het vlak van extraversie, doordat het team de inspecteurs heeft gevraagd of ze mee wilden doen aan dit onderzoek. Introverte mensen zullen hier minder snel een positief antwoord op geven dan hun extravertere collega's. Echter zou deze discrepantie alleen niet voor een afwijking qua temperament en spelerstype kunnen zorgen, het extraversie spectrum niet bepalend is voor het uiteindelijke Keirsey temperament.

Deze persona zou het systeem met plezier moeten kunnen gebruiken om de test uit te voeren. Hoewel deze persona onze hoofddoelgroep representeert, blijven wij ons ervan bewust dat er meerdere karakters bestaan onder de inspecteurs. Er zullen bijvoorbeeld gebruikers zijn die altijd de test foutloos maken en het zien als een tijdsverspilling, of gebruikers die de MSA voor de eerste keer uitvoeren en bang zijn voor de test. Iedereen heeft andere ervaringen en motivaties. In ons onderzoek proberen we met game design technieken manieren te vinden om deze persona mee te krijgen, evenals om elk type speler aan te spreken.

2.3.3 MSA-modus en trainingsmodus

In de volgende drie paragrafen zal worden uitgelegd hoe de concepten van Gameful Design, Gamificatie en Serious Games te gebruiken zijn in het ontwerp van de digitale MSA. Echter, gedurende het onderzoek naar deze elementen is het ontwikkelteam tot de conclusie gekomen dat een zeer groot gedeelte van deze elementen niet past binnen de strikte statistische eis dat de digitale MSA dezelfde resultaten moet genereren als de fysieke MSA. Een voorbeeld hiervan is de Directe Feedback uit Gameful Design. Het toevoegen van feedback op de correctheid van het antwoord van de inspecteur kan voor afwijkingen zorgen in de resultaten van de digitale test ten opzichte van de fysieke test. Immers wordt elke plaat meermaals herhaald en kan men van de feedback van vorige verschijningen leren dat een bepaald antwoord incorrect is.

Als gevolg van bovenstaande eis en de wens van Tata Steel om het programma tevens als opleidingshulpmiddel te gebruiken, is er besloten om twee modi in het programma in te bouwen. De eerste modus is de officiële MSA-modus, waarin game-elementen uit en aan kunnen worden gezet, naar gelang hun effect op de resultaten van de test ten opzichte van de fysieke test. De tweede modus is een trainingsmodus. In deze modus zal de nadruk minder op de statische gelijkheid met de fysieke MSA liggen, en meer op het aanmoedigen van leergedrag door middel van Gameful Design, Gamificatie en Serious Gaming. De trainingsmodus zal zich dus focussen op het creëren van een echte spelervaring, terwijl de MSA-modus zich meer zal richten op het vertalen van de fysieke MSA naar een statisch equivalente, digitale vorm. Spelelementen die geen statistisch significant effect hebben op de testresultaten zullen in beide modi te vinden zijn.

2.3.4 Gameful design

Games worden ontworpen om aantrekkelijk te zijn om te spelen en het overnemen van spel-achtige ontwerpelementen is een vrij eenvoudige manier om Easy Fun op te wekken. De volgende elementen lenen zich goed om te worden gebruikt in de gegamificeerde MSA:

- **Voortgangsbalken** kunnen motiverend werken doordat ze tonen hoeveel platen er nog gekeurd moeten worden en dus een duidelijk doel stellen.
- Een **Verhaallijn** kan het proces en het doel achter de test duidelijker maken. Daarnaast zorgt het voor een duidelijk reden waarom de test belangrijk is om uit te voeren en geeft het context aan elke certificering.
- **(Directe) feedback** leidt tot een gevoel van trots bij de speler in het geval van correcte antwoorden en straft foute antwoorden duidelijk af. Hoewel feedback nuttig is in zowel de MSA als de trainingsmodus, leent de directe variant zich beter voor die laatste, aangezien men anders zijn of haar antwoorden kan aanpassen op de feedback die gedurende de test is ontvangen. In de trainingsmodus zou dit element er daarom uit zien als feedback na elke vraag, terwijl in de MSA de feedback op zich zou laten wachten tot alle platen gekeurd zijn.

2.3.5 Gamificatie

Gamificatie is het introduceren van stimulerende spel elementen aan activiteiten die van zichzelf geen spel zijn. Om gamificatie succesvol in de MSA te introduceren, is het van belang dat deze elementen niet in strijd zijn met het optimaal uitvoeren van de test.

Sommige spelelementen hebben een optimale waarde als het gaat om hun gebruik. Een voorbeeld daarvan is de hoeveelheid tijd die beschikbaar wordt gesteld per vraag. Moore en Tenney [9] deden onderzoek naar het effect van het gebruik van tijdsdruk. Zij concludeerden dat te veel tijdsdruk een negatieve factor is omdat dit kan leiden tot overhaaste antwoorden. Aan de andere kant bleek een gebrek aan tijdsdruk ook nadelig te werken, aangezien teveel nadenktijd ervoor kan zorgen dat mensen gaan twijfelen aan hun oordeel. Daarom hebben wij besloten om de meeste spelelementen voor de testmodus optioneel en aanpasbaar te maken, zodat deze kunnen worden geconfigureerd naar de eisen van Tata Steel. De geïmplementeerde spelelementen zullen echter wel in hun volledige capaciteit aanwezig zijn in de trainingsmodus.

Hieronder geven wij een kort overzicht van de verschillende spelelementen die het meest relevant zijn voor de MSA.

- **Punten:** Een puntensysteem waarbij punten op meerdere manieren te verkrijgen zijn zou zeker voor de Achiever en Explorer types een mogelijkheid zijn. Een belangrijk aspect van een puntensysteem is dat mensen met een betere algemene prestatie meer punten horen te halen dan mensen die bijvoorbeeld meer fouten maken. Dit zou dan voornamelijk gereflecteerd worden in de hoeveelheid punten die worden gegeven voor het goed hebben van een vraag en hoeveel er gegeven worden voor extra dingen zoals snelheid, het aantal vragen achter elkaar goed, bonusvragen en bonusrondes.
- **Leaderboards:** Bouwend op dat puntensysteem kunnen we de Killers, Achievers en Socializers aanspreken op hun vraag naar competitie. Door de punten te gebruiken voor een ranglijst kan de eigen prestatie vergeleken worden met die van anderen. Omdat niet iedereen vergeleken wilt worden met de rest, zullen we altijd de optie geven om op de leaderboard te staan of niet, ook met een naam die men zelf kiest.
- **Timers:** Aan het puntensysteem zou diepgang kunnen worden verleend door het gebruik van een timer. Hierbij zou een speler bijvoorbeeld extra punten kunnen krijgen voor snellere beslissingen. Echter brengt een dergelijke implementatie een volledig nieuw element met zich mee in de vorm van tijdsdruk. De fysieke MSA kent dit element niet. Er zal dan ook uitvoerig onderzoek moeten worden gedaan naar het effect van tijdsdruk op de prestaties van de inspecteurs op de MSA voordat een dergelijk element geïmplementeerd kan worden in de test-modus. Helaas valt dergelijk onderzoek buiten de scope van dit project. Wij raden eventuele toekomstige ontwikkelteams aan nog eens goed naar dit spelelement te kijken.
- **Trofeeën:** Als men punten kan verdienen op verschillende manieren, kunnen we trofeeën geven voor opmerkelijke prestaties. Dit is vooral interessant voor Achievers en Explorers, die veel belangstelling hebben voor het tonen van hun expertise. Het is ook mogelijk te tonen hoeveel anderen deze trofeeën ook hebben om wederom competitie te stimuleren.
- **Flow en introductierondes:** Als we meer game elementen introduceren in de test modus is het waarschijnlijk een goed idee om eerst een kleine opbouwronde te doen om alle elementen uit te leggen. Flow betekent dat er een balans is tussen vaardigheid en moeilijkheid. We willen voorkomen dat de test moeilijker wordt, dus zal dit vooral liggen in het behalen van zoveel mogelijk punten.

2.3.6 Serious games

In tegenstelling tot gamification, wat binnen de taak zelf bepaald gedrag probeert te stimuleren, bestaat serious gaming uit het creëren van een spel rondom de taak die gegamificeerd moet worden. Serious gaming is dan ook minder afleidend dan gamification en zal minder effect hebben op de statistische equivalentie van de digitale MSA dan gamification elementen. Een dergelijke implementatie legt geen extra druk en verwachtingen op het keuren van de plaat zelf, maar biedt wel een uitgangsklep aan tussen het keuren door. Dit zorgt voor meer betrokkenheid bij het spel zonder iets af te doen aan de MSA zelf.

In de concrete context van dit project is het idee ontstaan om het keuren te verbinden aan een praktische toepassing, namelijk het bouwen van een raceauto met het gekeurde staal. In het geval van betere of slechtere prestaties bij de keuring bouw je een snellere of tragere raceauto, welke dan tegen de auto's van de andere inspecteurs kan racen. De extra mogelijkheden voor de race bestaan uit het introduceren van alternatieve paden en het introduceren van effecten op de auto op basis van zijn bouwkwaliteit. Het idee achter deze versie van de test is het opzetten van een kleine competitie tussen collega's zonder dat de competitie of het spel zelf het afleggen van de test in de weg zit. Deze competitie zorgt dan voor zowel Hard Fun als de People Factor, terwijl een bevredigend racesysteem Easy Fun op kan wekken.

2.4 Conclusie

In de paragrafen hiervoor is een overzicht gegeven van de verzamelde informatie en overwegingen die gemaakt zijn in verband met het automatiseren en gamificeren van de MSA voor TATA steel. Uit het onderzoek dat naar gamificatie is gedaan blijkt dat er geen eenduidige "correcte" manier is om het concept toe te passen in elke usecase. In het geval van de MSA is het nog onduidelijk of het introduceren van spelelementen af zou leiden van de test zelf en of de test daardoor statistisch andere resultaten gaat produceren.

Om te voorkomen dat de resultaten van de digitale test significant afwijken van de uitkomsten van de fysieke test, is het volgende plan opgezet; Allereerst wordt de huidige MSA zo waarheidsgetrouw mogelijk overgezet naar een digitale vorm, waarbij zo min mogelijk nieuwe elementen zijn toegevoegd. Als deze basis versie eenmaal af is, kan daarop voort worden gebouwd met spelelementen. In het geval dat een dergelijk spelelement te afleidend wordt bevonden kan het worden uitgeschakeld in de officiële MSA mode maar nog wel worden aangeboden in de trainings mode. Op deze manier kan er simultaan aan de beide modes worden gewerkt, waarbij de uiteindelijke MSA modus zoveel mogelijk spelelementen bevat zonder de resultaten te beïnvloeden en waarbij de trainings mode kan uitgroeien tot volledige game.

Om dit te bewerkstelligen zijn een tweetal zaken van groot belang. Ten eerste dient de basis versie van de test correct te werken en robuust genoeg te zijn voor toevoegingen. Ten tweede behoren de spelelementen modulair geschreven te worden, zodat ze eenvoudig uitgezet kunnen worden zonder de rest van de test te beïnvloeden. Om het eenvoudig te maken voor Tata Steel om na ons vertrek nog toevoegingen te maken, moet het duidelijk zijn hoe deze modules kunnen worden geschreven en toegevoegd aan het programma.

3 Ontwerp en implementatie

Dit hoofdstuk bespreekt het ontwerp en de implementatie van het programma. Er zijn drie afzonderlijke aspecten aan het eindproduct: het keuren van de platen, het opzetten van de test, en het gamificeren van de test. De eerste twee aspecten zijn deel van de digitalisering van de fysieke MSA test. Bij deze onderdelen lag de focus op het creëren van een test die zowel snel in te vullen is, als zoveel mogelijk overeen komt met de fysieke MSA qua resultaten voor respectievelijk de inspecteur die getest wordt en de begeleider die de test moet afnemen. Het gamificeren van de test heeft als voornaamste doel om de test plezieriger en minder langdradig te maken. Om duidelijkheid te scheppen wordt er bij elk aspect vermeld welk probleem het op behoort te lossen, welke features zijn ontwikkeld om dit probleem op te lossen en waarom er voor deze features gekozen is.

3.1 Keuren

Het keuren van de platen is de absolute basis van de applicatie. Immers moeten inspecteurs in de eerste plaats hun werk even goed kunnen uitvoeren via het programma als via de fysieke platen. De twee belangrijkste vragen die hier moeten worden beantwoord zijn: “Hoe vertaalt men het fysiek keuren van een plaat naar een digitale vorm?” en “Hoe kan men de interactie met het systeem zo intuïtief en vlot mogelijk laten verlopen?”

