

Faculteit Wetenschappen School voor Informatietechnologie

master in de informatica

Masterthesis

Notifications for digital assistants

Sebe Vanbrabant

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de informatica

PROMOTOR :

Prof. dr. Davy VANACKEN

BEGELEIDER :

De heer Raf MENTEN

COPROMOTOR :

dr. Gustavo Alberto ROVELO RUIZ

De transnationale Universiteit Limburg is een uniek samenwerkingsverband van twee universiteiten in twee landen: de Universiteit Hasselt en Maastricht University.

**UHASSELT**

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be
Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2022
2023



Maastricht University

Faculteit Wetenschappen

School voor Informatietechnologie

master in de informatica

Masterthesis

Notifications for digital assistants

Sebe Vanbrabant

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de informatica

PROMOTOR :

Prof. dr. Davy VANACKEN

BEGELEIDER :

De heer Raf MENTEN

COPROMOTOR :

dr. Gustavo Alberto ROVELO RUIZ

UNIVERSITEIT HASSELT

MASTERPROEF VOORGEDRAGEN TOT HET BEHALEN VAN DE
GRAAD VAN MASTER IN DE INFORMATICA

Notifications for digital assistants

Auteur:

Sebe Vanbrabant

Promotor:

prof. dr. Davy Vanacken

Co-promotor:

prof. dr. Gustavo Roveló Ruiz

Begeleider:

Raf Menten

Academiejaar 2022-2023



Dankwoord

Graag bedank ik promotor prof. dr. Davy Vanacken en begeleider Raf Menten voor hun voortdurende ondersteuning bij het realiseren van deze masterproef. Zonder hun consistente en snelle bereikbaarheid en kwalitatieve feedback op alle vlakken was er niet tot hetzelfde resultaat geraakt. Verder was de inzet van prof. dr. Gustavo Rovelo Ruiz, dr. Eva Geurts en Bram van Deurzen van onmisbare waarde bij het realiseren van de studie alsook bij de vele brainstorm- en feedbacksessies. Ook wil ik alle twaalf personen die deelnamen aan de studie bedanken voor hun enthousiaste inzet en interessante resultaten.

Samenvatting

Deze masterproef begint in hoofdstuk 1 met een inleiding rond digitale apparaten en de rol die notifications hierin spelen. Hier wordt ook het project “OperatorAssist” geïntroduceerd: een digitale assistent centraal binnen een Flanders Make SBO project. Het prototype binnen OperatorAssist is een multi-device en multimodaal systeem. Dit betekent dat het bestaat uit meerdere apparaten en meerdere soorten interactie. Een van deze apparaten is de smartwatch. De rol van de smartwatch in het prototype is nog in volle ontwikkeling, vermits niet alles zomaar kan gedaan worden op een smartwatch door het gebrek aan schermruimte. Smartwatches zijn alleszins wel geschikt voor notifications en dit is dan ook de focus van deze masterproef: de rol van (smartwatch) notifications binnen digitale assistenten.

Het onderzoek wordt doorheen de hoofdstukken stapsgewijs opgebouwd en steunt op vier centrale onderzoeksvragen. In de literatuurstudie in hoofdstukken 2 en 3 zal er allereerst een overzicht worden onderzocht van concepten die een meerwaarde bieden bij het overbrengen van informatie. Specifiek ligt de focus in hoofdstuk 2 enerzijds op bestaande klassieke notifications en anderzijds worden ook enkele relevante algemene design principes onder de loep genomen. Vervolgens zal in hoofdstuk 3 een onderzoek volgen naar systemen waarin notifications voorkomen. Hierin worden concepten gegeven rond het beheren en onderbreken van de menselijke aandacht en hoe hier mee omgegaan kan worden. Allereerst wordt er gekeken naar systemen die onderbrekende notifications op gepaste momenten kunnen afleveren. Vervolgens wordt er gekeken naar enkele minder traditionele aanpakken om informatie over te brengen aan gebruikers. Hoofdstuk 4 zal dan meer de focus leggen op smartwatch notifications. Dit hoofdstuk zal een design space uitwerken bestaande uit de meest essentiële visuele elementen die moeten voorkomen binnen smartwatch notifications. Dit gebeurt door een analyse van visuele elementen in allerlei toepassingen (e.g. verkeersborden) in combinatie met een analyse van visuele elementen in de literatuur. Hiermee wordt uiteindelijk een design space geconstrueerd bestaande uit kleur, vorm, icoon en animatie. Vervolgens is het nodig om specifieke invullingen te geven voor deze visuele elementen, een proces dat beschreven staat in 5. Steunend op relevante situatieschetsen rechtstreeks uit OperatorAssist wordt eerst een eigen invulling gegeven voor de verschillende visuele elementen om deze vervolgens door middel van een tweedelige user studie aan te vullen en te verifiëren. Het resultaat bekomen in dit hoofdstuk is een specifieke invulling van een design space geschikt voor het weergeven van notifications op smartwatches. Uiteindelijk zullen er in hoofdstuk 6 enkele design guidelines voor smartwatch notifications voor digitale assistenten worden geformuleerd. Deze guidelines worden vervolgens gebruikt om een systeem voor notifications te implementeren rechtstreeks binnenin OperatorAssist. Ten slotte zullen er in hoofdstuk 7 enkele conclusies gegeven worden over het volledige traject van deze masterproef.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	6
2	Literatuurstudie: notification design	10
2.1	Klassieke notifications	10
2.1.1	Websites	10
2.1.2	Smartphone	11
2.1.3	Smartwatch	12
2.1.4	Samenvattende tabel	13
2.2	Relevante algemene design principes	13
2.2.1	Algemene usability heuristieken	13
2.2.2	Gestalt principes	13
2.2.3	Tufte	15
3	Literatuurstudie: notification environments	16
3.1	Attention management system design	16
3.1.1	Attention management systems	17
3.1.2	Supporting interruptive notifications	19
3.2	Peripheral notifications	22
3.2.1	Vision	22
3.2.2	Peripheral notification systems	23
3.3	Low-information-rate displays	27
4	Design space voor smartwatch notifications	29
4.1	Visuele elementen in het wild	29
4.1.1	Verkeersborden	29
4.1.2	Verkeerslichten	32
4.1.3	Smartphone notification LED	33
4.1.4	Logging	35
4.1.5	Afstandsbedieningen	37
4.1.6	Navigatielichten	37
4.2	Visuele elementen in de literatuur	38
4.2.1	Peripheral notifications	38
4.2.2	Visual cues for physical activities	39
4.3	Finale design space	41
4.3.1	Kleur	42
4.3.2	Vorm	42
4.3.3	Icoon	42
4.3.4	Animatie	42
4.3.5	Combinatie van parameters	42
5	User studies rond smartwatch notifications	44
5.1	Context	44
5.2	Methodologie	45

5.2.1	Situatieschetsen en scenario's	45
5.2.2	Elicitation study	47
5.2.3	Verification study	48
5.3	Design space instantiaties	48
5.3.1	Kleur	49
5.3.2	Vorm	49
5.3.3	Icoon	49
5.3.4	Animatie	50
5.4	Apparatuur en deelnemers	50
5.5	Analyse elicitation en verification study	51
5.5.1	Kleur	51
5.5.2	Vorm	59
5.5.3	Icoon	64
5.5.4	Animatie	75
5.5.5	Concepten voor evoluerende notifications	77
5.5.6	Algemene opmerkingen over de studie	83
5.6	ChatGPT exploratie	85
6	Design guidelines en framework voor smartwatch notifications	89
6.1	Integratie van smartwatch notifications binnen OperatorAssist	89
6.1.1	MAUI	89
6.1.2	Notification framework	90
6.2	Design guidelines voor smartphone notifications	91
6.2.1	Design guidelines voor de verschillende niveaus	91
6.2.2	Aanvullende concepten en richtlijnen	95
6.3	Implementatie en resultaten	97
6.3.1	Geïmplementeerde features binnen OperatorAssist	97
6.3.2	Galerij van enkele scenario's	103
6.4	Conclusie	109
7	Conclusies	110
A	Appendix	112
A.1	Verification study form	112

Hoofdstuk 1

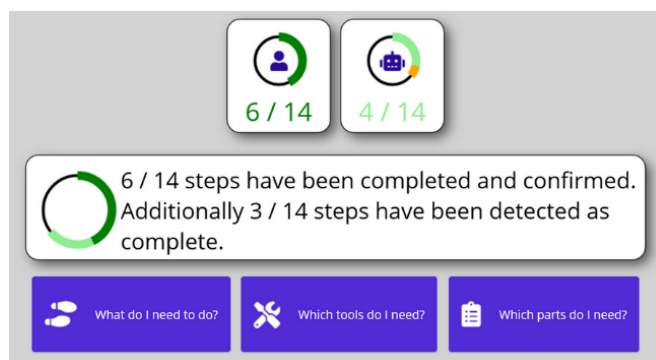
Inleiding

Digitale apparaten zijn alomtegenwoordig in het dagelijks leven. IHS Markit schat dat het aantal digitale apparaten per persoon in 2025 meer dan 9 zal zijn, meer dan het dubbel dan wat dit in 2020 was [Safaei et al., 2017]. Deze apparaten garanderen permanente connectiviteit en communicatie. Een typische manier om over nieuwe informatie te communiceren, is door het gebruik van notifications. Met de opkomst van deze digitale apparaten is bijgevolg ook het gebruik van notifications exponentieel toegenomen.

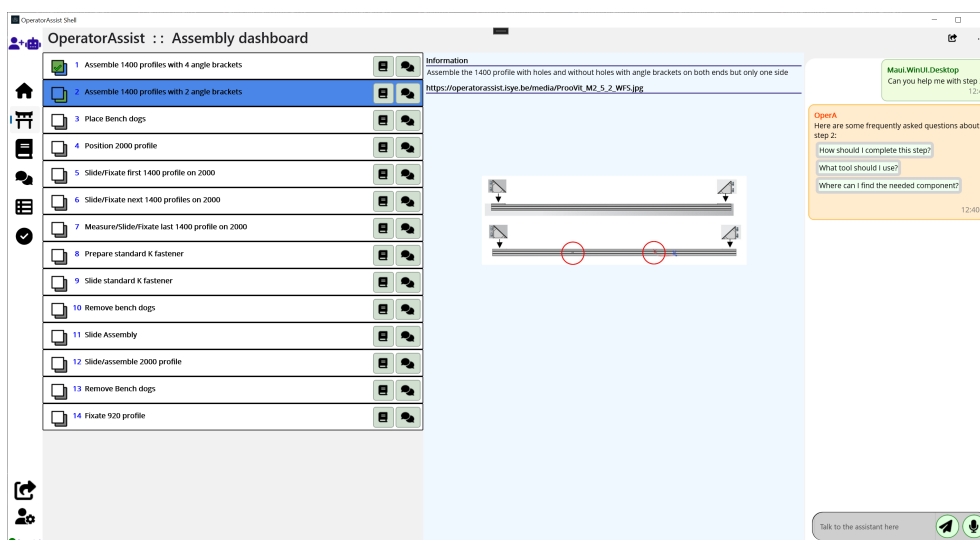
Deze toename in notifications brengt enkele uitdagingen met zich mee. Zo eisen notifications de aandacht van gebruikers vaak op, omdat het idee achter de notifications is dat het waardevol is dat informatie snel bij de gebruikers geraakt [Poppinga et al., 2014]. Dit kan echter leiden tot attention overload en information overload: fenomenen waarbij gebruikers worden blootgesteld aan zo een grote hoeveelheid informatie dat ze het niet meer verwerkt krijgen [Tarasewich et al., 2003]. Een gelijkaardig fenomeen, interruption overload, komt ook voor [Okoshi et al., 2015b]. Hierbij worden gebruikers overspoeld met te veel onderbrekingen, wat als gevolg heeft dat ze hun taken niet meer kunnen uitvoeren, terwijl de onderbrekingen net bij die uitvoering zouden moeten helpen [Paul et al., 2015].

De toename van apparaten en notifications in verschillende contexten betekent bovendien dat voor al deze contexten gepaste notifications ontworpen moeten worden. Een notification die gepast is voor een bepaald apparaat in een bepaalde context, past niet noodzakelijk ook in een andere situatie. Kijk bijvoorbeeld naar notifications voor desktops en smartphones: de notifications in de status bar van smartphones verschillen typisch erg van notifications binnen desktopomgevingen. Bovendien zijn notifications in de context van sociale media bijvoorbeeld een heel ander gegeven dan notifications in de context van digitale werkinstructies en veiligheidsprocedures in de maakindustrie. Een apparaat dat aan een opmars bezig is en een sterke link heeft met notifications, is de smartwatch: een klein device, met lagere resolutie, dat typisch geen consistent element in beeld heeft (buiten eventueel de tijd). Op een dergelijk apparaat gepaste notifications weergeven voor verschillende contexten is dus geen triviale opgave.

Een context waarin gepaste notifications en de problemen rond overload zeer relevant zijn, is die van digitale assistenten, zoals Google Assistant [Google, 2023] en Amazon Alexa [Amazon, 2023]. De focus van deze masterproef ligt op dergelijke digitale assistenten in de maakindustrie, die onder andere werkinstructies kunnen geven aan operators om hen te assisteren bij het voltooien van taken, zoals het assembleren van een fysieke component. De specifieke digitale assistent waaraan deze masterproef zal bijdragen, is degene onder ontwikkeling in het Flanders Make SBO project ‘OperatorAssist’ [UHasselt, 2021]. Het EDM voert hier onderzoek naar een assistent die ondersteuning kan bieden op een reactieve, on-demand manier, waarbij de operator een vraag stelt aan de assistent, of op een proactieve manier, waarbij de assistent bijvoorbeeld waarschuwt over een mogelijke fout of gevaar. Dit kan via een multi-device, multimodale user interface (op toestellen als pc’s, tablets, smartphones en smartwatches, met input en output als



(a) Overzicht van de status. Hierbij wordt de gedetecteerde voortgang weergegeven, alsook enkele veelgestelde vragen die de gebruiker kan stellen, waarbij het systeem de huidige context in rekening brengt bij het interpreteren van de vraag en het formuleren van een antwoord.

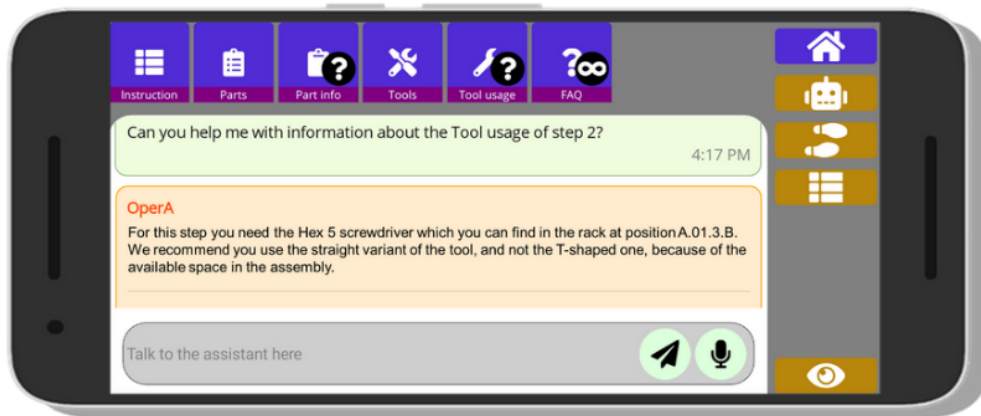


(b) Een van de dashboards van OperatorAssist, waar de verschillende stappen die de gebruiker moet uitvoeren in beeld zijn, alsook de status waarin deze stap zich bevindt. Voor de huidige stap wordt aanvullende informatie getoond en kunnen bijkomende vragen gesteld worden.

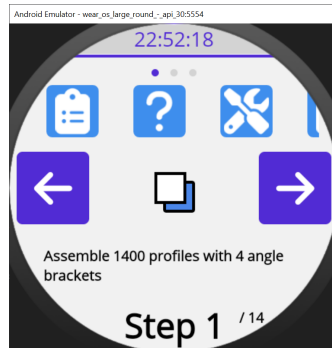
Figuur 1.1: Screenshots van de desktop-versie van OperatorAssist. Merk op dat dit project nog in uitvoering is en de getoonde prototypes dus nog in ontwikkeling zijn.

touch, gestures, speech, afbeeldingen, video's, audio en tactiele feedback). Figuren 1.1 en 1.2 geven een overzicht van enkele functionaliteiten van dit systeem.

Hoewel figuur 1.2 een eerste integratie toont, wordt de precieze functie en user interface van de smartwatch binnen OperatorAssist nog volop onderzocht. Vanwege de beperkte schermruimte is het niet mogelijk om dezelfde functionaliteit of user interface aan te bieden als op andere apparaten. Een unieke functie binnen OperatorAssist waarvoor de smartwatch zeker geschikt is, is het weergeven van notifications bij proactieve ondersteuning. Dit is sowieso de primaire functie van smartwatches in het algemeen [Richter, 2017]. Naast de uitdagingen van de smartwatch als apparaat, is er ook de uitdaging van het ontwerpen van gepaste notifications voor deze specifieke context, maar er zijn wel enkele manieren om tot ideeën en concepten te komen. Enerzijds is het mogelijk om naar aanpakken en standaarden in verschillende domeinen te kijken en daar patronen en concepten uit af te leiden. Dit kan gaan van typische aanpakken bepaald door notification-systemen tot standaarden bij andere concepten die informatie overbrengen centraal hebben staan, zoals verkeersborden. Anderzijds is het mogelijk om inspiratie te halen uit de



(a) OperatorAssist op een smartphone, met een aantal knoppen waarmee de gebruiker de nodige informatie over de stap kan opvragen, alsook een gesprek met de conversational agent. Gebruikers kunnen dus op een gestructureerde manier informatie verkrijgen, maar op termijn ook vrije vragen stellen.



(b) Voorlopig overzicht van een stap, getoond op een smartwatch binnen OperatorAssist. Dit prototype is nog in volle ontwikkeling!

Figuur 1.2: Screenshots van OperatorAssist op verschillende apparaten. Merk op dat dit project nog in uitvoering is en de getoonde prototypes slechts tussentijdse versies zijn.

bevindingen en ervaringen van mogelijke gebruikers, een centraal concept binnen zogenaamde elicitation studies.

Het doel van deze masterproef is om bij te dragen tot de nieuwe generatie digitale assistenten voor operatoren in de maakindustrie. Concreet zal er onderzocht worden welke smartwatch notifications het meest geschikt zijn voor verschillende scenario's in de maakindustrie en aan welke eigenschappen zij moeten voldoen. Hierbij zal de focus voornamelijk liggen op het visuele aspect van notifications. De visuele elementen die geëvalueerd zullen worden, zullen dus dienen als bouwblokken voor notifications in een notification-systeem voor een digitale assistent, ontworpen voor een smartwatch. Concreet is het de bedoeling om volgende onderzoeksvragen te beantwoorden:

1. Welke concepten bieden een meerwaarde aan de gebruiker bij het overbrengen van informatie binnen multimodale systemen?
2. Welke selectie van visuele elementen is essentieel voor notifications op smartwatches binnen een digitale assistent?
3. Welke instanties van deze visuele elementen zijn het meest geschikt voor assisterende notifications binnen een digitale assistent?
4. Hoe kunnen deze instanties van visuele elementen worden gecombineerd tot een geschikt systeem voor assisterende smartwatch notifications?