3.1.1 Photoview

Met de photoview wordt de manier bedoelt waarop een plaat wordt weergegeven op het scherm zodat een inspecteur er al dan niet een fout in kan ontdekken. Hierbij is het relevant om te vermelden dat er meerdere projecten bij Tata Steel parallel met dit project lopen. Deze projecten richten zich puur op het onderzoeken van verschillende manieren van het weergeven van een plaat. Om deze reden heeft het ontwikkelteam zich niet gericht op het zoeken naar een alternatieve methode van het tonen van platen dan het weergeven van foto's.

Nuances van de fysieke platen als gladheid en bobbels kunnen logischerwijs niet altijd vertaald worden naar een digitale versie. Daarom heeft het team gesprekken gevoerd inspecteurs om te bepalen welke handelingen zij uitvoeren als ze een plaat moeten keuren. Een van deze handelingen was het draaien van de plaat zodat je de fout in een andere lichtinval kan zien. Om dit te simuleren vereist het programma dat elke plaat vanuit meerdere hoeken wordt gefotografeerd. Deze foto's moeten ook een liniaal bevatten om zowel een gevoel voor de echte grootte van de fout te geven, als een consistent oriëntatie punt bij het wisselen tussen foto's van dezelfde plaat. Deze liniaal wordt dus niet verplaatst tussen het nemen van de verschillende foto's. Een voorbeeld hiervan is te zien op figuur 3.

In overleg met Tata Steel heeft het ontwikkelteam vijf vereiste aanzichten per foto bepaalt: Een foto die loodrecht op de plaat wordt genomen en vier foto's die onder een hoek van 45 graden van de linker, rechter, boven en onderkant (figuur 4) zijn genomen. Het programma heeft echter ook functionaliteit voor het toevoegen van foto's genomen vanuit de linker en rechter boven- en onderhoek indien dit later gewenst is. Elk aangezicht kan men met zowel de pijltjes op het toetsenbord als de knoppen op het scherm selecteren. De plaat wordt horizontaal getoond, om maximaal gebruik te kunnen maken van de dimensies van het scherm.

Naast het bekijken van een plaat vanaf meerdere hoeken, merkte het ontwikkelteam ook op dat inspecteurs bij de fysieke test de plaat soms dicht bij hun ogen hielden. Om hier een vertaling van te kunnen maken is er een zoomfunctie geïmplementeerd. Men kan inzoomen op de plaats waar de muis staat en kan vanaf daar navigeren op de platen zelf, zoals te zien op figuur 5.



Figuur 3: De Photoview zoals hij in het keurscherm te zien is.

3.1.2 Scherm design

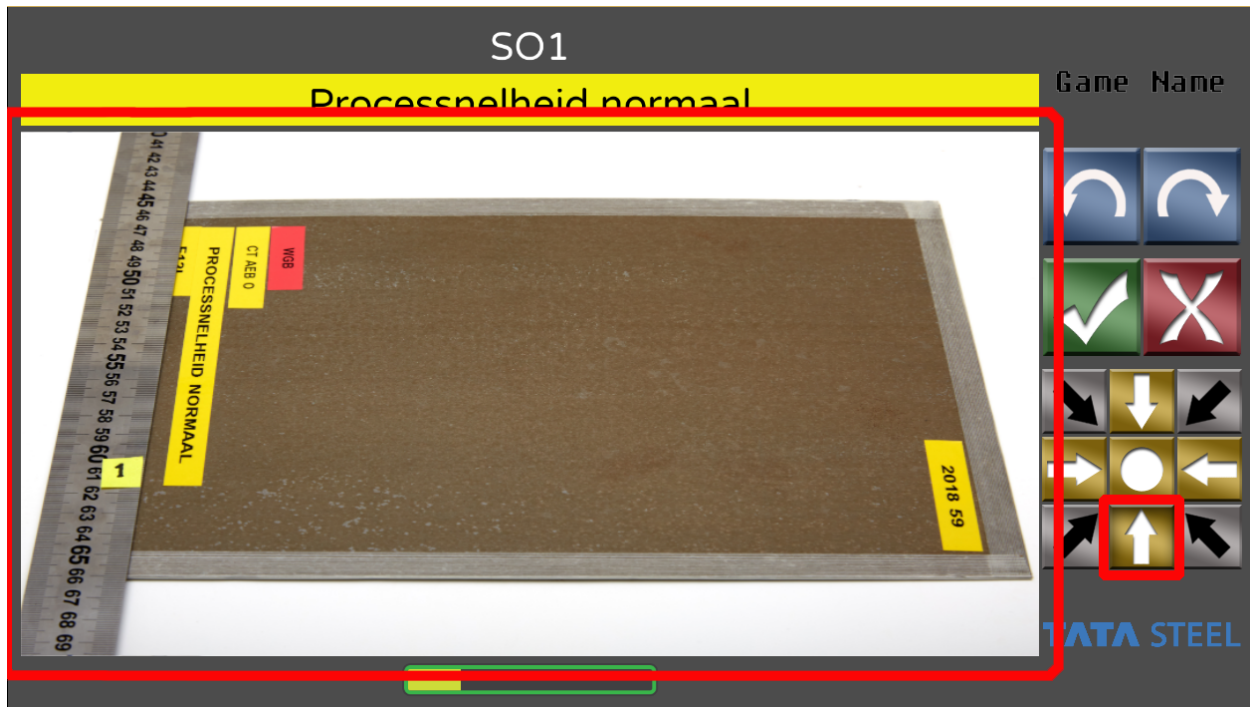
In paragraaf 2.2.5 werd al uiteengezet dat het team onderzoek heeft gedaan naar Human Computer Interaction, waarbij het doel was om te bepalen op welke wijze gebruikers liever met het programma interacteerden. Hieruit is de conclusie getrokken dat men het beste de photoview links in het scherm kan tonen, zodat alle knoppen bij elkaar kunnen staan aan de rechter kant. Deze knoppen zijn vierkant en breed ontworpen, zodat men snel en precies te werk kan gaan. Naast de knoppen voor het goed of fout keuren van een plaat en de knoppen waarmee een aanzicht kan worden geselecteerd, zijn er ook twee knoppen met pijlen erop om voor- en achteruit te gaan in de quiz. Deze knoppen zijn toegevoegd om inspecteurs de mogelijkheid te bieden aanpassingen te maken aan eerder beoordeelde platen. Het volledige scherm is te zien op figuur 6.

3.1.3 Image cache

Aangezien de aangeleverde foto's van een hoge resolutie moeten zijn om inzoomen waardevol te maken, kan het een tijd duren voor alle foto's geladen zijn. Om dit probleem te omzeilen is er een image cache geïmplementeerd. Deze cache zorgt ervoor dat de foto's die als volgende nodig gaan zijn worden ingeladen voordat ze moeten verschijnen op het scherm.

3.1.4 Resultaten scherm

Na een MSA willen begeleiders vaak met de inspecteurs hun resultaten bespreken. Hiervoor heeft het team meteen na de test een resultaten scherm gemaakt. Men kan hier de totale score op de test zien, zowel als de score per ronde. Daarnaast kan men in de lijst ook de individuele antwoorden zien per plaat, met de naam en thumbnail van de plaat ter herkenning (figuur 7).



Figuur 4: De Photoview met een foto van het onder zijaanzicht

3.2 Opzetten

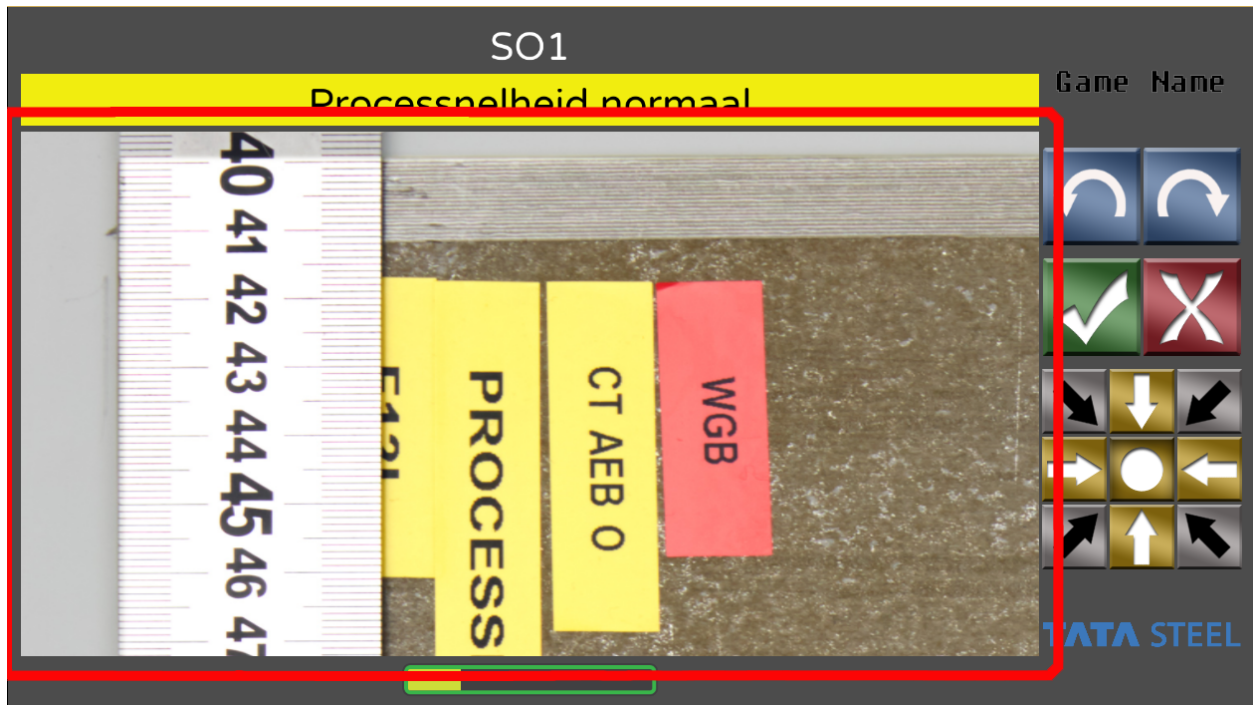
Het programma wordt niet alleen gebruikt door inspecteurs die getest moeten worden, maar ook door begeleiders die de test opzetten. Ook het gedeelte van het programma waar zij het meest mee omgaan mag zo min mogelijk extra werk opleveren. Het doel was daarom om het zo eenvoudig en snel mogelijk te maken om een test op te zetten.

3.2.1 Platen uploaden

Voor het opzetten van een test moet een begeleider foto's van platen kunnen uploaden. In het bestandssysteem is een plaat een map met foto's erin. Een testset is dan een map die platen bevat. Bij het aanmaken van een plaat kan een begeleider een foto uploaden voor elk perspectief. Achter de schermen een dergelijke foto opgeslagen met een prefix van zijn perspectief. Een foto van de bovenkant van de plaat zal dan bijvoorbeeld opgeslagen worden als "top_" met daarna de originele naam van de foto, in de map met als naam de plaatnaam waar de foto bij hoort. Deze plaat wordt op zijn beurt weer opgeslagen in de map met als naam de ingevoerde setnaam (figuur 8).