In het beantwoorden van onderzoeksvraag 1 zal er algemeen worden gekeken naar informatie-overdracht binnen multimodale systemen om een zo breed mogelijk totaalbeeld te krijgen van de verschillende mogelijkheden. Vanaf onderzoeksvraag 2 zal de focus specifiek op smartwatch notifications binnen een digitale assistent liggen. Het onderzoek naar de visuele elementen zal vertrekken uit een design space en eindigen met een tweedelige studie. De resultaten van de studie worden rechtstreeks binnen OperatorAssist geïntegreerd.

In hoofdstuk 2 en 3 wordt er eerst een literatuurstudie beschreven: hoofdstuk 2 kijkt naar het design en de eigenschappen van notifications in verschillende contexten, terwijl de focus in hoofdstuk 3 ligt op systemen waarin notifications voorkomen en hoe zij omgaan met het geven van notifications op gepaste momenten en manieren. In hoofdstuk 4 wordt als contributie een design space gecreëerd op basis van de visuele elementen die zijn geïdentificeerd in de literatuurstudie. Daarna zal in hoofdstuk 5 een tweedelige studie beschreven en geanalyseerd worden, waarin de design space wordt gebruikt om verschillende visuele aspecten van notifications te onderzoeken en een set van aanbevelingen te creëren. In hoofdstuk 6 worden deze resultaten gebruikt om design guidelines te maken voor gepaste notifications. Hiermee wordt een framework gecreëerd dat binnen OperatorAssist geïntegreerd wordt om ermee een aantal use cases uit te werken. Ten slotte trekken we in hoofdstuk 7 conclusies uit de resultaten behaald binnen deze masterproef.

Hoofdstuk 2

Literatuurstudie: notification design

Om zelf notifications te kunnen maken voor een nieuwe context, is het noodzakelijk om een zeker begrip en kennis te verwerven van reeds bestaande notifications. Dit eerste hoofdstuk zal zich focussen op dit visuele aspect van notifications. Eerst zal er gekeken worden welke notifications er meestal voorkomen op dagdagelijkse digitale apparaten. Vervolgens volgen er enkele design principes die kunnen helpen bij het maken van geslaagde visualisaties.

2.1 Klassieke notifications

In deze sectie wordt er gekeken welke mainstream soorten notifications er typisch per device worden gebruikt. Hiervoor wordt er gekeken naar typische notifications in websites, smartphones en smartwatches. Belangrijk om op te merken is dat er soms een overlap is tussen de notifications van verschillende devices. Op het einde van de sectie volgt er nog een overzicht van alle methodes.

2.1.1 Websites

Deze sectie zal soorten notifications behandelen die typisch voorkomen in frameworks voor het ontwikkelen van websites.

Alert

Een alert geeft een korte, belangrijke boodschap weer op een manier die de aandacht van de gebruiker trekt zonder de taak van de gebruiker te onderbreken [UI, 2022a].

Banner

Een banner toont een prominent bericht en gerelateerde optionele acties [IO, 2022a]. Een banner geeft een belangrijke, beknopte boodschap weer en biedt acties voor gebruikers om de banner af te handelen of te sluiten. Banners vereisen een actie van de gebruiker alvorens ze worden afgewezen. Banners moeten bovenaan het scherm worden weergegeven, onder een bovenste appbalk. De gebruiker kan op elk moment kiezen de banner te negeren of ermee te communiceren. Er mag slechts één banner tegelijk worden weergegeven.

Dialog

Dialogs zijn een soort modal en informeren gebruikers over een taak en kunnen kritieke informatie bevatten, beslissingen vereisen of meerdere taken omvatten. Dialogs bieden belangrijke

prompts in de flow van de gebruiker. Ze verschijnen op de hoogste voorgrond voor alle app-inhoud, hetzij fullscreen, hetzij over een deel van de inhoud. Dit is met de bedoeling (kritieke) informatie te geven of om een beslissing of actie te vragen of om gebruikers te helpen een taak af te handelen [UI, 2022b] [IO, 2022b]. Dialogs schakelen alle app-functionaliteit uit wanneer ze verschijnen en blijven op het scherm totdat ze worden afgehandeld door de gebruiker. De afhandeling hangt af van de inhoud van de dialog, maar typisch gebeurt dit door een keuze die de gebruiker maakt of door het sluiten van de dialog.

Message

Een message wordt gebruikt als feedback op acties van de gebruiker [Design, 2022a]. Messages zijn geschikt om feedback te geven voor bijvoorbeeld succes, waarschuwing, fout etc. Een message wordt bovenaan en in het midden weergegeven en wordt na een kort tijdsinterval automatisch verwijderd. Hierdoor is de message geschikt als niet-interruptive prompt.

Modal

Modals verschijnen op de hoogste voorgrond voor alle app-inhoud. Ze zijn geschikt wanneer het nodig is dat gebruikers communiceren met de applicatie, maar zonder dat ze hiervoor naar een nieuwe pagina moeten springen en de workflow van de gebruiker dus onderbroken wordt [Design, 2022b]. Een modal kan dan gebruikt worden om een nieuwe laag over de huidige pagina te maken om de feedback of informatie daarin te verkrijgen of weer te geven.

Notification

Notifications verschijnen op de hoogste voorgrond voor alle app-inhoud. Ze geven informatie aan de gebruiker met betrekking tot activiteit op de huidige webpagina. Dit is in tegenstelling met de notifications op de smartphone/smartwatch die niet elk betrekking hebben tot dezelfde app. Notifications hebben een titel, beschrijving en een optioneel icon [Design, 2022c]. Ze kunnen manueel worden weggeklikt door de gebruiker, en eventueel na een bepaalde tijd zelf weggaan.

Snackbar of toast

Snackbars geven korte notifications. Snackbars geven gebruikers informatie over een proces dat is uitgevoerd of zal uitgevoerd worden. Snackbars worden tijdelijk aan de onderkant van het scherm weergegeven. Ze mogen de gebruikerservaring niet onderbreken en er is geen input van de gebruiker nodig om te verdwijnen. Snackbars bevatten een enkele regel tekst die gerelateerd is aan de uitgevoerde operatie. Ze kunnen een tekstactie of een knop om de snackbar te sluiten bevatten, maar ze mogen geen icons bevatten. Er mag ten alle tijde slechts een enkele snackbar op het scherm aanwezig zijn.

2.1.2 Smartphone

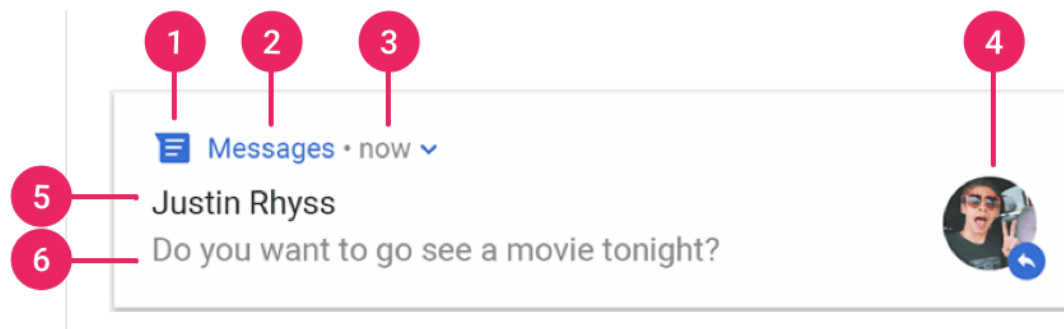
In deze sectie wordt er gekeken naar soorten notifications die typisch voorkomen in smartphones, zowel op het niveau van het besturingssysteem als in frameworks voor het ontwikkelen van apps.

Alert

Alerts zijn dringende onderbrekingen die bevestiging vereisen en die de gebruiker informeren over een situatie [Flutter, 2022a]. Dit component is vrijwel identiek aan dat uit 2.1.1.

Dialog

Een dialog biedt de gebruiker de keuze tussen verschillende opties [Flutter, 2022b]. Dit component is vrijwel identiek aan 2.1.1.



Figuur 2.1: Een overzicht van een notification [Android, 2022b]

Notification

Een notification is een bericht dat buiten de interface van de app wordt weergegeven. Notifications hebben als doel de gebruiker te voorzien van herinneringen, communicatie van andere mensen of andere tijdige informatie van uw app. Gebruikers kunnen op de melding tikken om de gerelateerde app te openen of rechtstreeks vanuit de melding een actie ondernemen. Het ontwerp van notifications wordt bepaald door het systeem. De inhoud van elk deel van de notification kan via de app worden ingesteld. De meest voorkomende elementen van een notification zijn:

1. Een klein icon
2. De naam van de app
3. Een time stamp
4. Een groot icon
5. De titel
6. Tekst

Hierbij zijn 4 tot en met 6 optioneel. Zie figuur 2.1 voor een grafisch overzicht van deze opsomming.

Snackbar of toast

Snackbars zijn lightweight berichten met een optionele actie die kort onderaan het scherm worden weergegeven [Flutter, 2022c]. Een toast geeft feedback over een handeling in een kleine pop-up [Android, 2022c]. Toasts nemen alleen de hoeveelheid ruimte in die nodig is voor de inhoud van het bericht. De huidige activiteit blijft zichtbaar en interactief. Toasts verdwijnen automatisch na een time-out.

Android maakt een onderscheid tussen toasts en snackbars op basis van hun actie. Indien geen actie aanwezig is, noemen ze het een toast, indien wel een actie aanwezig is, noemen ze het een snackbar. Andere bronnen noemen beide varianten dan weer altijd een snackbar, maar stellen dat de actie optioneel is [IO, 2022c].

2.1.3 Smartwatch

Als laatste wordt er nog gekeken welke soorten notifications er gebruikt worden binnen smartwatches. Typisch is dit enkel een vrij generieke notification op het niveau van het besturings-systeem.

Notification

Android raadt aan expandable notifications te gebruiken als startpunt voor alle notifications. Dit omdat ze een goede manier zijn om gebruikers te betrekken. De collapsed state wordt weergegeven in de zogenaamde notification tray voor een korte en overzichtelijke ervaring. Als de gebruiker op de notification tikt, wordt deze groter en wordt een navigeerbare interface met meer inhoud en acties weergegeven. Dit concept wordt geïllustreerd in figuur 2.2.