3.2.2 Kalibratierondes

Voordat een test wordt afgenomen, kan een set plaat worden gekalibreerd door experts. Dit wordt bewerkstelligd door de experts over iedere plaat een individueel oordeel te laten geven. Als er aan het eind van deze kalibratierondes consensus is over de toelaatbaarheid van een plaat wordt die waarde gebruikt voor de test. Als er geen consensus wordt bereikt moeten de experts samen bespreken wat het goede oordeel moet zijn. Om dit antwoord vervolgens alsnog te definiëren biedt het programma de mogelijkheid om alleen de platen waar nog geen consensus over is te kalibreren, in plaats van alle platen in een set. Bij kalibratie worden er

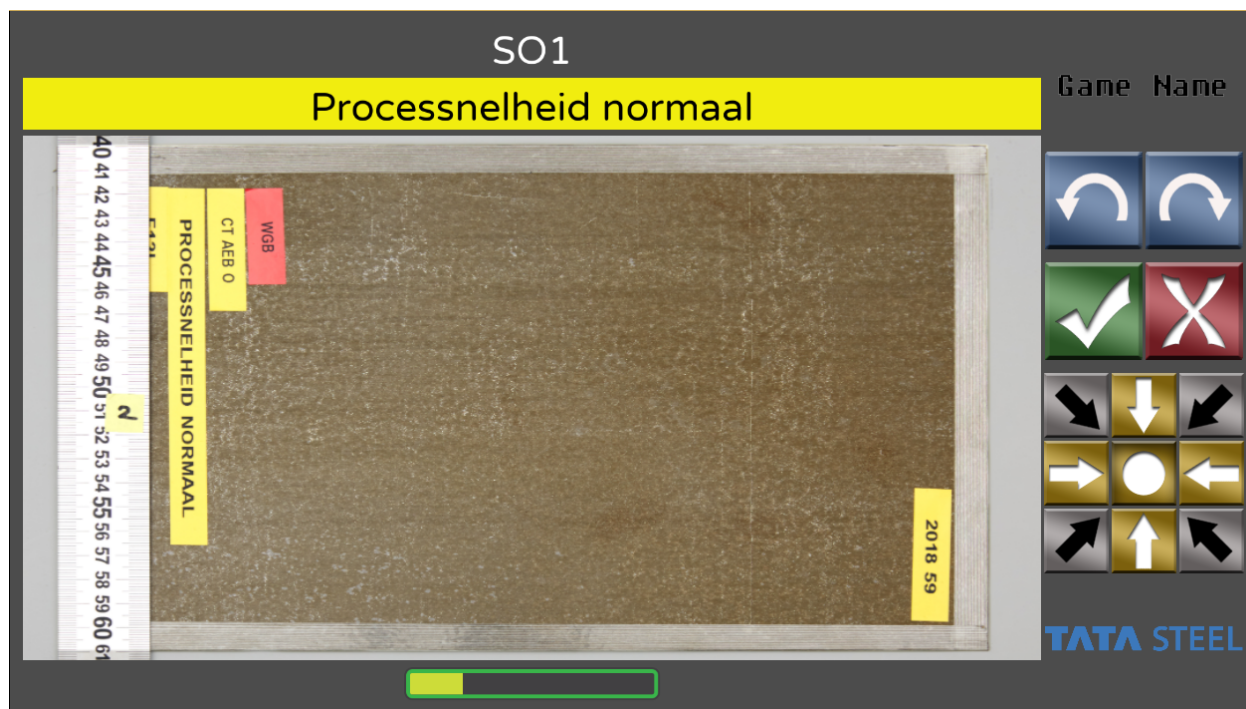


Figuur 5: De Photoview in het keurscherf ingezoomd op de plaats van de muis.

evenveel rondes gehouden als dat er expert zijn en is er de mogelijkheid gegevens te veranderen, zoals het kwaliteitsniveau en de extra tekst die per plaat kan worden weergegeven (figuur 9).

3.2.3 Resultatenrapporten

Uit de MSA test wordt een Cohen's Kappa berekend. Deze berekening gebeurt door een apart programma genaamd Minitab. De taak van de digitale MSA is dus het genereren van een rapport dat makkelijk naar Minitab kan worden overgezet. In dit rapport staan alle antwoorden die de inspecteur heeft gegeven, de referentieantwoorden, de opslag locatie, de naam van de begeleider en het tijdstip van de test (figuur 10).



Figuur 6: Het scherm waarop de inspecteurs de platen kunnen keuren

3.3 Gamificatie

Voor het gamificeren van de test waren er verschillende opties, zoals reeds vermeld in paragraaf 2.3. De grootste uitdaging bij het gamificeren van de test was om het spel plezierig te maken om te spelen terwijl de test statistisch equivalent moest blijven aan de fysieke test. Met dit in het achterhoofd bespreekt paragraaf 3.3.1 een aantal mogelijke oplossingen. In deze paragraaf worden ook de overwegingen voor het wel of niet aannemen van elk idee uitgelegd. Vervolgens bespreekt paragraaf 3.3.2 de uiteindelijke implementatie.

3.3.1 Mogelijke oplossingen

In paragraaf 2.3 werd uitgelegd wat het verschil is tussen serious games en gamificatie. Ter herhaling: gamificatie is het toevoegen van game elementen om een bepaald gedrag te stimuleren, terwijl serious games een manier zijn om een serieuze taak - zoals het afnemen van een MSA test - in de context van een spel te plaatsen. Hieronder worden eerst de oplossingen in de richting van gamificatie besproken en daarna de serious gaming oplossingen.

3.3.1.1 Oplossingen op basis van gamificatie

De eerste categorie van oplossingen bestond uit het gamificeren van de test zelf. Wat hiermee bedoeld wordt is dat aan het keuren zelf spelelementen worden toegevoegd om men op een andere manier te laten keuren. Het belangrijkste idee dat in deze categorie was bedacht, was het toevoegen van een puntensysteem waarin inspecteurs het tegen elkaar zouden opnemen. Het uitdiepen van dit puntensysteem kon dan worden bewerkstelligd door middel van gamificatie elementen. Immers kent het uitdelen van punten, puur gebaseerd op de correctheid van antwoorden, twee problemen. Ten eerste kan in de MSA geen directe feedback worden gegeven over het correct dan wel incorrect beantwoorden van een vraag. Hierdoor zouden spelers geen inzicht

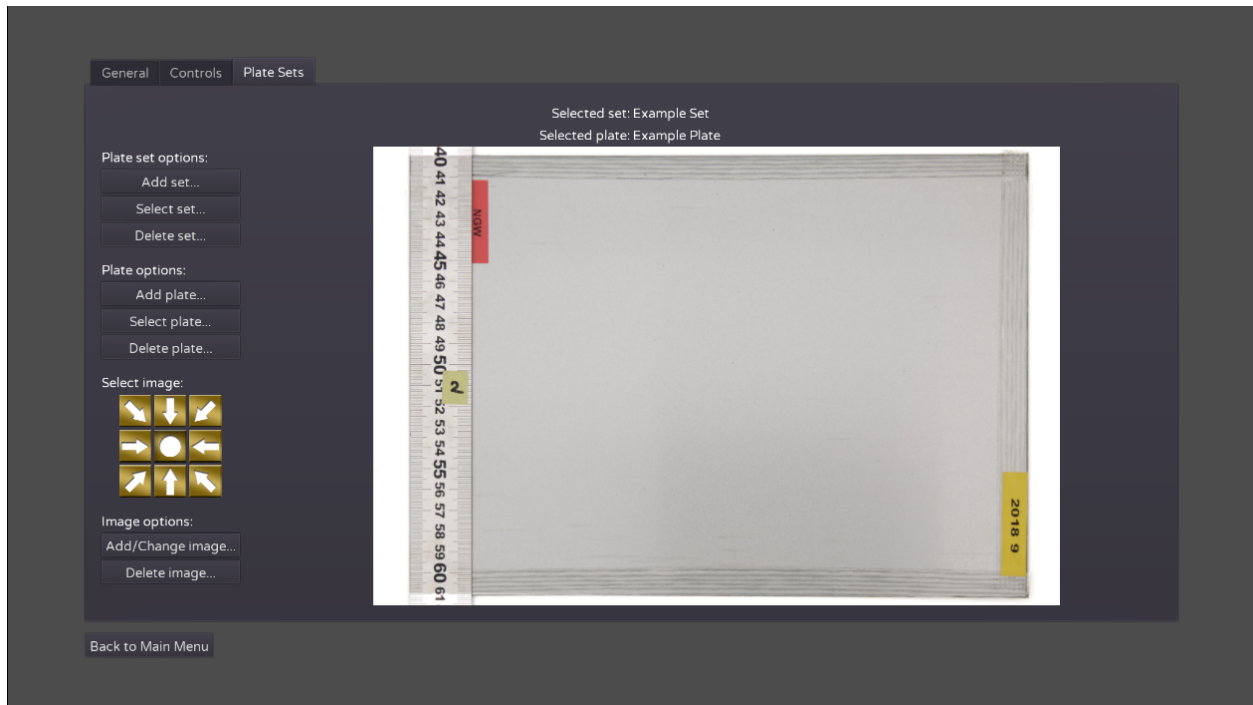
Results					
126/150	43/50	43/50	43/50	43/50	
Plate	Name	Round 1	Round 2	Round 3	Reference
	2018 24	Good	Good	Faulty	Good
	2018 25	Good	Good	Faulty	Good
	2018 24	Good	Good	Faulty	Good
	2018 27	Good	Good	Faulty	Good
	2018 28	Good	Good	Faulty	Good
					

Figuur 7: Het resultaten scherm

hebben in hun score gedurende het spel. Ten tweede beperkt dit het maximum aantal te behalen punten tot 150. Immers zijn er drie rondes met vijftig vragen. Dit maakt het niet ondenkbaar dat de topscores al heel snel enkel mensen zouden zijn met 150 punten.

Ter verdieping van dit systeem bedacht het team alternatieve systemen die bepaald gedrag stimuleren. Een daarvan was het creëren van een soort lopende band waar eens in de zoveel tijd een plaat binnen op kwam rollen. Een plaat verdwijnt alleen van deze lopende band als hij gekeurd werd. Als er een nieuwe plaat binnen rolde terwijl er nog een op de band lag, stapelde de nieuwe plaat zich op op de vorige. Hoe minder platen er op de band lagen, hoe meer punten de speler zou scoren. In gamificatie termen zou dit zowel het puntensysteem diepte verlenen als het gedrag aanmoedigen om sneller platen te keuren. Dit idee is lang meegenomen in het ontwerpproces maar is uiteindelijk geschrapt op basis van de informatie uit het artikel van Moore en Tenney over het effect van tijdsdruk op prestaties [9]. In dit onderzoek kwam namelijk naar voren dat dat tijdselementen altijd een effect hebben op de prestaties, zelfs al zijn ze niet “straffend”. De kans dat dit voor een statistische afwijking zou zorgen tussen de digitale en fysieke MSA was dus te groot.

Naast het idee van een tijdselement, was er ook nog het idee om punten te geven voor het spelen van een soort bonusronde of het beantwoorden van bonusvragen. Hierbij kon men dan kiezen om extra platen te keuren of extra antwoorden over de platen te geven, zoals het soort fout dat getoond werd, voor extra punten. Dit zou echter meer werk betekenen tijdens het opzetten van de test en het systeem zou hierdoor minder breed inzetbaar worden.



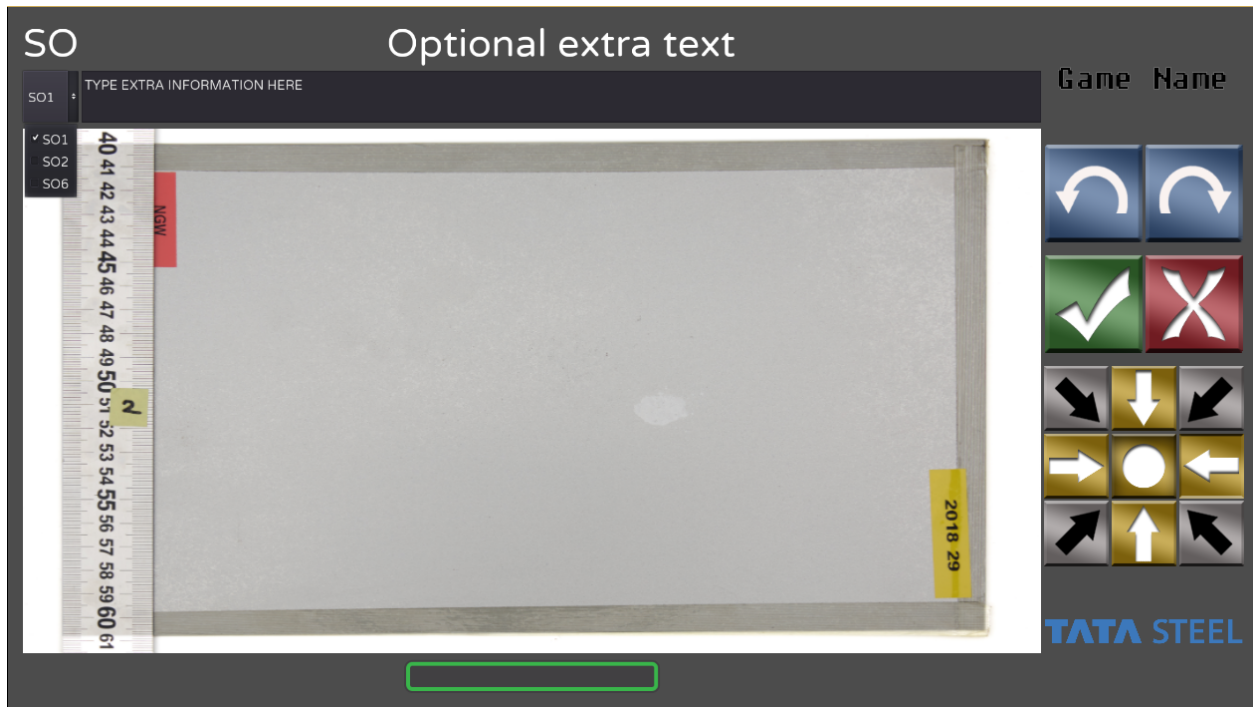
Figuur 8: Het paneel om sets, platen en foto's te uploaden

3.3.1.2 Oplossingen op basis van serious games

Als tweede optie bestond het idee om een serious game rondom het keuren van de platen op te bouwen. Ook voor deze categorie zijn er meerdere opties overwogen.