Notifications op smartwatches hebben dezelfde structuur als notifications op smartphones. Ze kunnen via twee manieren op een smartwatch verschijnen:

1. Een app op een aan de smartwatch gekoppelde smartphone creëert een notification en deze wordt automatisch op de smartwatch getoond.
2. Een app op de smartwatch creëert een notification.

2.1.4 Samenvattende tabel

Tabel 2.1 geeft een overzicht van soorten notifications gebruikt binnen digitale apparaten. Met een wordt er duidelijk dat de smartwatch enorm beperkt is in het aanbod van notifications, ondanks dat het geven van notifications het primaire doel is van dit soort apparaat.

Notificatietype	Website	Smartphone	Smartwatch
Alert	Ja	Ja	Nee
Banner	Ja	Nee	Nee
Dialog	Ja	Ja	Nee
Message	Ja	Nee	Nee
Modal	Ja	Nee	Nee
Notification	Ja	Ja	Ja
Snackbar/Toast	Ja	Ja	Nee

Tabel 2.1: Overzicht van soorten notifications per apparaat

2.2 Relevante algemene design principes

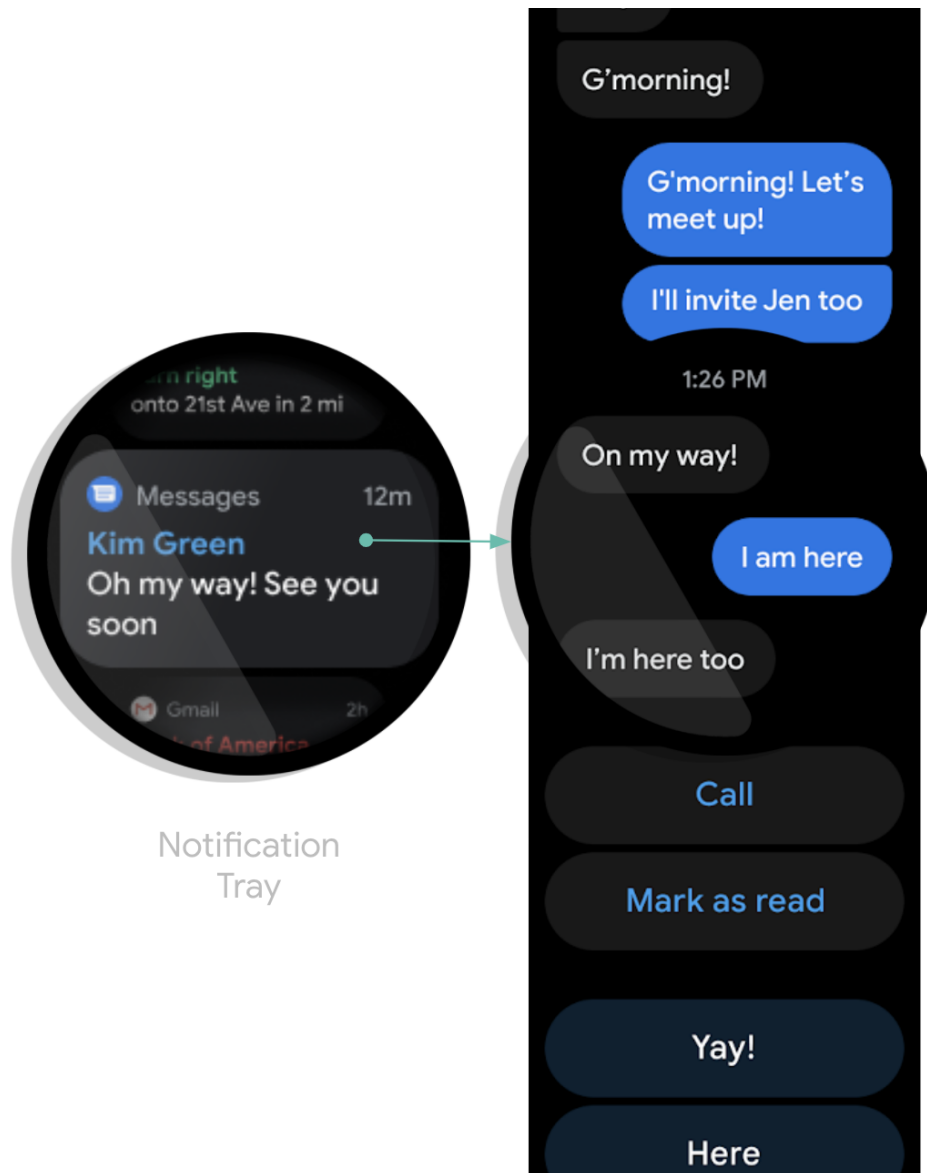
Deze sectie zal enkele algemene design principes en richtlijnen overlopen die in het achterhoofd moeten gehouden worden bij het ontwerpen van effectieve user interfaces. De besproken principes geven nuttige richtlijnen die kunnen leiden tot succesvolle visualisaties, een onmisbaar gegeven ook binnen het ontwerpen van smartwatch notifications

2.2.1 Algemene usability heuristieken

De heuristieken van Nielsen werden oorspronkelijk ontwikkeld voor heuristische evaluatie [Nielsen, 2020]. Vier jaar later werden de heuristieken verfijnd op basis van een factoranalyse van 249 usability-problemen om een reeks heuristieken met maximale verklarende kracht af te leiden, resulterend in de de tien heuristieken van Nielsen [Nielsen, 1994]. Deze heuristieken geven algemene richtlijnen die van cruciaal belang zijn bij het ontwerpen van user interfaces. Ze geven aan wat al dan niet in een user interface thuishoort om tot een effectief design te kunnen komen en komen ook goed van pas in de context van notifications.

2.2.2 Gestalt principes

De Gestalt principes uit 1912 zijn een eerste serieuze poging om patroonperceptie te begrijpen [Ware, 2019]. De principes worden vandaag de dag nog steeds gebruikt omdat ze een duidelijke beschrijving gaven van veel fundamentele waarnemingsverschijnselen. Ze produceerden een reeks Gestaltwetten van patroonperceptie. De principes zijn robuuste regels die beschrijven de



Figuur 2.2: Een vergelijking van de collapsed state met de navigeerbare interface van een smartwatch notification [Android, 2022a]

manier waarop we patronen in visuele weergaven zien. De Gestalt principes kunnen in acht concrete principes worden omgezet: proximity, similarity, connectedness, continuity, symmetry, closure, relative size en common fate. De Gestalt principes zijn relevant binnen een context van notifications omdat ze impliceren hoe visuele elementen al dan niet geplaatst moeten worden ten opzichte van elkaar. Zeker op een klein smartwatch display is deze kennis essentieel.

2.2.3 Tufte

Tufte stelt dat er geen gemakkelijke compositieprincipes zijn voor het maken van prachtige visualisaties [Tufte, 2001]. Wel geeft hij enkele suggesties en handleidingen voor verbetering van de visuele kwaliteit van routinematige, alledaagse ontwerpen. Aantrekkelijke displays van informatie moeten volgens hem voldoen aan enkele eigenschappen. Het doel van goede representaties is volgens hem om een visuele representatie te leveren die het meest geschikt is voor het beoogde doel. Omdat notifications ook routinematige, alledaagse ontwerpen zijn met een oog op informatieoverdracht, is het geen slecht idee om rekening te houden met de principes die Tufte heeft opgesteld.

Hoofdstuk 3

Literatuurstudie: notification environments

Tegenwoordig zijn digitale apparaten alom bekend en overal aanwezig. Deze apparaten zorgen voor altijd beschikbare connectiviteit. Op deze digitale devices wordt informatie typisch door middel van push notifications overgebracht. De aandacht van gebruikers wordt hierbij meteen opgeëist omdat het waardevol is dat informatie snel bij hen geraakt. Dit is zeker het geval wanneer notifications onmiddellijke aandacht vereisen. Het nadeel van deze push notifications is dat ze geen rekening houden met de context waarin de gebruiker zich bevindt, waardoor een gebruiker zijn of haar concentratie kan verliezen. In het geval de gebruiker een taak uitvoert, heeft deze later ook extra tijd nodig om die taak te hervatten. Voortdurend de activiteiten en taken van individuen onderbreken met notifications wordt ook wel attention fragmentation genoemd. Om deze redenen kunnen notifications ondanks hun goede bedoelingen voor gebruikers als storend, vervelend en stresserend overkomen. Verder is er behoefte aan het ontwerpen van user interfaces die het attention management van gebruikers ondersteunen, aangezien dat de hoeveelheid geconcentreerde tijd die mensen kunnen besteden aan een taak de afgelopen jaren drastisch gedaald is [Toreini et al., 2022].

Om deze fenomenen omtrent attention tegen te gaan zijn er meerdere manieren ontwikkeld die een bepaald aspect van typische notifications aanpakken. Zo is het mogelijk om vast te stellen wanneer notifications al dan niet storend zijn om zo een gepast moment te zoeken om deze te tonen. Ook is het mogelijk om notifications op onconventionele manieren te tonen, zoals door gebruik te maken van peripheral vision of andere minder storende technieken. Deze concepten worden in volgende secties uitgelegd.

3.1 Attention management system design

Attention management systems dienen om bij attention fragmentation actieve ondersteuning te bieden. Het is belangrijk om zulke systemen te bouwen die helpen de aandacht van de gebruiker te beheren tussen concurrerende applicaties, waardoor de effecten van het onnodig onderbreken van een gebruiker worden verzacht [Bailey et al., 2001]. Een voorbeeld van een attention management system is het beheer van interruptions door notifications uit te stellen tot geschikte momenten waarop de informatie nog tijdig geleverd kan worden. Hoewel veel factoren van invloed zijn op iemands interruptibility, zoals de locatie en sociale context waarin de gebruiker zich momenteel bevindt, zijn de activiteiten die de gebruiker uitvoert zeer belangrijk om rekening mee te houden. Interruptions tussen grote veranderingen in de workflow, zogenaamde coarse breakpoints, zorgen voor minder ergernis. Dit is omdat de timing van deze interruptions volgens gebruikers hun huidige activiteit respecteert in vergelijking met andere (bijvoorbeeld willekeurig getimed) interruptions [Poppinga et al., 2014]. Een voorbeeld van

zo'n coarse breakpoint is het einde van een telefoongesprek, maar ook een minder concrete actie zoals het beginnen of stoppen met wandelen kan als coarse breakpoint gezien worden. Bij deze acties is er een duidelijke onderbreking tussen twee opeenvolgende activiteiten. Verder is het zo dat een notification sneller wordt afgehandeld wanneer deze op coarse breakpoints wordt gezonden.

3.1.1 Attention management systems

Een attention management system kan de aandacht van een gebruiker sturen in het geval van een interruption door een geschikte output modality te kiezen of zelfs interruptions uit te stellen tot een moment waarop deze door een gebruiker kunnen worden afgehandeld. De output modaliteiten bij interruptions kunnen verschillende vormen aannemen. In de meeste studies zijn het notifications, maar het kunnen even goed momenten zijn die geschikt zijn om een autobestuurder auditief-verbale taken uit te laten voeren [Kim et al., 2018]. De manier waarop een attention management system deze outputmodaliteiten kiest is typisch door middel van computationele modellen die beschikken over informatie verkregen over interruptions en de huidige context waarin de gebruiker zich bevindt [Poppinga et al., 2014] [Anderson et al., 2018]. Sensoren en machine learning vormen de kern van attention management systems. Deze concepten werken samen via verschillende fases die gegevens uit de fysieke omgeving met elkaar combineren en deze via machine learning technieken tot attention management brengen. In de komende secties worden de typische stappen beschreven in het proces om een attention management system te maken.

Dataverzameling

De eerste stap in het proces is typisch dataverzameling [Anderson et al., 2018]. Hierbij is het belangrijk om te kijken welke data er beschikbaar is en welke er gebruikt kan en zal worden. Hierbij kan er gebruik gemaakt worden van door de gebruiker ingevoerde informatie, zoals hun agenda, of van gegevens omtrent sensoren. De door de gebruiker ingevoerde informatie is heterogeen in beschikbaarheid en kwaliteit. De data is mogelijk fout of verouderd. Deze informatie is ook persoonlijk waardoor gebruikers deze data niet noodzakelijk willen delen, zeker wanneer het gaat om een onbekende applicatie. Sensorgegevens daarentegen zijn homogeen. De meeste smartphones hebben vergelijkbare detectiemogelijkheden en de gemeten waarden zijn vaak genormaliseerd en goed gedefinieerd. Verder is de sensor-aanpak betrouwbaarder aangezien deze data altijd beschikbaar is. Om deze reden komt de verzamelde data typisch uit sensoren.

Naast sensoren ingebouwd in mobiele devices is het ook mogelijk om gebruik te maken van desktops en zelfs psychofysiologische sensoren. Psychofysiologische sensoren worden gebruikt om informatie omtrent de cognitieve toestand van een gebruiker te verkrijgen, terwijl mobiele devices en desktops eerder extra kenmerken kunnen geven over de interruptibility van een gebruiker. Naast fysieke activiteiten en interacties kunnen ook concepten zoals complexe activiteiten, betrokkenheid en persoonlijke kenmerken gebruikt worden. Wanneer een model beslissingen moet maken op basis van de context van gebruikers, is het wenselijk dat de context van de specifieke gebruiker waarvoor die beslissingen gemaakt worden in acht wordt genomen.

Analyse

Vervolgens wordt de data verkregen uit de sensoren geanalyseerd. Allereerst wordt er preprocessing op de data gedaan. Voorbeelden van preprocessing zijn segmentatie, opschoning en normalisatie. Dit wordt gedaan om artefacten zoals uitschieters, ruis of ontbrekende gegevens te verwijderen. Verder is het mogelijk om manueel patronen te vinden door de data visueel voor te stellen. Vervolgens kan er aan feature selection worden gedaan.

Strategie	Actie
Immediate	De notification meteen laten zien
Mediating	Wachten met de notification tot een breakpoint
Scheduled	De notification laten zien na x aantal tijd
Mitigating	Output device kiezen voor de notification
	Output modality kiezen voor de notification
Indicating	Aangeven of een gebruiker al dan niet interruptible is

Tabel 3.1: Mogelijke strategieën om om te gaan met notifications [Poppinga et al., 2014] [Anderson et al., 2018]

Breakpoint-detecting model

Als volgende wordt het model gemaakt. Dit is typisch een classifier die de data van de sensoren neemt als onafhankelijke variabelen en de gewenste prediction als afhankelijke variabelen. Wanneer men wil voorspellen of een notification gepast of ongepast is, is het dus ook nodig om dit op te vragen of af te leiden. Er kunnen verschillende technieken worden toegepast om de interruptibility van een gebruiker te meten om zo modellen te evalueren.

De nodige data volgt niet altijd rechtstreeks uit de sensoren, maar kan bijvoorbeeld worden verkregen uit een questionnaire. Bij het krijgen van een notification wordt dan meteen zo'n questionnaire gegeven aan de gebruiker zodat deze zijn of haar mening in-situ kan geven. Hierbij kan bijvoorbeeld een NASA-TLX questionnaire worden gebruikt [Anderson et al., 2018]. Het is ook mogelijk een eigen questionnaire te maken die een gerichte vraag (gepast/ongepast) stelt. Impliciet kan er afgeleid worden of een notification gepast of ongepast is door bijvoorbeeld te kijken of de notification al dan niet werd beantwoord of te kijken naar hoe lang het duurde eer dat de notification werd beantwoord.

Een andere manier om gepaste momenten om notifications weer te geven te vinden, is door automatische breakpoint detection, zoals gebruikt in Attelia II [Okoshi et al., 2015b]. Hierbij geven ze twee manieren om breakpoints te detecteren:

- **UI-based Breakpoint Detection**

Een gebruiker wordt geacht op een breakpoint te zijn wanneer het apparaat actief wordt gebruikt (meer specifiek, terwijl het scherm van het apparaat is ingeschakeld en er dan een UI-event voorvalt). Op smartwatches wordt elke manipulatie op het scherm gezien als een indicatie dat de gebruiker zich op een breekpunt bevindt. Op dit moment kan er dan een feature vector worden opgesteld met allerlei informatie in verband met UI-evenementen om verder te kijken of dit moment wel degelijk een breakpoint is. Dit concept om UI-evenementen te gebruiken als sensoren kwam ook al voor in Attelia I [Okoshi et al., 2015a].

- **Physical Activity-based Breakpoint Detection**

Bij deze methode wordt er van uit gegaan dat een gebruiker zich op een breakpoint bevindt indien er een overgang in de fysieke activiteit is van die gebruiker, bijvoorbeeld wanneer starten of stoppen met lopen. Deze detector steunt op een onderliggend systeem om activiteiten te herkennen die dan een staat genereert zoals lopen, rennen of stilstaan. Wanneer er een wijziging is in die staat, is er een breakpoint. De hypothese of het een goed idee was om wijzigingen in activiteit te zien als breakpoints werd bevestigd in een studie. Uit deze studie konden ze ook afleiden tussen welke activiteiten gebruikers wel degelijk een breakpoint zagen.

Beslissing

Uiteindelijk moet als laatste stap de keuze worden gemaakt of de notification al dan niet getoond wordt en hoe dit gebeurt. Strategieën hiervoor zijn bijvoorbeeld immediate, mediating, scheduled, mitigating en indicating. Zie tabel 3.1 voor een overzicht van hun betekenis.

3.1.2 Supporting interruptive notifications

Naast kijken hoe notifications het best overgebracht kunnen worden om de interruptions te minimaliseren, kan men ook kijken hoe hoe interruptive notifications ondersteunend werken. Zo kunnen interruptive notifications task management in een desktopomgeving ondersteunen [Paul et al., 2015]. Het doel van hun onderzoek is om te bestuderen hoe interruptive notifications multitasking ondersteunen voor een gemeenschappelijke klasse van gebruikers, kenniswerkers, die hun gemeenschappelijk werkplatform gebruiken. Hiervoor deden ze twee field studies die de ervaringen met notifications onderzochten van gebruikers van en bijdragers aan een grote open source softwaregemeenschap genaamd KDE. Er wordt hierbij gebruik gemaakt van user experience reports (UXR). Een UXR is bedoeld om details over een ervaring vast te leggen in de natuurlijke context van de gebruiker kort nadat de gebeurtenis heeft plaatsgevonden. De motivatie hiervoor is dat de gebruikerservaring van cruciaal belang is voor de prestaties van de gebruiker, gebruikersplezier, gebruikersacceptatie en continu gebruik van het systeem. Telkens de gebruikers een notification kregen werd hen kort erna een UXR aangeboden. Dit was de opzet van hun eerste studie. De notifications werden verzorgd door het eigen notification systeem van KDE, waardoor de informatie en het gedrag van notifications uniform waren. Alle toepassingen en services gebruikten hetzelfde systeem en dus kwamen de notifications van verschillende applicaties. Na deze eerste studie werden er nog enkele interviews afgenomen aan KDE software developers waarbij ze grote thema's binnen de UXRs bespraken. Na uitvoering van deze twee studies kwamen ze tot volgende bevindingen:

- **Task and Notification Environment**
Deelnemers stopten vaker niet met hun hoofdtaak om de melding bij te wonen.
- **User Experience**
Deelnemers beschreven dubbel zoveel keer de notifications met positieve woorden dan met negatieve woorden. Bij positief werd een notification het meest als goed beschreven, bij negatief als vervelend.
- **Multitasking**
Notifications zijn niet enkel nuttig om informatie over te brengen. Ze geven gebruikers ook de mogelijkheid om meerdere taken tegelijkertijd te beheren. Hierbij helpen notifications bij volgende vier soorten multitasking:
 - **Task overlapping**
Deelnemers werkten dikwijls aan verschillende, ongerelateerde taken in verschillende stadia.
 - **Task filling**
Soms werden taken die even duren, zoals compileren of downloaden, overlapt met een taak die dan uitgevoerd kon worden met een “filler task”.
 - **Temporary task switching**
Hierbij is er kort een wijziging in aandacht van de gebruiker, zoals wanneer deze snel een bericht in de notification leest in plaats van in de app ervoor.
 - **Goal-related task switching**
Multitasking met een bepaalde taak voor ogen.
- **Task Prioritization**
Notifications gaven een keuze van prioriteit en hielpen bij het stellen van prioriteiten. Wanneer gebruikers een notification ontvingen, moesten ze beslissen of hun huidige taak of de taak beschreven in de notification belangrijker was. Notifications hielpen deelnemers om te bepalen welke taak ze onmiddellijk of later moesten uitvoeren. Hierbij waren volgende factoren van belang:
 - **Notification source**
De bron van de notification was de belangrijkste prioriteitsfactor. Dit is ook aangetoond door [Vastenburger et al., 2008]. Zij stellen dat waargenomen urgentie van

berichten de belangrijkste indicator is voor de aanvaardbaarheid van meldingen (in huis): als mensen denken dat een bericht urgent is, willen ze dat het bericht onmiddellijk wordt getoond, ongeacht wat ze doen op het moment van melding.

– **Notification purpose**

Het doel van de notification was belangrijk in de zin dat gebruikers het meest geïnteresseerd waren in notifications over onverwacht gedrag, voornamelijk dringend of kritiek gedrag. Hierbij was het belangrijk om nuttige informatie te hebben om op te reageren.

– **Notification importance**

Dringendheid werd door deelnemers het meeste aangegeven als belangrijke factor. Deze factor was ook belangrijk voor het bepalen van de prioriteit, wanneer een notification iets aankondigde dat minder belangrijk werd geacht dan de huidige taak, werden typisch pas later behandeld.

• **Task administration**

Notifications ondersteunen taakbeheer door gebruikers aanwijzingen te geven om aan te geven wanneer ze naar een nieuwe taak kunnen overschakelen. Een snelle taakwisseling werd bereikt door deelnemers die notifications gebruikten als signalen om aan te geven wanneer ze van taak konden of moesten wisselen. Deelnemers beschreven volgende drie types van taakbeheer:

– **Task planning**

Terwijl een taak aan de gang is, vonden deelnemers het nuttig om hun voortgang te zien om te weten wanneer ze een notification kunnen verwachten en om hen te helpen bij het plannen van hun volgende taken. Voortgangsindicatoren zijn cruciaal voor het hervatten van taken en de algehele gebruikerstevredenheid van het systeem [Liu et al., 2014].

– **Task scheduling**

Multitasking, task planning en prioritization samen hielpen deelnemers de volgorde van taken te plannen. Een geschiedenis hebben van voorgaande notifications was ook nuttig.

– **Task response**

Als een notification een duidelijke reactie had, apprecieerden deelnemers het wanneer er knoppen op de notification beschikbaar waren om direct over te schakelen naar die taak.

• **Task disruptions**

Verstoringen zijn onderbrekingen van taken die de hoofdtaak op een negatieve manier beïnvloeden. Deelnemers hadden voortdurende onderbrekingen, maar weinig verstoringen. Goede notifications hielpen een bewustzijn te creëren van andere processen, terwijl slechte notifications op zo'n slecht moment kwamen dat ze storend werden. Deelnemers beschreven volgende twee strategieën voor om te gaan met verstoringen:

– **Context of work**

Deelnemers gaven aan belang te hebben aan een “no notification zone” voor een context van werk die gevoelig is voor onderbrekingen. De mogelijkheid om notifications uit te schakelen was van cruciaal belang voor de gebruikservaring van sommige gebruikers bij een werkcontext die gevoelig is voor interruptions, bijvoorbeeld wanneer ze zich moesten concentreren.

– **Task stabilization**

Taakstabilisatie is de voltooiing van een subtaak van de hoofdtaak om zich voor te bereiden om er na een onderbreking naar terug te keren [Iqbal and Horvitz, 2007]. Hierin kan een hoofdtaak bijvoorbeeld het schrijven van een functie zijn. De subtaak is dan het schrijven van een enkele regel code. Wanneer de gebruiker in zo'n scenario

een notification krijgt, zal hij eerst de regel beëindigen (en dus de taak stabiliseren) om dan naar de notification te gaan.

Verder extraheerden ze uit de onderzoeksresultaten volgende vier design guidelines voor notification systems. Deze guidelines kunnen system designers helpen het onderzoek toe te passen op hun eigen interruptive notification systemen:

1. Gebruik het systeem van notifications om de status te geven van taken die veel tijd kosten om te voltooien.
2. Onderbreek de gebruiker alleen als er iets onverwachts gebeurt. Bevestig geen verwachte resultaten.
3. Bied manieren om eenvoudig over te schakelen naar taken gerelateerd aan de notification om de disruption van de hoofdtaak tot een minimum te beperken.
4. Stel een gebruiker niet op de hoogte van informatie die al in beeld is.

Interruption context

Men kan zich ook de vraag stellen of de context van een interruption een invloed heeft op hoe hiermee om wordt gegaan. Het blijkt dat de context van interruptions geen verschil maakt, maar gebruikers verbazingwekkend onderbroken taken in minder tijd zonder verschil qua kwaliteit voltooiden [Zijlstra et al., 1999] [Mark et al., 2008]. Een theorie hierachter is dat wanneer mensen constant onderbroken worden, ze een werkwijze ontwikkelen waarin ze sneller werken en minder schrijven om de tijd die ze denken te verliezen door onderbrekingen te compenseren. Gebruikers ontwikkelen dus strategieën om effectief om te gaan met interruptions, waarbij ze eigenlijk overcompenseren voor mogelijke prestatiedaling. Dit sneller werken met onderbrekingen heeft toch een prijs. De mensen in omstandigheden met veel interruptions ervoeren een hogere werkdruk, meer stress, hogere frustratie, meer tijdsdruk en inspanning. Verder lijkt het erop dat vele interruptions gebruikers een afkeer geven van mogelijke vervolgtaken. Kortom, onderbroken werk kan sneller voltooid worden ten koste van het psychisch welzijn van de gebruikers.

Onderbrekingen zetten mensen ertoe aan om niet alleen hun werkritme te veranderen, maar ook hun strategieën en mentale toestanden. Een andere mogelijkheid is dat onderbrekingen daadwerkelijk de tijd die nodig is om een taak uit te voeren verlengen, maar dat deze extra tijd alleen direct na de onderbreking optreedt wanneer men zich weer op de taak moet richten. Dit kan gecompenseerd worden door een snellere en stressvollere werkwijze. Verder is het zo dat mensen die meer openstaan voor ervaringen sneller omgingen met onderbroken werk, en verrassend genoeg is dit ook het geval voor mensen die aangeven nood te hebben aan een persoonlijke structuur. Misschien zijn degenen die behoefte hebben aan persoonlijke structuur beter in staat om hun tijd te beheren wanneer ze onderbroken worden.

Hieruit volgen enkele richtlijnen die in acht moeten genomen worden bij het ontwerpen van een systeem. Een bepaalde hoeveelheid onderbrekingen kan acceptabel zijn omdat mensen kunnen compenseren met een hogere werksnelheid. Het systeem kan interruptions over een lange tijd bijhouden en controleren, zodat mensen niet overbelast geraken. Na slechts 20 minuten onderbroken prestaties rapporteerden mensen aanzienlijk hogere stress, frustratie, werklust, inspanning en druk, veroorzaakt door geplande interruptions in een 2-minuut interval zoals dit in het uitgevoerde experiment werd gedaan. Het is nog niet duidelijk of mensen hiermee zullen leren omgaan op lange termijn, of het alleen maar erger zou worden. Ook gaven deelnemers aan de interruptions nog erger te vinden in een echte werkcontext in tegenstelling tot het experiment. Het experiment identificeert ook individuele verschillen in de reactie op interruptions. Verschillende mensen hebben een verschillende tolerantie voor interruptions.

Mental effort & interruption overload

Menselijke aandacht is een nieuwe bottleneck binnen de informatica in omgevingen waarin veel notifications voorkomen. Het is daarom belangrijk om de mentale inspanning van een gebruiker

als gevolg van notifications te minimaliseren, vooral in situaties waarin gebruikers niet stilzitten zijn en het gebruik van meerdere draagbare en mobiele apparaten [Okoshi et al., 2015b].

Interruption overload is een subcomponent van information overload die ontstaat door een groot aantal slecht getimed notifications. In de afgelopen jaren is de frequentie van interruption overload alleen maar toegenomen. In tegenstelling tot wanneer gebruikers handmatig controleren op nieuwe informatie, duwen notifications de nieuwe informatie naar gebruikers, wat er voor zorgt dat de gebruikers een snellere en verhoogde alertheid moeten hebben. Hierdoor dragen notifications negatief bij aan prestatievermogen, emotionele toestanden [Adamczyk and Bailey, 2004], sociale toewijzing en psychofysiologische toestanden [Zijlstra et al., 1999]. Het hervatten van een taak na het bijwonen van een melding duurt langer en in sommige gevallen keren gebruikers mogelijk niet eens terug naar hun oorspronkelijke taak.

Een veelvoorkomende strategie om om te gaan met interruption overload, is om notifications simpelweg uit te schakelen. Dit doet echter het hele nut van notifications teniet. Hiervoor zijn echter twee betere mogelijkheden [Okoshi et al., 2015b]:

1. **Het uitstellen van notifications tot een geschikter moment.**

Hierbij moet een geschikt moment worden geïdentificeerd, genaamd een breakpoint: de grens tussen twee aangrenzende actie-eenheden. Het uitstellen van notifications tot een breakpoint vermindert de vertraging en frustratie die de interruption veroorzaakt wanneer de gebruiker de taak hervat.