Een van de ideeën voor een serious game ontstond voordat het onderzoek naar de persona van de gemiddelde inspecteur afgerond was. Daarom is er bij de uitwerking van dit idee vanuit gegaan dat de inspecteurs voornamelijk Socializers zouden zijn. Deze oplossing zag er als volgt uit: de drie inspecteurs die samen de test maakten zouden ook samen een spel gaan spelen. Dit spel zou dan opgedeeld worden tussen momenten waarop er platen zouden worden gekeurd en momenten waarbij ze die platen dan ook zouden mogen gebruiken. Concreter betekende dit dat de inspecteurs platen zouden keuren. De correct gekeurde platen zouden dan omgezet worden in een soort ammunitie, waarmee de spelers vervolgens op elkaars kasteel konden schieten, vergelijkbaar met het spel “Angry Birds” (zie figuur 11). De speler van wie het kasteel dan het meest intact was tegen het einde, zou hebben gewonnen. In deze situatie heeft het keuren effectief niet veel te maken met het spel, waardoor de statistische equivalentie waarschijnlijk behouden zou zijn gebleven. Dit idee had echter een aantal minpunten. Een daarvan was dat dit spel zou vereisen dat een bepaald aantal inspecteurs tegelijkertijd de test zouden moeten maken. Ook bestond er een kans dat het spel alsnog zou afleiden van de test, doordat er mogelijk sociale druk zou ontstaan om sneller te keuren zodat men sneller verder kon met het spel.

Het ontwikkelteam heeft gezocht naar een oplossing waarin de inspecteurs met zo min mogelijk druk de test konden maken. Het onderstaande idee zou deels geïmplementeerd worden. Door gebrek aan tijd heeft het team niet het volledige idee kunnen ontwikkelen. Het is echter wel nog mogelijk om het programma later uit te bereiden om dit idee te realiseren.



Figuur 9: Het scherm waarop de inspecteurs de platen kunnen kalibreren

Het plan was om de test in de context van het creëren van een eigen raceauto te plaatsen. Het staal dat gekeurd werd zou dan gebruikt worden om deze auto op te bouwen. Voor elk onderdeel wordt er apart staal gekeurd en de kwaliteit van elk onderdeel wordt gebaseerd op hoeveel platen correct zijn gekeurd. Aan het eind van het keuren van de platen voor een bepaald onderdeel kunnen ze dat dan personaliseren. Uiteindelijk worden de onderdelen samen gebracht om hun unieke auto te maken. De algehele kwaliteit van de auto, wordt dan vervolgens berekend en gevisualiseerd, op basis van de kwaliteit van elk individueel onderdeel. Met deze visualisatie wordt er bedoeld dat de fouten uitwendig op de auto verschijnen in de vorm van roest. Uiteindelijk zouden de inspecteurs dan deel kunnen nemen aan een race met hun zelfgemaakte auto. Hierbij geldt: hoe hoger de kwaliteit van de auto, hoe beter de auto zal presteren. De race zelf kan er dan op twee manieren uit zien: een top-down racer (figuur 12) of een side-scroller in de trant van Hill Climb Racing (figuur 13). Beiden hebben hun eigen voor- en nadelen. De top-down race simuleert een echte race op een circuit, maar maakt het aanpassen van de auto grotendeels nutteloos, aangezien je onderdelen zoals de wielen niet kunt zien. In een side-scroller zou je wel alle onderdelen van de auto kunnen weergeven, maar doordat dit meer een behendigheid spel zou zijn dan een echte race zou de kwaliteit van de auto minder effect hebben op het spel dan in de top-down racer. In beide gevallen zou de inspecteur kunnen racen met zijn auto en het kunnen opnemen tegen de andere inspecteurs of zijn eigen beste tijd.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Supervisor	Thom van der Steenhoven							
2	Date:	25-6-2018							
3	Time:	14:49							
4	Path:	C:/Users/a025551EL/Downloads/gamification/GDProject/User Generated Content/Quiz/							
5									
6	name	s1	s2	s3	ref				
7	2018 03	Good	Good	Faulty	Good				
8	2018 03 - (	Good	Faulty	Faulty	Good				
9	2018 07	Good	Faulty	Good	Good				
10	2018 09	Good	Faulty	Good	Good				
11	2018 10	Good	Good	Good	Good				
12	2018 10 - (	Good	Good	Faulty	Good				
13	2018 11	Good	Good	Good	Good				
14	2018 11 - (	Good	Good	Good	Good				
15	2018 19	Good	Good	Faulty	Good				
16	2018 24	Good	Good	Faulty	Good				
17	2018 24 - (	Good	Faulty	Faulty	Good				
18	2018 29	Good	Faulty	Faulty	Good				
19	2018 29 - (	Good	Faulty	Good	Good				
20	2018 33	Good	Good	Good	Good				
21	2018 33 - (	Good	Good	Good	Good				
22	2018 35	Good	Good	Good	Good				
23	2018 36	Good	Good	Faulty	Good				
24	2018 36 - (	Good	Good	Faulty	Good				
25	2018 37	Good	Faulty	Faulty	Good				
		report(20180625144935)							

Figuur 10: Het gegenereerde resultaat rapport in excel

Deze oplossing van een soort racespel, of dat nu top-down of side-scroller was, was in onze ogen het meest veelbelovend aangezien het een mooie oplossing biedt voor enkele problemen die de vorige ideeën hadden. Het creëert geen extra druk voor de inspecteurs om sneller en onnauwkeuriger te werken, terwijl het het goed uitvoeren van de test wel aanmoedigt. Het Achiever spelerstype zou gemotiveerd kunnen worden door ranglijsten te tonen en persoonlijke records bij te houden, zowel voor de kwaliteit van de auto als de tijden van de race. Daarnaast kunnen er beloningen en trofeeën worden uitgedeeld voor uitzonderlijke prestaties zoals het maken van een perfecte auto. Dit is de gehele beschrijving van het idee. In de praktijk was er niet genoeg tijd om dit idee volledig uit te werken. Hieronder vindt u wat er in de huidige implementatie al van is geïmplementeerd.

3.3.2 Implementatie

In de uiteindelijke implementatie is er uit tijdsoverwegingen besloten om twee dingen te behouden: het opdelen van de quiz in verschillende delen, zodat men per onderdeel staal keurt en het bouwen van een auto die op basis van de prestaties in de MSA een uitwendig zichtbare kwaliteit krijgt. In deze paragraaf zal besproken worden hoe het uiteindelijke eindproduct er uit ziet. De inspecteur komt nu na het opstarten van het programma op een roadmap, in de vorm van een silhouet van een auto. Per ronde staan er naast dit silhouet een aantal knoppen met namen van onderdelen er op. Op het moment dat men een knop indruk



Figuur 11: Een design voorbeeld met het spel angry birds

start men met het keuren van staal voor dat specifieke onderdeel. Als de inspecteur klaar is met het keuren van dat onderdeel, kan hij uit een lijst van gelijksoortige onderdelen zijn gewenste vorm kiezen en de kleur daarvan aanpassen. Na het voltooien van alle rondes zijn alle onderdelen van de auto langs gekomen. Als de test volledig voltooid is wordt de auto “gemaakt” en ziet de speler door de hoeveelheid bruine roest, hoe goed hij heeft gepresteerd. Hierbij betekent een kleinere hoeveelheid roest natuurlijk een betere prestatie.

3.3.2.1 Roadmap

De roadmap is ontwikkeld om de test minder langdradig te maken. Het bewerkstelligt dit door elke ronde nog eens op te delen in kleinere gedeeltes, namelijk de onderdelen. In totaal zijn er zeven onderdelen van de auto: het frame, het dak, de deuren, de voorbumper, de achterbumper, de spoiler en de wielen. Deze onderdelen worden zo gelijk mogelijk verdeeld over de rondes. Het aantal vragen in de ronde wordt dan verdeeld over het aantal onderdelen in die ronde. Een speler kan dankzij deze roadmap ook kiezen aan welk onderdeel ze het liefst eerst willen werken. Daarnaast biedt dit de speler ook de mogelijkheid om een deel opnieuw te doen, mocht hij bijvoorbeeld denken dat hij een fout heeft gemaakt of als hij niet tevreden is met het resultaat van dat gedeelte (zie figuur 14). Na het keuren van de platen voor een onderdeel (zie figuur 15), mag de speler dan dat deel maken en aanpassen (zie figuur 16), waarna het verschijnt in de silhouet van de auto (zie figuur 17). Dit dient dan dus ook als een soort voortgangsindicatie voor de volledige quiz.



Figuur 12: Een design voorbeeld van een top-down racer met het spel Formula Racing 2D

3.3.2.2 Auto customization

Het customizen van de auto gebeurt na het keuren van de platen voor een onderdeel. Zoals eerder vermeld kan men dan de vorm en de kleur kiezen (zie figuur 16). Het nut van het toevoegen van dit element, is om in elke test een soort variatie te creëren. Na de quiz wordt voor elk onderdeel de uiteindelijke kwaliteit berekend. Hoe lager de kwaliteit van de auto, hoe groter de roestvlekken die op de auto verschijnen. Deze roest berekening verschilt per onderdeel van de auto. Uiteindelijk wordt er ook een kwaliteitspercentage getoond voor de volledige auto. Wat nu niet van toepassing is maar later wel kan worden toegevoegd is het idee om bij de verschillende onderdelen ook verschillende types staal of verschillende kwaliteitsniveaus te keuren. Op die manier zou dit systeem ook kunnen tonen met welke categorie fouten men meer moeite mee heeft.



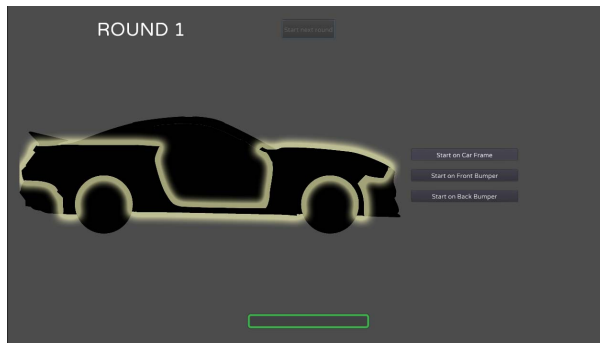
Figuur 13: Een design voorbeeld van een side scroller met het spel Hill Climb Racing

4 Ethische vraagstukken

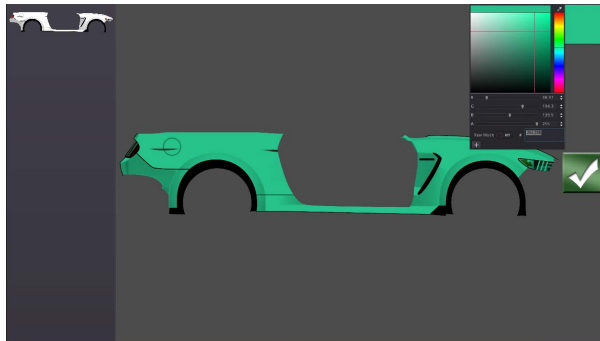
Om de ethische kant van het project te onderzoeken, is dit onderdeel opgedeeld in drie “perspectieven”. In deze perspectieven worden de mogelijke gevolgen onderzocht voor de verschillende partijen die betrokken zijn bij dit programma, namelijk de inspecteurs, de begeleiders en Tata Steel zelf als bedrijf.

Te beginnen bij de inspecteurs; Wat zijn de consequenties van het digitaliseren van de MSA test? Een grote consequentie komt voort uit de situatie waarbij het digitale systeem niet even werkbaar is voor iedereen. In hoofdstuk 3 is al zoveel mogelijk geprobeerd weer te geven hoe het team de test zo intuïtief en realistisch mogelijk heeft proberen te houden, maar er moet altijd rekening gehouden worden met de mogelijkheid dat dit niet compleet is gelukt. In die situatie zou het kunnen zijn dat het systeem wel genoeg voordelen biedt om te implementeren en daardoor enkele personen van nature benadeeld zullen worden. De vraag is in hoeverre dit het geval kan zijn. Uit gesprekken met de inspecteurs bleek dat ze voor hun werk wel functioneel met computers en digitale systemen moeten werken. Daarnaast is deze manier van werken op sommige vlakken zelfs dichter bij de realiteit dan de huidige vorm, aangezien wanneer men naast de baan zit, men ook niet complete controle heeft over hoe ze het staal kunnen bekijken. Dat gezegd zijnde is dit een aspect waar rekening mee moet worden gehouden en om die reden heeft het team ook geprobeerd het programma zo aanpasbaar mogelijk te maken door alles zo uitgebreid mogelijk te documenteren.

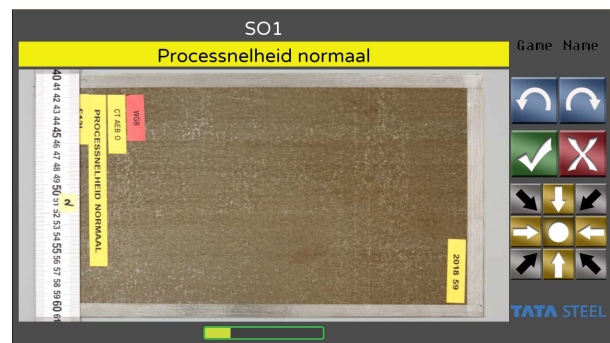
Voor de begeleiders gaat het ervan afhangen hoe makkelijk de test is op te zetten. Door de opzet van het systeem, zal men - zeker de eerste keren - meer werk moeten verrichten op dit vlak. Elke plak staal moet namelijk niet enkel op een tafel uitgesteld worden, maar minstens 5 foto's gekozen worden op de juiste



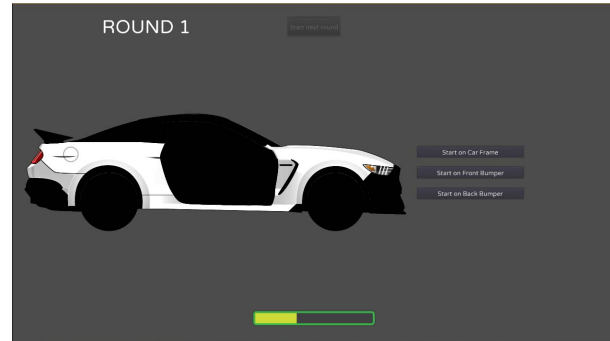
Figuur 14: De speler selecteert een onderdeel op de road map



Figuur 16: De speler kiest de gewenste vorm en kleur van het onderdeel



Figuur 15: De speler keurt de platen voor dat onderdeel



Figuur 17: De speler krijgt het resultaat te zien op de roadmap

aanzichten, plus alle bijkomende informatie. Als het programma werkt zoals bedoeld, wordt de werklust daarna minder, aangezien men opgeslagen sets kan gebruiken met een vrij simpele handeling. Dit laatste punt kan dan wel weer tot een nieuwe vraag leiden: Wat als het te makkelijk is om op te zetten? Hiermee wordt bedoeld dat, indien er minder tijd en ruimte komt kijken bij het uitvoeren van de MSA test, is het mogelijk dat men de test frequenter zou wensen uit te voeren. Dit is dan weer een last voor de inspecteurs, maar het ontwikkelteam hoopt dat Tata Steel hier rekening mee houdt en daarnaast dat het gamificatie element in het programma de test voldoende opleukt. Daarnaast werd ook in de gesprekken aangegeven dat de MSA test ook handig was voor de inspecteurs om al de fouten nog eens op te frissen in het geheugen.

Ten slotte voor Tata Steel; Er wordt aangeraden dat het bedrijf zelf het programma verder test voordat het het programma voorlegt aan de werknemers die het moeten gebruiken. De equivalentie tests worden besproken in het hoofdstuk 5, maar deze zijn vrij gelimiteerd in scope. Bij de implementatie van het systeem is een voorzichtigere aanpak geadviseerd onder andere door de mogelijke problemen die hierboven worden gesteld. Zo niet kunnen ofwel de werknemers - door moeite met het programma - ofwel het systeem - door te snelle afkeuring zonder te kijken naar de opties om het aan te passen - de dupe worden en is er mogelijk veel meer tijd verspild dan met het verder testen van het systeem.

5 Testen

Dit hoofdstuk omschrijft de twee vormen van testen die relevant zijn voor dit project. In paragraaf 5.1 zullen de testmethodiek van de code zelf en de problemen die het team daarbij tegen zijn gekomen besproken worden. Vervolgens zal paragraaf 5.2 de testen naar de statistische vergelijkbaarheid van de fysieke en digitale MSA bespreken.

5.1 Software testen

Het team heeft geen gebruik gemaakt van geautomatiseerde unittests. Hoewel het in eerste instantie wel de intentie van het ontwikkelteam was om een dergelijk systeem op te zetten, is het er bij ingeschoten door de tijdsdruk die opgelegd werd door de vertragingen, zoals genoemd in paragraaf 6.2. Omdat Godot Scene-based is was het ontwikkelingsteam niet bekend met hoe unit tests uitgevoerd konden worden zonder excessief gebruik van mocking. Het testen van code heeft dan ook vooral bestaan uit handmatige integratietesten en statische codeanalyse. Pas bij het ontvangen van de eerste feedback van SIG is het onderwerp van geautomatiseerde testen weer bij het team opgekomen. Helaas had het team op dat moment niet genoeg tijd meer om uit te zoeken hoe deze testen op moesten worden gezet en alle testcode te schrijven. Er is daarom besloten, met het oog op de deadline voor het aanleveren van de code, om deze testen niet meer te implementeren.

In toekomstige projecten zou het team dit soort testen zeker gebruiken. Het gebruik van uitgebreide statische codeanalyse en soms moeilijk herhaalbare integratietesten bleek niet altijd voldoende om problemen binnen het systeem te herkennen, waardoor debugging vaak bestond uit het stap voor stap doorlopen van de code gedurende run-time. Dit proces was als traag en frustrerend te typeren.

5.2 Statistische equivalentie

Om te controleren of de digitale MSA te gebruiken is als vervanging voor de fysieke versie, heeft het team onderzoek gedaan naar de statistische equivalentie van de twee soorten testen. De conclusie op dit onderzoek bepaalt effectief of het voor Tata Steel nut heeft om het gecreëerde systeem in gebruik te nemen of om er verder op door te ontwikkelen. In de komende paragrafen zullen eerst de methode en resultaten worden besproken, waarna er een conclusie zal worden getrokken en eventuele tekortkomingen aan het onderzoek besproken zullen worden.

5.2.1 Methode

Voor deze test hebben drie proefpersonen twee keer een volledige MSA doorlopen. Zij hebben eerst hun oordeel gegeven over de fysieke platen, waarna zij de digitale test hebben ingevuld. Deze proefpersonen bestonden uit drie experts, die dus zeer goed bekend zijn met de verschillende fouten die zich kunnen voordoen op het staal. Dezelfde vijfendertig platen zijn gebruikt voor elke test. Deze platen zijn geselecteerd op basis van beschikbaarheid van professionele foto's vanuit het fotobedrijf. Omdat een MSA standaard uit vijftig platen bestaat, zijn vijftien van deze platen zowel in de fysieke als de digitale test herhaald. In beide versies zijn dezelfde platen herhaald.

5.2.2 Resultaten

De ruwe resultaten van dit onderzoek zijn te vinden in Appendix D. In deze tabellen worden positieve antwoorden voor een bepaalde plaat gecodeerd als een één en negatieve antwoorden gecodeerd als een nul. Vervolgens zijn deze aparte antwoorden opgeteld voor elke proefpersoon en zijn de antwoorden op de herhaalde platen samen genomen. Hier is een verschil uit berekend waarbij het verschil is gedefinieerd als fysiek – digitaal, zoals te zien in tabel 2. Als deze afwijkingen worden opgeteld en gecorrigeerd voor afwijkingen die gelijk zijn aan een enkel oordeel ($|\text{Verschil}| = 1$), geeft dit tabel 3. Delen door de hoeveelheid afzonderlijke platen geeft de resultaten in tabel 4.

Tabel 2: Opgesomde resultaten, dubbele platen samen genomen

MSA nummer	plaatnummer	1 Fysiek	1 Digitaal	1 Verschil	2 Fysiek	2 Digitaal	2 Verschil	3 Fysiek	3 Digitaal	3 Verschil
9;44	3	0	0	0	0	0	0	0	2	-2
35	7	3	3	0	0	0	0	0	0	0
26	9	3	3	0	0	0	0	0	0	0
11;46	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4;39	11	6	6	0	6	6	0	6	6	0
20	19	1	0	1	0	0	0	0	0	0
2;37	24	6	6	0	0	0	0	6	6	0
1;36	29	6	5	1	0	0	0	0	0	0
8;43	33	6	6	0	6	6	0	6	6	0
22	35	2	1	1	0	0	0	0	2	-2
10;45	36	6	6	0	6	6	0	6	6	0
5;40	37	6	6	0	5	6	-1	6	6	0
16	38	3	3	0	3	3	0	3	3	0
24	39	2	3	-1	3	3	0	3	3	0
7;42	42	6	6	0	0	0	0	0	1	-1
12;47	43	1	0	1	0	0	0	0	1	-1
19	47	2	3	-1	3	3	0	3	3	0
23	48	0	3	-3	0	0	0	3	3	0
6;41	49	0	0	0	0	0	0	6	0	6
33	50	3	3	0	0	0	0	3	3	0
34	53	0	0	0	0	0	0	0	2	-2
3;38	56	0	6	-6	0	0	0	0	0	0
13;48	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	62	3	3	0	0	1	-1	0	2	-2
15;50	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	66	3	3	0	2	3	-1	3	3	0
18	71	0	3	-3	0	0	0	3	3	0
27	72	0	0	0	0	0	0	3	3	0
25	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	76	0	0	0	3	3	0	3	3	0
14;49	78	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	79	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 3: Opgesomde afwijkingen, absoluut

	Person 1	Person 2	Person 3	Gemiddeld
Digitaal positiever	5	3	6	4,667
Fysiek positiever	4	0	1	1,667
Geen verschil	26	32	28	28,667
Digitaal positiever (gecorrigeerd)	3	0	4	2,333
Fysiek positiever (gecorrigeerd)	0	0	1	0,333
Geen verschil (gecorrigeerd)	32	35	30	32,333

Tabel 4: Opgesomde afwijkingen, procentueel

	Person 1	Person 2	Person 3	Gemiddeld
Digitaal positiever	14,286%	8,571%	17,143%	13,333%
Fysiek positiever	11,429%	0,000%	2,857%	4,762%
Geen verschil	74,286%	91,429%	80,000%	81,905%
Digitaal positiever (gecorrigeerd)	8,571%	0,000%	11,429%	6,667%
Fysiek positiever (gecorrigeerd)	0,000%	0,000%	2,857%	0,952%
Geen verschil (gecorrigeerd)	91,429%	100,000%	85,714%	92,381%

5.2.3 Conclusie

Uit de resultaten is op te maken dat 92,381% van de platen in beide versies van de MSA hetzelfde oordeel ontvangen. Hieruit kan men concluderen dat de digitale MSA een sterke statistische gelijkenis kent ten opzichte van de fysieke MSA. Daarnaast kan men concluderen dat in gevallen waarbij een bepaalde plaat een verschil kent qua beoordeling, dit verschil vaker positiever is over de digitale versie dan de fysieke versie (6,667% tegenover 0,952%). Opvallend is dat deze verschillen zich niet concentreren rondom een bepaalde set platen maar schijnbaar willekeurig verdeeld zijn over de platen. Op basis van deze bevindingen is de conclusie te trekken dat de digitale versie van de MSA een bruikbaar alternatief is voor het uitvoeren van een fysieke MSA.

5.2.4 Discussie

Er zijn een aantal dingen aan te merken op dit onderzoek. Ten eerste zijn er maar drie experts getest. Het is daardoor mogelijk dat zij geen goede afspiegeling zijn van de gemiddelde inspecteur en dat er een grotere of kleinere discrepantie bestaat tussen de digitale en fysieke MSA. Daarnaast zijn de fysieke en digitale testen vrij kort achter elkaar afgenomen, waardoor de kans bestaat dat de proefpersonen een aantal platen nog herinnerden van de eerdere test. Ook waren de gebruikte platen geen afspiegeling van een normale MSA, omdat het ontwikkelteam rekening moest houden met de beschikbaarheid van professionele foto's van de platen. Dit resulteerde in het herhalen van vijftien platen en het door elkaar gebruiken van verschillende soorten staal, namelijk warmgewalst, koudgewalst en verzinkt. Desalniettemin is het ontwikkelteam van mening dat het onderzoek, dat binnen de aanwezige mogelijkheden is uitgevoerd, een goed eerste inzicht heeft gegeven in het gebruik en de resultaten van een digitale MSA. Wel raad het ontwikkelteam aan om een grootschaliger onderzoek met consistentere platen uit te voeren, alvorens de digitale MSA breed in gebruik te nemen.