2. **Het verminderen van de onderbrekende aard van notifications.**

Hiermee bedoeld is de impact van de notification te verminderen door de modaliteit waarmee deze wordt geleverd te veranderen. Dit kan bijvoorbeeld door een notification te laten trillen of enkel gebruik te maken van een LED. Hiermee wordt de notification minder interruptive, maar blijft de timing ervan ongewijzigd.

3.2 Peripheral notifications

Een andere manier om notifications weer te geven is door gebruik te maken van peripheral vision. Peripheral vision is het gedeelte van het gezichtsveld dat buiten het fixatiepunt valt. Hierin notifications weergeven kan ervoor zorgen dat deze minder interruptive zijn dan notifications dichterbij het fixatiepunt.

3.2.1 Vision

Om de concepten achter peripheral notifications te begrijpen is het belangrijk om wat achtergrondinformatie aan te halen. Enerzijds wordt er gekeken naar de structuur van het oog om zo een eerste motivatie te geven voor toekomstige methodes. Vervolgens wordt er gekeken naar visual attention om nog een extra achtergrond te schetsen.

Neurology of vision

De visuele verwerking begint in het netvlies wanneer fotoreceptorcellen van kegeltjes en staafjes reageren op lichtenergie [Thompson, 1985]. Kegeltjes zijn kleurgevoelig en komen voornamelijk voor in het dicht opeengepakte centrale foveale gebied van het oog [Williamson and Cummins, 1983]. Staafjes daarentegen zijn breder verspreid over het netvlies. Ze zorgen voor gevoeligheid voor lage lichtniveaus en helpen bij het detecteren van vorm en beweging. Ze bevatten slechts één pigment wat hen slecht maakt voor kleurwaarneming. Hieruit volgt dat men goed kleur kan waarnemen in het centrale zicht. In het perifere zicht daarentegen kan men beter vormen en beweging waarnemen.

Visual attention

Peripheral vision wordt vaak onbewust gebruikt en helpt onze oogbewegingen naar een doel te leiden [Rosenholtz et al., 2012]. Aangezien peripheral vision veel groter is dan het foveal vision is de kans groter dat er zich een doel in bevindt. De capaciteiten van mensen in peripheral vision zijn aanzienlijk slechter dan in foveal vision. Zo is er een scherpe afname in het vermogen van mensen om informatie waar te nemen naarmate de gezichtshoek groter wordt. Bij een afwijking van slechts 10 graden vanaf het centrale zicht is er nog slecht 10 procent van de visuele details waarneembaar [Smith and Atchison, 1997]. Het vermogen om beweging te detecteren blijft daarentegen relatief constant over het hele gezichtsveld [Gutwin et al., 2017].

3.2.2 Peripheral notification systems

De kern van peripheral notifications is om notifications te tonen in het peripheral vision van de gebruiker. Dan hangt het zien van de notifications af van de concentratie van de gebruiker, wat interference met de taak vermindert. Peripheral notifications steunen op het feit dat het gezichtsveld versmalt wanneer men intens concentreert op een taak [Kobayashi and Yamada, 2013]. Hierdoor zal het afhangen of gebruikers een notification zien op basis van hun concentratie. Dit concept wordt visual field narrowing (VFN) genoemd.

Shape changing device

Een eerste methode van peripheral notifications is de shape changing device methode [Kobayashi and Yamada, 2013]. Deze methode creëert notifications zonder de gebruiker te onderbreken met zijn of haar huidige taak door gebruik te maken van een apparaat dat van vorm kan veranderen. Op basis van peripheral cognition technology (PCT) kan het apparaat langzaam van vorm veranderen om de aankomst van informatie te melden. Verder kan het apparaat zichzelf stil en zonder afleiding bewegen. Het gedrag van het apparaat stelt een gebruiker in staat om de aandacht bij zijn of haar werk te houden en zonder onderbreking een notification te accepteren wanneer zijn of haar aandacht voor een taak afneemt. De informatie wordt overgebracht wanneer gebruikers toevallig zien dat het apparaat van vorm is veranderd wanneer hun concentratieniveau op een doelwit natuurlijk afneemt.

Projected peripheral notification

Een gebrek aan de vorige methode is dat er geen rekening wordt gehouden met mogelijke wijzigingen in de VFN regio. Deze regio kan veranderen als gevolg van een verandering in de houding van het hoofd. Een oplossing hiervoor is om een systeem te gebruiken dat gebruik maakt van interactieve projectie [Ishige and Imai, 2020]. Het systeem kan het gezichtsveld van de gebruiker volgen. Interactieve projectie van informatie in de VFN-regio zal interferentie met de concentratie van de gebruiker verminderen. Verder zal de gebruiker de notification niet opmerken wanneer hij zich er diep op concentreert. Om de notifications nog minder intrusief te maken, kan er een fade effect worden toegevoegd. Het is aangetoond dat faden de noticeability vermindert [Matsui and Nakamura, 2018], en dus kan een fade ook gebruikt worden om intrusiveness nog te verminderen.

De menselijke VFN hangt af van verschillende factoren. Het is nog onvoldoende bekend welke factoren welke invloeden hebben op het VFN en of verschillen zijn in gezichtsveld tussen personen gebaseerd op demografische gegevens. [Ishige and Imai, 2020] hebben het VFN geschat door middel van kleinschalige experimenten. Hierbij werden de deelnemers gevraagd om tegelijkertijd een rekentaak en cognitieve taak uit te voeren. Bij de rekentaak moesten ze zo snel mogelijk tweecijferige rekenkundige bewerkingen uitvoeren op A4-papier. Het doel hiervan was de deelnemers te laten concentreren. Bij de cognitieve taak moesten de deelnemers een voetschakelaar indrukken wanneer ze de geprojecteerde notification opmerkten. Hierbij kwam het beeld van de notification alsmaar dichterbij de gebruiker. De positie van het beeld wanneer de gebruiker de voetschakelaar indrukte werd gemeten. De geprojecteerde notification verdween

wanneer de deelnemer de voetschakelaar indrukte. Na een bepaalde tijd verscheen deze weer op de beginpositie en begon deze opnieuw te bewegen. Deze taken werd gedurende twee minuten herhaald waarbij de posities op het moment dat de deelnemers de notification opmerkten werden gemeten.

De effectiviteit van het voorgestelde systeem werd nagegaan door middel van een experiment. Dit experiment steunde op het voorgaande kleinschalige experiment en de voorgestelde peripheral notifications. In dit experiment werden de deelnemers nogmaals gevraagd om twee taken uit te voeren, dit keer een High-Load Task en een Low-Load Task. Bij de High-Load Task werden ze gevraagd om de rekentaak die in het kleinschalige experiment werd gebruikt gedurende twee minuten uit te voeren op een A3 papier. De volgorde van antwoorden was van links naar rechts ingesteld zodat de houding van het hoofd en de gezichtslijn van de deelnemer tijdens de taak bewegen. Vervolgens werd hen als Low-Load Task gevraagd om een vragenlijst op een 7-puntsschaal te beantwoorden. De notifications werden wederom ergens tijdens de activiteiten getoond en de gebruikers moesten weer een voetschakelaar indrukken wanneer ze de geprojecteerde notification opmerkten.

De effectiviteit werd vervolgens geverifieerd door de nieuwe methode te vergelijken met de conventionele methode. Hierbij werd de conventionele methode (de notification projecteren op een vaste plaats) vergeleken met twee varianten van de voorgestelde methode: een variant met fade en een zonder fade. Hierbij werd vastgesteld dat de conventionele methode altijd het snelst gezien werd. Deze werd gevolgd door de variant zonder fade. Het duurde het langste totdat de methode met fade werd gezien. Deze zelfde trend kon worden vastgesteld binnen de High-Load en Low-Load Tasks. De gebruikers hadden allemaal de notification uiteindelijk gezien, het duurde echter enkel langer afhankelijk van welke methode er werd gebruikt. Hieruit kan men vaststellen dat het systeem ongeschikt is voor scenario's waarin een notification niet gezien hoeft worden wanneer de gebruiker zich intens concentreert op een bepaalde taak. Het reduceert echter de interferentie met de concentratie van een gebruiker wel, zelfs wanneer de VFN-regio van de gebruiker tijdens de taak kan bewegen. Deze methode kan bovendien ook buiten digitale schermen worden gebruikt aangezien informatie wordt gemeld door projectie op echte omgevingen en dus niet afhankelijk is van displays.

Peripheral notifications in large displays

Visuele notifications zijn een belangrijk onderdeel van interactieve computersystemen. Een probleem bij grote schermen is dat veel inhoud zich in de visuele periferie van een gebruiker bevindt, waar het menselijk vermogen om visuele effecten op te merken afneemt. Zoals gezien in sectie 3.2.1 kan men in deze regio vooral vormen en beweging waarnemen. Een strategie voor het verbeteren van de zichtbaarheid in de periferie is het combineren van visuele kenmerken, zoals bijvoorbeeld beweging en kleur. [Mairena et al., 2019] stelt dat er weinig bekend is over hoe combinaties van visuele kenmerken de waarneembaarheid in het gezichtsveld beïnvloeden. Ook is er weinig bekend over hoe perifere waarneembaarheid verandert wanneer de primaire taak van een gebruiker dezelfde visuele kenmerken heeft als de notification. Deze vragen beantwoorden ze in hun paper door middel van twee studies.

Er zijn twee belangrijke overwegingen bij visuele notifications. Enerzijds moeten visuele notifications opvallen, aangezien ze er meestal op gericht zijn de aandacht van een gebruiker te trekken naar een locatie die niet bij hun hoofdtaak ligt. Anderzijds moet de opmerkbaarheid worden gemodereerd om afleiding en ergernis van de gebruiker te voorkomen. stress, fouten en productiviteitsverlies.