6 Software ontwikkelingsproces

Deze sectie geeft een overzicht van het gehele software ontwikkelingsproces. Het begint met de softwaremethodiek die is gebruikt en hoe deze is toegepast op het project. Daarna wordt een overzicht gegeven van de uitdagingen die het ontwikkelingsteam heeft ondervonden. Deze uitdagingen hebben voor wat vertraging gezocht, wat heeft geleid tot aanpassing in de planning zoals te zien in 6.3. Als laatste wordt de feedback van de Software Improvement Group besproken.

6.1 Softwaremethodiek en werkwijze

Tijdens het project is gebruik gemaakt van de Scrum methode met sprints van een enkele week. Elke week begon met het reflecteren op het werk van de week ervoor en het opdelen van de nieuwe taken. Het ontwikkelingsteam was dagelijks van 9:00 tot 17:00 op locatie bij Tata Steel IJmuiden. Elke dag begon met de Daily Standup, waarin gekeken werd naar waar iedereen mee bezig was en of er nog problemen waren. De heer Udo kwam dagelijks binnenlopen om te kijken hoe het ging.

Elke dinsdag had het ontwikkelingsteam een meeting met Dr. Broekens in Delft en elke vrijdag een meeting met de heer De Graaf op bij Tata Steel. In de meetings werd de vooruitgang besproken, waarbij de nadruk lag op het onderzoek bij de meetings met Dr. Broekens en op de eisen van de klant bij de meetings met de heer De Graaf.

De software is iteratief ontwikkeld met gebruik van het Git Flow model. Dit betekent dat functionaliteit per onderdeel werd ontwikkeld als uitbreiding op een stabiele versie. Door middel van zogeheten pull requests worden wijzigingen eerst beoordeeld door andere mensen uit het ontwikkelingsteam voordat deze werden samengevoegd met de stabiele versie.

Door de weken heen hebben de ontwikkelaars zich gespecialiseerd tot delen van het project om zo hun talenten het best naar voren te laten komen. De heer Kloppenburg was de lead developer en werkte vooral aan de back-end, de heer Callebaut was de lead designer en werkte vooral aan de front-end, en de heer Van der Steenhoven nam de taak van project leider op zich en werkte ongeveer evenveel aan de back-end als aan de front-end.

6.2 Uitdagingen

Het ontwikkelingsteam had redelijk laat het project geregeld met de klant. Hierdoor werd het ontwikkelings-team aan de algemene groep van stagiairs toegevoegd en kon het team pas een week later beginnen dan de bedoeling was, na een gedeelde introductiedag. Dit had vermeden kunnen worden als er eerder en beter contact was geweest met de klant in de aanloop naar het project.

In de eerste vijf weken van het project ging de ontwikkeling trager dan verwacht door problemen met het opzetten van de ontwikkelingsomgeving. Door een miscommunicatie dacht het ontwikkelingsteam dat een van de begeleiders vanuit Tata Steel voor laptops zou zorgen en vice versa. Dit heeft ervoor gezorgd dat het twee weken langer heeft geduurd voordat het team laptops tot zijn beschikking kreeg. Ook dit had vermeden kunnen worden door beter te communiceren met de klant. Zoals al eerder is vermeld in paragraaf 2.2.4, hebben de gelimiteerde installatie rechten ervoor gezorgd dat onderzocht moest worden welke software wel en niet kon en mocht worden geïnstalleerd en dit heeft de mogelijkheden voor het ontwikkelingsteam erg gelimiteerd.

Gedurende het project werd er steeds teruggekeerd naar het onderzoeksrapport doordat het team van verschillende kanten continue extra onderwerpen kreeg aangedragen. Hierdoor kreeg het onderzoeksrapport een continue uitdijende scope en is de focus van het project meer richting een research project verschoven dan richting een engineering project. Effectief is er altijd iemand full-time bezig geweest met onderzoek

gerelateerde handelingen zoals door literatuur heen gaan of empirische onderzoeken opzetten afleggen. Het ontwikkelingsteam had hier beter op kunnen reageren door op tijd “nee” te zeggen.

Voor het uitvoeren van de digitale MSAs om de statistische equivalentie te testen, waren foto's nodig van een hele set aan platen. Dit was uitbesteed aan een afdeling van Tata Steel die alle foto's voor hen maakt. Ondanks dat zowel het ontwikkelingsteam als de begeleiding vanuit Tata Steel hier continue bovenop zat, duurde dit toch anderhalve week langer dan gepland, waardoor de user-tests vertraging op hebben gelopen.

6.3 Realisatie van de planning

De vertragingen genoemd in 6.2 hebben ervoor gezorgd dat de scope van het project uiteindelijk is ingekort. In plaats van een vroege versie van de digitale MSA te maken en het programma uit te breiden met een trainingsmode, is er gekozen voor het beter uitwerken van de MSA en het uitvoeren van onderzoek naar of dit nog statistisch equivalent bleef aan de fysieke MSA. Dit is vooral voortgekomen uit de keuze het project te zien als een prototype, om te laten zien dat het mogelijk is de MSA te digitaliseren zonder in te leveren op nauwkeurigheid van de resultaten.

6.4 SIG

Vanuit de TU Delft kwam de eis dat het ontwikkelingsteam zijn code twee keer stuurt naar de Software Improvement Group (SIG). De feedback van SIG is te lezen in Appendix C.

De belangrijkste punten van SIG waren de Unit Size en het tekort aan test-code. Voor Unit Size wordt er gekeken naar hoe code is opgedeeld in methodes. Als resultaat van de feedback heeft het ontwikkelteam lange methodes opgesplitst om de leesbaarheid en onderhoudbaarheid te verbeteren. De redenering voor het tekort aan test-code, te lezen in 5.1, is dat Godot door zijn Scene-based opzet moeilijk te unit testen is en dat het ontwikkelingsteam hier geen tijd voor heeft genomen vanwege andere prioriteiten.

Ten tijde van schrijven is er nog geen feedback voor het tweede inlevermoment.

7 Conclusie

In dit verslag is een overzicht gegeven van hoe het project ter digitalisatie en gamificatie van MSAs voor visuele inspecteurs is verlopen en de onderzoeken die gedaan zijn hiervoor.

Er is kleinschalig onderzoek gedaan naar het gebruik van bumpmaps, textures en 3D-modellen met lichtbronnen voor creëren van een meer natuurgetrouwe representatie van een plaat, te lezen in 2.2.1, maar al snel werd duidelijk dat dit tot slechtere resultaten zou leiden door het toevoegen van elementen aan de plaat die als fout kunnen worden gezien of de hoeveelheid werk die het de klant in de toekomst zou kosten om alle platen te gaan modelleren. Het ontwikkelingsteam heeft ook onderzoek gedaan naar de manier waarop gebruikers het programma kunnen gebruiken, te lezen in 2.2.5. Dit heeft geleidt tot een wijziging in het design van de UI waarbij de grootte van de plaat en de groepering van de besturing het belangrijkste waren. Uit het onderzoek naar wat verschillende denkwijzen en wat mensen stimuleren, te lezen in 2.3.1.2, 2.3.1.3 en 2.3.2, is gebleken dat het grootste deel van de inspecteurs hetzelfde Keirsey temperament heeft, en dit temperament is terug te leiden naar het Achiever spelerstype van Bartle. Dit betekent dat inspecteurs over het algemeen gedreven worden door beloningen, zoals hoge scores en ervaring op doen. Omdat het belangrijk was dat de digitale MSA een hoge statistische overeenkomst heeft met de fysieke MSA, is er gekozen om afleidingen van het keuren zelf zoveel mogelijk te vermijden. Dit wordt bereikt door een spel te creëren rondom het keuren, in plaats van van het keuren zelf.

De gedigitaliseerde versie van de MSA stelt de klant in staat om sets aan fouten te creëren, te laten kalibreren door experts en te gebruiken voor het testen van visuele inspecteurs. De resultaten van deze tests worden opgeslagen in CSV formaat voor makkelijke overname in Minitab. De statistisch equivalent tussen de digitale MSA en de fysieke MSA is bepaald door drie visuele inspecteurs dezelfde set aan platen te laten keuren, zowel fysiek als digitaal, en de resultaten te vergelijken. Zoals te lezen in 5.2, met 92,381% van de oordelen gelijk in beide versies van de MSA, is er een sterke overeenkomst in resultaten waar te nemen en lijkt de digitale MSA een mogelijke vervanging van de fysieke MSA, zonder in te leveren op de nauwkeurigheid.

8 Discussie en aanbevelingen

Door de vertragingen die zijn opgelopen zijn er een aantal ideeën die óf niet volledig óf niet aan bod zijn gekomen gedurende dit project. Het eindproduct van dit project is dan ook een functioneel prototype. Dit prototype zou direct ingezet kunnen worden, maar er zijn genoeg verbeteringen te bedenken die het systeem eenvoudiger in gebruik en plezieriger voor de inspecteur zouden kunnen maken. Dit hoofdstuk zal deze ideeën bespreken en aanbevelingen maken over mogelijke toekomstige aanpassingen en toevoegingen.

8.1 Framework

Als eerste aanbeveling raadt het huidige team toekomstige ontwikkelteams sterk aan goed na te denken over het gebruik van de Godot Game Engine als basis voor deze applicatie. Godot is namelijk niet altijd even stabiel en daarnaast mist de documentatie van Godot grote stukken, waardoor code schrijven voor deze engine soms erg traag kan gaan.

Ook de keuze voor een game engine is er een om nog een keer goed te bekijken. Het huidige ontwikkelteam heeft aan het begin van het project besloten dat een game engine een goede keus zou zijn op basis van de ideeën die er waren voor gamificatie elementen. Deze elementen zouden veel interactie bieden tussen de gebruiker en animatie en audio effecten, waar game engines specifiek voor bedoeld zijn. Echter bleken een groot aantal van deze elementen buiten de scope van dit project te vallen en deze zijn daardoor geen onderdeel van het eindproduct. In het geval dat toekomstige ontwikkelteams meer gamificatie elementen zouden toevoegen, zijn er voordelen aan het schrijven van code op basis van een game engine maar als dergelijke aanpassingen niet gepland zijn zou het huidige team aanraden om over te stappen op een ander systeem. Een game engine is namelijk over het algemeen niet de meest efficiënte basis voor een programma, aangezien ze meestal berekend zijn op zeer intensieve taken. Daarnaast missen ze vaak ook essentiële gereedschappen zoals unit test frameworks en zijn ze niet altijd volledig gedocumenteerd door de hoge snelheid waarmee er op vorige versies geïtereerd wordt.

8.2 Tutorial

Het ontwikkelteam raadt toekomstige teams aan om een (interactieve) tutorial in het programma in te bouwen. Deze feature stond gepland voor deze ontwikkelcyclus, maar is helaas geschrapt wegens tijdsgebrek. Een tutorial kan helpen om minder technische gebruikers sneller gewend te laten raken aan het systeem en eventuele moeilijkere spelelementen uit te leggen. Dit zou voor een gelijke kennisbasis zorgen onder de gebruikers, waardoor verschillen in score meer zouden kunnen worden toegeschreven aan verschil aan vaardigheid in plaats van verschil aan kennis van het programma.

8.3 Database

Zoals besproken in paragraaf 2.2.3.2, heeft het ontwikkelteam niet de tijd en juridische expertise in huis gehad om onderzoek te doen naar de nieuwe eisen van de AVG op databases met persoonsgegevens. Daarnaast zou het opzetten van een database via de centrale IT afdeling van Tata Steel langer duren dan de beschikbare ontwikkeltijd van het project. Er is daarom vanaf gezien om een database op te zetten als centrale plek voor de opslag van zowel persoonlijke informatie als testinformatie.

Toekomstige ontwikkelteams het huidige team sterk aanraden een dergelijke database wel aan te leggen. Door de toevoeging van dit systeem zouden een aantal quality-of-life features realiseerbaar worden. De belangrijkste hiervan is een centrale administratie van de resultaten van elke inspecteur. Door deze centrale administratie zou het dan eenvoudiger worden om resultaten van voorgaande jaren voor dezelfde of meerdere individuen te vergelijken en trendanalyses uit te voeren. Daarnaast zou de database kunnen worden gebruikt als centraal punt voor het opstellen en aanpassen van MSA's, waardoor aanpassingen op dit centrale punt eenvoudig uitgerold kunnen worden naar de volledige distributiebreedte van het systeem.

8.4 Gamificatie

Het team heeft veel onderzoek gedaan naar de verschillende manieren waarop gamificatie van de MSA bewerkstelligd kan worden. Echter vielen een groot aantal van deze elementen buiten de scope van dit project. Daarom zullen hier de relevantste onderdelen besproken worden voor de persona zoals die in paragraaf 2.3.2 omschreven is, ter inspiratie van toekomstige ontwikkelteams.

8.4.1 Directe feedback

Het implementeren van een directe vorm van beloning in de vorm van bevredigende audio-visuele feedback is een van de simpelste manieren om een spel vermakelijk te maken. Echter leent deze soort feedback zich niet voor de officiële MSA modus die door het huidige team ontwikkelt is. Deze modus dient puur als vervanging van de fysieke test, waarin dit soort feedback geen plaats heeft door haar informerende karakter. Tata Steel heeft echter laten weten dat de applicatie in de toekomst eventueel ook voor trainingsdoeleinden gebruikt moet gaan worden (zie ook paragraaf 2.3.3). Deze trainingsmodus zou juist wel gebaad zijn bij het gebruik van directe feedback. Door middel van dit spelelement kunnen goede antwoorden namelijk direct beloond worden en slechte antwoorden afgestraft, wat een didactisch element toevoegt aan het gebruik van de trainingsmodus. Dit element past ook goed bij de persona van de staalinspecteur, een Achiever, die graag beloond wordt voor hogere scores. Het blijven belonen van goede antwoorden is hier een goede en simpele implementatie van.

8.4.2 Puntensysteem

Zoals hiervoor al is vermeld, is de gemiddelde inspecteur een Achiever binnen de spelertypes van Bartle. Dit soort spelers waarderen hogere scores en een concrete manier van het vergelijken van hun prestaties versus die van anderen. Hiervoor is het wel van belang dat er ook daadwerkelijk scores zijn om te vergelijken. In het eindproduct wordt nu alleen een totaalscore berekend op basis van het aantal goede en foute antwoorden ten opzichte van de referentiewaarden.

Achievers kunnen meer uitgedaagd worden door dit puntensysteem te verdiepen. Een aantrekkelijke optie hiervoor is het gebruik van een tijdselement in de puntenberekening. Het huidige team had het idee om bonuspunten uit te reiken op basis van hoe snel een speler het juiste antwoord gaf. Echter, voordat een dergelijk element toe wordt gevoegd zou er onderzoek moeten worden gedaan naar het effect van het introduceren van dergelijke tijdsdruk op de accuratesse van de antwoorden die gegeven worden door de spelers. Voor het introduceren van dit systeem in de trainingsmodus zou dit onderzoek van minder groot belang zijn.

Een logische volgende stap vanaf dit puntensysteem zou het introduceren van leaderboards en trofeeën zijn. Een leaderboard spreekt de Achiever aan in zijn competitiedrang door duidelijk weer te geven hoe ver de speler achter de volgende persoon op de ranglijst staat. Dit zorgt voor een grotere drang om het spel goed en snel te spelen, waardoor de speler vanzelf meer gaat oefenen. Trofeeën kunnen dan vervolgens uitgereikt worden voor spelers die zich hoog plaatsen op de ranglijsten om hun goede prestaties te belonen. De implementatie van dit systeem kan worden vergemakkelijkt door de implementatie van de database zoals besproken in paragraaf 8.3.

8.5 Racinggame

Als laatste suggestie stelt het team een voortzetting voor van het idee voor een racespel dat in paragraaf 2.3.6 werd geïntroduceerd. Het huidige team is al met een opzetje hiervoor begonnen in de vorm van de roadmap uit paragraaf 3.3.2.1. Volgende teams kunnen hierop verder bouwen door de score die op een bepaald element wordt behaald te koppelen aan de specificaties van een raceauto. Deze raceauto kan dan vervolgens na de volledige test gebruikt worden om te racen tegen andere spelers. Dit geeft de speler een andere reden om het spel te spelen, naast het behalen van een hoge score. Deze implementatie heeft het voordeel dat hij kan worden gebruikt in de MSA-modus zonder de testresultaten te beïnvloeden, in tegenstelling tot de spelelementen uit paragraaf 8.4.

Referenties

- [1] Richard Bartle. Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit muds. *Journal of MUD research*, 1(1):19, 1996.
- [2] Jacob Cohen. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1):37–46, 1960.
- [3] Shivashankar Halan, Brent Rossen, Juan Cendan, and Benjamin Lok. High score! - motivation strategies for user participation in virtual human development. In Jan Allbeck, Norman Badler, Timothy Bickmore, Catherine Pelachaud, and Alla Safonova, editors, *Intelligent Virtual Agents*, pages 482–488, Berlin, Heidelberg, 2010. Springer Berlin Heidelberg.
- [4] D. Keirse. *Please Understand Me 2*. Prometheus Nemesis, 1998.
- [5] Janaki Kumar and Mario Herger. *Gamification at Work: Designing Engaging Business Software*. The Interaction Design Foundation, 2013.
- [6] Nicole Lazzaro. Why We Play Games: Four Keys to More Emotion Without Story. In *Game Developers Conference*, 2004.
- [7] Wei Li, Tovi Grossman, and George Fitzmaurice. Gamicad: a gamified tutorial system for first time autocad users. In *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 103–112. ACM, 2012.
- [8] Juan Linietsky, Ariel Manzur, and Rémi Vershelde. Godot engine - free and open source 2d and 3d game engine. <https://godotengine.org/>, January 2014. Opgehaald op 15-05-2018.
- [9] Don A Moore and Elizabeth R Tenney. Time pressure, performance, and productivity. In *Looking back, moving forward: A review of group and team-based research*, pages 305–326. Emerald Group Publishing Limited, 2012.
- [10] Bart W. Schermer, Dominique Hagenauw, and Nathalie Falot. *Handleiding Algemene verordening gegevensbescherming en Uitvoeringswet Algemene verordening gegevensbescherming*. Ministerie van Justitie en Veiligheid, January 2018.
- [11] Y. Shafranovich. Common format and mime type for comma-separated values (csv) files. RFC 4180, RFC Editor, October 2005. <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4180.txt>.
- [12] Slant. What are the best 2d game engines? <https://www.slant.co/topics/341/~best-2d-game-engines>, 2013. Opgehaald op 08-05-2018.
- [13] Tata Steel. Producten en diensten. <https://www.tatasteel.nl/nl/producten-diensten>. Opgehaald op 09-05-2018.
- [14] Bart Steward. Personality and play styles: A unified model. https://www.gamasutra.com/view/feature/134842/personality_and_play_styles_a_.php, September 2011. Opgehaald op 07-06-2018.

Verklarende Woordenlijst

AVG Algemene Verordening Gegevensbescherming. 11, 43

begeleider Begeleiders zijn degenen die de MSA opzetten, afnemen en de resultaten verwerken. 3, 4, 7–11, 15, 23–26, 34, 40, 48

CSV Comma Separated Value. 10

expert Experts zijn degenen die bepalen of een plaat geschikt is voor een bepaald kwaliteitsniveau voordat de MSA afgenomen wordt bij de inspecteurs. Hun antwoord is dus feitelijk het "antwoordmodel" voor de MSA. 7–10, 25, 26, 36, 39, 42, 46, 48, 49

inspecteur Inspecteurs zijn degenen die getoetst worden door middel van de MSA. 4, 5, 7–12, 15, 19–27, 29–32, 34, 35, 39, 42–44, 46, 47

kalibratiepanel Het kalibratiepanel is een panel van (standaard drie) experts. Zie ook expert. 7–10

kalibratieronde Een kalibratieronde is een ronde waarin één expert zijn antwoorden ingeeft voor een bepaalde set van (standaard vijftig) platen. In tegenstelling tot een testronde wordt de set platen niet drie keer herhaald. Elke expert voltooit een enkele kalibratieronde. 9, 25

kwaliteitsniveau Met kwaliteitsniveaus wordt de klasse van fouttolerantie bedoeld die voor een bepaalde staalplaat geldt. Kwaliteitsniveaus die Tata Steel hanteert zijn, van hoog naar laag: SO1, SO2 en SO6. Een plaat die voor SO6 van acceptabele kwaliteit is, is dat zeer waarschijnlijk niet voor SO1.. 4, 7–11, 26, 33, 46

MSA Measurement System Analysis. 4, 7, 8, 10, 12, 13, 16–24, 26–28, 31, 36, 39, 41–44

plaat Platen zijn de stukken staal van A4 formaat die gekeurd worden door experts en inspecteurs. Platen kunnen kwalitatieve fouten bevatten die de plaat ongeschikt kunnen maken voor een bepaald kwaliteitsniveau. 4–13, 20, 22–30, 32, 33, 35–37, 39, 41, 42, 46

testronde Een testronde is een ronde waarin één inspecteur zijn antwoorden ingeeft voor een bepaalde set van (standaard vijftig) platen. Gedurende een ronde komt elke plaat drie keer terug, waardoor een enkele testronde bestaat uit totaal honderdvijftig beslissingen. Elke inspecteur voltooit een enkele testronde. 9, 10

Appendices

A Plan van Aanpak

A.1 Probleemstelling

Tata Steel wilt de uitvoering van KAPPA tests voor MSA van visuele inspecteurs verbeteren door de tests te digitaliseren en deelnemers te stimuleren door gamificatietechnieken te gebruiken.

A.2 Doelstelling

Voor 30 juni 2018 een software product leveren die Tata Steel inspecteurs in staat stelt een KAPPA test digitaal af te leggen en de inspecteurs de mogelijkheid biedt om te trainen in een gegamificeerde trainingsmode.

A.3 Werkwijze

Op locatie van Tata Steel is ruimte gemaakt voor de groep om te werken aan het project. Aan het begin van het project doen wij onderzoek naar MSA en KAPPA tests en gamificatietechnieken. Na het opzetten van de benodigde programmeeromgeving gaan wij volgens de scrum methode zo snel mogelijk een Minimal Viable Product maken, zodat de software in de praktijk getest kan worden. Hierna kunnen we met de vroege feedback van de inspecteurs de software uitbreiden met de trainingsmode op zo'n manier dat de inspecteurs er ook in de praktijk iets aan hebben.

A.4 Planning

Week 1-3:	Onderzoek doen naar de producteisen, de werking van MSA en de effectiviteit van bepaalde gamificatietechnieken.
Einde week 3:	Alle hardware en software die nodig is voor het uitvoeren van het project zijn geregeld.
Week 4-5:	Maken van eerste prototype van de KAPPA test.
Week 6:	Implementeren van de feedback op het prototype voor het maken van het Minimal Viable Product
Week 7-8:	Implementeren van de trainingsmode.
Week 9-10:	Uitvoeren van usertests met de inspecteurs van Tata Steel en het debuggen van het programma.
Week 11:	Maken van de vereiste presentatie.

Tabel 5: Planning

B Functioneel ontwerp

Dit document bevat het functioneel ontwerp voor het Gamificatie Project, dat in opdracht van Tata Steel door Jeroen Kloppenburg, Kilian Callebaut en Thom van der Steenhoven wordt ontwikkeld, onder leiding van Jenneke Bakker en Duncan de Graaf.

B.1 Functionele eisen

De eisen aan het ontwikkelen van de applicatie die met functionaliteit van doen hebben worden gegroepeerd onder de noemer Functionele eisen. Binnen deze eisen is een onderverdeling gemaakt op basis van de MoSCoW methode voor het prioriteren van voorwaarden.

B.1.1 Must have's

- De applicatie moet meerdere foto's kunnen tonen van dezelfde staalfout.
- De applicatie moet tonen voor welke categorie staal elke staalfout moet worden beoordeeld.
- De applicatie moet de gebruiker de vraag stellen of een staalfout voor een bepaalde categorie toe moet worden gelaten of af moet worden gewezen.
- De applicatie moet een reeks van 50 staalfouten achtereenvolgens kunnen tonen.
- De applicatie moet deze reeks van 50 staalfouten drie keer langs laten komen, elke keer op een andere, willekeurige volgorde.
- De applicatie moet drie gebruikers de test laten uitvoeren en hun resultaten opslaan.
- De applicatie moet gekalibreerd kunnen worden door middel van het ingeven van referentiewaarden.
- De applicatie moet na het testen van drie gebruikers een rapport genereren met daarin de volgende onderdelen:
 - Naam van de test begeleider
 - Datum en tijd
 - Soort staalfout waarop getest wordt (oppervlakte fouten, snijvlak fouten, etc.)
 - Naam en bestandslocatie van de gebruikte staalfouten
 - Resultaten van de drie gebruikers en de referentie resultaten van de experts
- De applicatie moet het rapport kunnen opslaan op een aanpasbare locatie.

B.1.2 Should have's

- De applicatie moet gekalibreerd kunnen worden door experts de test te laten uitvoeren en hun resultaten te vergelijken.
- De applicatie moet een kalibratie rapport maken van staalfouten waar de experts geen consensus over hebben bereikt.
- De applicatie moet een variabele hoeveelheid gebruikers in een rapport kunnen verwerken.
- De applicatie moet een variabele hoeveelheid experts kunnen gebruiken voor kalibratie.
- De applicatie moet een variabele reeksgrootte aan kunnen houden.
- De applicatie moet de gebruiker zijn resultaten tonen na het voltooien van de test.
- De applicatie moet verschillende bestandsindelingen voor foto's kunnen accepteren.
- De applicatie moet nieuwe foto's kunnen accepteren van een beheerder ten einde nieuwe soorten testen uit te kunnen voeren.
- De applicatie moet gedurende de staalfouten reeks een visuele representatie van de voortgang in die reeks tonen.

B.1.3 Could have's

- De applicatie moet een trainingsmodus bevatten, waarin gebruikers hun kennis van staalfouten kunnen oefenen.
- De applicatie moet goede resultaten in de trainingsmodus belonen met positieve audiovisuele feedback.
- De applicatie moet slechte resultaten in de trainingsmodus bestraffen met negatieve audiovisuele feedback.
- De applicatie moet een ranglijst bijhouden van de beste scores in de trainingsmodus ter stimulatie van het gebruik van de applicatie.
- De applicatie moet de gebruiker zijn voortgang in zijn prestaties tonen in de trainingsmodus.
- De applicatie moet de gebruiker de optie geven om elke staalfout met een naam te kunnen labelen, welke dan wordt weergegeven in het rapport. Won't have's
- De applicatie zal niet beschikken over tekstherkenning voor de ingegeven labels bij de staalfouten.
- De applicatie zal niet beschikken over een taalkeuze optie.
- De applicatie zal niet beschikken over de functionaliteit om de rapporten in een database op te kunnen slaan.
- De applicatie zal niet beschikken over een functie om direct kappa scores te berekenen, aangezien het beleid is om dit via Minitab te doen.
- De applicatie zal niet beschikken over functionaliteit die de output direct doorstuurt naar Minitab, om conflicten met toekomstige versies van Minitab te voorkomen.

B.2 Niet functionele eisen

Naast de bovenstaande functionele eisen, zijn er nog een aantal ontwerpeisen die niet tot een functioneel verschil leiden. Deze eisen zijn hieronder weergegeven.

- De applicatie moet uitbreidbaar en modulaair geschreven zijn.
- De applicatie moet voorzien zijn van duidelijke documentatie.
- Een minimal viable product zal op zijn laatst op 1 juni 2018 opgeleverd worden.
- Het eindproduct zal op 29 juli 2018 opgeleverd worden.

C Software Improvement Group Feedback

C.1 Eerste inzending

De code van het systeem scoort 4.0 sterren op ons onderhoudbaarheidsmodel, wat betekent dat de code boven marktgemiddeld onderhoudbaar is. We zien Unit Size vanwege de lagere deelscore als mogelijk verbeterpunt.

Voor Unit Size wordt er gekeken naar het percentage code dat bovengemiddeld lang is. Het opsplitsen van dit soort methodes in kleinere stukken zorgt ervoor dat elk onderdeel makkelijker te begrijpen, te testen en daardoor eenvoudiger te onderhouden wordt. Binnen de langere methodes in dit systeem, zoals bijvoorbeeld, zijn aparte stukken functionaliteit te vinden welke ge-refactored kunnen worden naar aparte methodes.

Een goed voorbeeld uit jullie project is `IOManager.load_quiz_information`. Deze methode bestaat nu uit een aantal stappen, die door middel van commentaar zijn aangegeven. Het is beter om die indeling ook in de codestructuur naar voren te laten komen, bijvoorbeeld door van elke stap een nieuwe sub-methode te maken en die vervolgens aan te roepen. Op die manier hou je de code leesbaar op het moment dat de inhoud van een stap of de hoeveelheid stappen in de toekomst gaat toenemen.

Als laatste nog de opmerking dat er geen (unit)test-code is gevonden in de code-upload. Het is sterk aan te raden om in ieder geval voor de belangrijkste delen van de functionaliteit automatische tests gedefinieerd te hebben om ervoor te zorgen dat eventuele aanpassingen niet voor ongewenst gedrag zorgen.

Over het algemeen is er dus nog wat verbetering mogelijk, hopelijk lukt het om dit tijdens de rest van de ontwikkelfase te realiseren.

C.2 Tweede inzending

Op het moment van schrijven heeft het ontwikkelteam de tweede feedback nog niet mogen ontvangen.

D Ruwe resultaten statistisch equivalentie onderzoek

Tabel 6: Antwoorden set 1, deel 1

MSA nummer	plaatnummer	referentie	fysiek 1	fysiek 2	fysiek 3	digitaal 1	digitaal 2	digitaal 3
9	3	0	0	0	0	0	0	0
44	3	0	0	0	0	0	0	0
35	7	0	1	1	1	1	1	1
26	9	0	1	1	1	1	1	1
11	10	0	0	0	0	0	0	0
46	10	0	0	0	0	0	0	0
4	11	1	1	1	1	1	1	1
39	11	1	1	1	1	1	1	1
20	19	0	0	1	0	0	0	0
2	24	0	1	1	1	1	1	1
37	24	0	1	1	1	1	1	1
1	29	0	1	1	1	0	1	1
36	29	0	1	1	1	1	1	1
8	33	1	1	1	1	1	1	1
43	33	1	1	1	1	1	1	1
22	35	0	1	1	0	1	0	0
10	36	1	1	1	1	1	1	1
45	36	1	1	1	1	1	1	1
5	37	0	1	1	1	1	1	1
40	37	0	1	1	1	1	1	1
16	38	1	1	1	1	1	1	1
24	39	1	0	1	1	1	1	1
7	42	0	1	1	1	1	1	1
42	42	0	1	1	1	1	1	1
12	43	0	0	1	0	0	0	0

Tabel 7: Antwoorden set 1, deel 2

MSA nummer	plaatnummer	referentie	fysiek 1	fysiek 2	fysiek 3	digitaal 1	digitaal 2	digitaal 3
47	43	0	0	0	0	0	0	0
19	47	1	1	0	1	1	1	1
23	48	0	0	0	0	1	1	1
6	49	0	0	0	0	0	0	0
41	49	0	0	0	0	0	0	0
33	50	0	1	1	1	1	1	1
34	53	0	0	0	0	0	0	0
3	56	0	0	0	0	1	1	1
38	56	0	0	0	0	1	1	1
13	59	0	0	0	0	0	0	0
48	59	0	0	0	0	0	0	0
17	62	0	1	1	1	1	1	1
15	63	0	0	0	0	0	0	0
50	63	0	0	0	0	0	0	0
30	66	1	1	1	1	1	1	1
18	71	0	0	0	0	1	1	1
27	72	0	0	0	0	0	0	0
25	73	0	0	0	0	0	0	0
29	74	0	0	0	0	0	0	0
32	75	0	0	0	0	0	0	0
31	76	1	0	0	0	0	0	0
14	78	0	0	0	0	0	0	0
49	78	0	0	0	0	0	0	0
28	79	0	0	0	0	0	0	0
21	80	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 8: Antwoorden set 2, deel 1

MSA nummer	plaatnummer	referentie	fysiek 1	fysiek 2	fysiek 3	digitaal 1	digitaal 2	digitaal 3
9	3	0	0	0	0	0	0	0
44	3	0	0	0	0	0	0	0
35	7	0	0	0	0	0	0	0
26	9	0	0	0	0	0	0	0
11	10	0	0	0	0	0	0	0
46	10	0	0	0	0	0	0	0
4	11	1	1	1	1	1	1	1
39	11	1	1	1	1	1	1	1
20	19	0	0	0	0	0	0	0
2	24	0	0	0	0	0	0	0
37	24	0	0	0	0	0	0	0
1	29	0	0	0	0	0	0	0
36	29	0	0	0	0	0	0	0
8	33	1	1	1	1	1	1	1
43	33	1	1	1	1	1	1	1
22	35	0	0	0	0	0	0	0
10	36	1	1	1	1	1	1	1
45	36	1	1	1	1	1	1	1
5	37	0	1	1	1	1	1	1
40	37	0	1	0	1	1	1	1
16	38	1	1	1	1	1	1	1
24	39	1	1	1	1	1	1	1
7	42	0	0	0	0	0	0	0
42	42	0	0	0	0	0	0	0
12	43	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 9: Antwoorden set 2, deel 2

MSA nummer	plaatnummer	referentie	fysiek 1	fysiek 2	fysiek 3	digitaal 1	digitaal 2	digitaal 3
47	43	0	0	0	0	0	0	0
19	47	1	1	1	1	1	1	1
23	48	0	0	0	0	0	0	0
6	49	0	0	0	0	0	0	0
41	49	0	0	0	0	0	0	0
33	50	0	0	0	0	0	0	0
34	53	0	0	0	0	0	0	0
3	56	0	0	0	0	0	0	0
38	56	0	0	0	0	0	0	0
13	59	0	0	0	0	0	0	0
48	59	0	0	0	0	0	0	0
17	62	0	0	0	0	0	1	0
15	63	0	0	0	0	0	0	0
50	63	0	0	0	0	0	0	0
30	66	1	0	1	1	1	1	1
18	71	0	0	0	0	0	0	0
27	72	0	0	0	0	0	0	0
25	73	0	0	0	0	0	0	0
29	74	0	0	0	0	0	0	0
32	75	0	0	0	0	0	0	0
31	76	1	1	1	1	1	1	1
14	78	0	0	0	0	0	0	0
49	78	0	0	0	0	0	0	0
28	79	0	0	0	0	0	0	0
21	80	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 10: Antwoorden set 3, deel 1

MSA nummer	plaatnummer	referentie	fysiek 1	fysiek 2	fysiek 3	digitaal 1	digitaal 2	digitaal 3
9	3	0	0	0	0	1	1	0
44	3	0	0	0	0	0	0	0
35	7	0	0	0	0	0	0	0
26	9	0	0	0	0	0	0	0
11	10	0	0	0	0	0	0	0
46	10	0	0	0	0	0	0	0
4	11	1	1	1	1	1	1	1
39	11	1	1	1	1	1	1	1
20	19	0	0	0	0	0	0	0
2	24	0	1	1	1	1	1	1
37	24	0	1	1	1	1	1	1
1	29	0	0	0	0	0	0	0
36	29	0	0	0	0	0	0	0
8	33	1	1	1	1	1	1	1
43	33	1	1	1	1	1	1	1
22	35	0	0	0	0	0	1	1
10	36	1	1	1	1	1	1	1
45	36	1	1	1	1	1	1	1
5	37	0	1	1	1	1	1	1
40	37	0	1	1	1	1	1	1
16	38	1	1	1	1	1	1	1
24	39	1	1	1	1	1	1	1
7	42	0	0	0	0	0	0	0
42	42	0	0	0	0	0	0	1
12	43	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 11: Antwoorden set 3, deel 2

MSA nummer	plaatnummer	referentie	fysiek 1	fysiek 2	fysiek 3	digitaal 1	digitaal 2	digitaal 3
47	43	0	0	0	0	1	0	0
19	47	1	1	1	1	1	1	1
23	48	0	1	1	1	1	1	1
6	49	0	1	1	1	0	0	0
41	49	0	1	1	1	0	0	0
33	50	0	1	1	1	1	1	1
34	53	0	0	0	0	1	1	0
3	56	0	0	0	0	0	0	0
38	56	0	0	0	0	0	0	0
13	59	0	0	0	0	0	0	0
48	59	0	0	0	0	0	0	0
17	62	0	0	0	0	0	1	1
15	63	0	0	0	0	0	0	0
50	63	0	0	0	0	0	0	0
30	66	1	1	1	1	1	1	1
18	71	0	1	1	1	1	1	1
27	72	0	1	1	1	1	1	1
25	73	0	0	0	0	0	0	0
29	74	0	0	0	0	0	0	0
32	75	0	0	0	0	0	0	0
31	76	1	1	1	1	1	1	1
14	78	0	0	0	0	0	0	0
49	78	0	0	0	0	0	0	0
28	79	0	0	0	0	0	0	0
21	80	0	0	0	0	0	0	0