Nieuwe omgevingen met grote schermen voegen nieuwe factoren toe voor het ontwerpen van notifications. Bij grote schermen zal veel van de inhoud van de display zich in de visuele periferie van de gebruiker bevinden. Dit is ook typisch de plaats waar notifications verschijnen. Verder verliezen visuele kenmerken een deel van hun waarneembaarheid in peripheral vision. De "pop-out" neemt bijvoorbeeld af naarmate de stimulus verder van het centrale zicht komt [Gutwin et al., 2017].

In de paper worden zich twee vragen gesteld:

- Kan de waarneembaarheid worden verbeterd door visuele kenmerken te combineren? Kan men verminderde gevoeligheid in het perifere zicht overwinnen door verschillende kenmerken te combineren, zoals bijvoorbeeld door kleur en beweging te combineren?
- Aangezien de meeste notifications worden gebruikt terwijl een gebruiker zich op een primaire taak concentreert, moeten we begrijpen hoe (en of) de peripheral noticeability verandert wanneer een gebruiker aan een taak werkt die bestaat uit verschillende visuele effecten.

Om de eerste vraag te beantwoorden, voerden ze een onderzoek uit waarin het vermogen van mensen werd getest om pop-outdoelen te detecteren die combinaties van drie visuele variabelen gebruikten: kleur, vorm en beweging. De presentatie van doelen werd experimenteel gecontroleerd op deze drie verschillende soorten pop-out, hun gepaarde combinaties en alle drie gecombineerd. Hierdoor waren ze in staat om te zien of het combineren van deze visuele variabelen (bijvoorbeeld een sterke variabele en een zwakke variabele) enig effect heeft op de prestaties. De visuele variabelen werden getest op 5 verschillende intensiteitsniveaus en 6 mogelijke horizontale hoeken om zo verschillende regio's van het menselijk visuele veld te behandelen. De pop-outs werden vervolgens getoond op deze bepaalde hoek van de centrale verticale middenas.

Uit dit onderzoek werd geconcludeerd dat het combineren van visuele variabelen de waarneembaarheid van de pop-outs niet verbetert. Hierbij werden prestaties meestal gedomineerd door de beste van de variabelen. Typisch was deze beste variabele beweging. Als er dan bijvoorbeeld kleur en beweging werden gecombineerd, kwamen de prestaties vrijwel overeen met als er alleen beweging zou gebruikt worden.

Om de tweede vraag te beantwoorden, werden deelnemers gevraagd om een subset van de pop-outdoelen te detecteren die in de eerste studie werden gepresenteerd. Hierbij werden notifications buiten het midden van het scherm weergegeven terwijl de gebruiker zich op de hoofdtak concentreert. Er werd dan gekeken hoe de peripheral noticeability verandert wanneer een gebruiker bezig is met een visuele primaire taak. Deze taak was het spelen van een aangepaste versie van het spel Snake. Gebruikers speelden Snake op 3 schermen. Er waren afleiders op de kaart om gebruikers gefocust te houden. Wanneer gebruikers zo een afleider raakten, verloren ze een punt. Gebruikers werden gevraagd op een knop te drukken wanneer ze een stimulus zagen. Deze stimuli werden ditmaal op een hoek van het fixatiepunt getoond.

Bij dit onderzoek werd er vastgesteld dat er variaties zijn in hoe de zichtbaarheid van verschillende pop-outvariabelen verandert, afhankelijk van de visuele kenmerken van de primaire taak. Beweging in de taak kan interferentie hebben gegeven aan de beweging in de notification. Pop-outfuncties hebben significant verschillende effecten op de uitvoering van primaire taken. Deelnemers beschouwen popout-variabelen die opgaan in de primaire taak als minder afleidend. Een bewegende notification is bijvoorbeeld minder afleidend dan een stilstaande notification in het geval dat de taak van de gebruiker beweging bevat.

Als laatste bevinding stelden ze dat deelnemers een voorkeur toonden voor de linkerkant van de visuele ruimte.

Near-eye out-of-focus notifications

Naast informatie weer te geven op een bepaalde plaats in de ruimte die zich in het peripheral vision van een persoon bevindt, kan men zich ook de vraag stellen of het niet mogelijk is om de plaats van de informatie op een vaste plaats te zetten in peripheral vision. Hierop kan een antwoord gegeven worden door gebruik te maken van near-eye out-of-focus displays [Luyten et al., 2016]. Deze displays bevinden zich zeer dicht bij de ogen van een gebruiker in zijn of haar peripheral vision, bijvoorbeeld aan de binnenkant van een bril ter hoogte van de slapen. Er wordt gekeken naar het bruikbare weergavegebied, de rol van ruimtelijke en retinale variabelen, en de invloed van beweging en interactie voor zo'n visuele taal. De studie en de resultaten ervan kunnen opgedeeld worden in vier stappen.

In de eerste stap identificeerden de deelnemers het bruikbare weergavegebied waar ze informatie konden waarnemen. Hierbij werd er een benadering gebruikt door middel van te scannen. Deelnemers keken naar een vaste locatie en moesten aangeven wanneer de stip, die iteratief bewoog, niet langer zichtbaar was. Dit werd per oog gedaan. Deze resultaten bepaalden het bruikbare weergavegebied voor volgende stappen. Hieruit werd een gemeenschappelijke rechthoek binnen het zichtbare bereik voor de meeste deelnemers geïdentificeerd als bruikbare weergavegebied.

In de tweede stap werden deelnemers gevraagd om kleuren met het meeste contrast tegen de zwarte achtergrond te herkennen en de kleur te selecteren die voor hen het meeste contrast bood. Hierbij werd een reeks zorgvuldig geselecteerde vormen getoond in de gekozen kleur en de deelnemers beschreven wat ze zagen. Vervolgens kregen ze de vormen te zien en werd hen gevraagd ze te identificeren aan de hand van een gedrukt referentieblad. Hierbij konden deelnemers de primaire schermkleuren (rood, groen en blauw) correct waarnemen, terwijl andere kleuren regelmatig met elkaar verward werden. Geel en oranje werden regelmatig met elkaar verwisseld en paars werd regelmatig als blauw geïnterpreteerd. Eerst werden de herkenningpercentages voor statische vormen zonder gebruik te maken van een referentie onderzocht. Correcte antwoorden werden gecategoriseerd als volledig correct of gedeeltelijk correct. Hierbij waren samengestelde vormen in het algemeen moeilijk in detail te herkennen en oriëntatie leek de herkenningpercentages te beïnvloeden. Later kregen deelnemers een geprint referentieblad met alle mogelijke vormen en toen verbeterden de herkenningpercentages.

De derde stap onderzocht welke impact beweging had op de waarneming en het begrip van visuele elementen. Hierbij werden betekenisvolle bewegingen gebruikt, zoals een pijl die in de richting beweegt waarnaar deze wijst. Deelnemers beschreven wat ze waarnamen en de eye-tracker gaf hierop feedback en validatie. Deelnemers konden goed beweging herkennen, vooral wanneer de beweging gerelateerd was aan de betekenis van de vorm. De herkenningpercentages voor de geanimeerde vorm varieerden. Complexere visualisaties of animaties met twee kleuren waren moeilijker te herkennen. In het geval dat animaties herhaald werden, verbeterden de herkenningpercentages.

In de vierde stap voerden deelnemers interactieve taken uit om de beweging van vormen te besturen. Deelnemers bereikten een precisie wanneer ze zelf controle hadden over bewegende of draaiende visuele elementen. Deelnemers presteerden goed bij het verplaatsen van objecten over een recht pad of het draaien van objecten over een bepaalde hoek, maar minder goed indien ze te maken hadden met bewegingen met twee kleuren. Een cirkel bovenop een vierkant verplaatsen werd met grote precisie uitgevoerd. Deelnemers hadden de neiging om iets onder te schieten bij het draaien van een object en vaak voorbijschieten bij het verplaatsen van een object over een pad.

Uit het onderzoek werden volgende richtlijnen gedistilleerd:

- **Use simple shapes and avoid composite shapes**
Samengestelde vormen samengesteld uit meerdere basisvormen zijn moeilijker te herkennen op near-eye displays door blurring en blending effecten. Eenvoudige vormen zijn makkelijker te onderscheiden.
- **Use a single prominent shape**
Vormen die meerdere pixels gebruiken zijn makkelijker te herkennen. Vormen gebruiken met minder pixels maakt herkenning moeilijker, ook al is het display dichtbij het oog.
- **Use a limited set of predefined shapes**
Herkenningpercentages zijn hoger wanneer gebruikers zich bewust zijn van de mogelijke visualisaties. Gebruikers een beperkte verzameling vormen geven om uit te kiezen verbetert de herkenning.
- **Limit color usage to primary colors and strongly contrasting colors**
Gebruikers kunnen gemakkelijk primaire kleuren en kleuren die er in hoog contrast mee

staan herkennen. Meerdere kleuren of samengestelde kleuren gebruikten in een vorm verbetert de herkenning echter niet.

- **Use motion to communicate additional complex information**

Gebruikers kunnen goed beweging observeren en interpreteren. Beweging kan bijkomstige informatie effectief overbrengen, ook al is het een uitdaging om de bewegende vorm te herkennen.

3.3 Low-information-rate displays

De toename in gebruik van mobiele informatietechnologie en grotere hoeveelheden informatie zorgen voor een noodzaak om de presentatie van informatie te vereenvoudigen [Tarasewich et al., 2003]. Veel apparaten zijn niet langer beperkt tot relatief permanente omgevingen, maar zijn te vinden op vrijwel elke fysieke locatie of in elke sociale omgeving. Deze toename in apparaten leidt ook tot een toename in attention overload. Dit kan optreden wanneer gebruikers overweldigd en onderbroken worden door opdringerige externe gebeurtenissen die voortdurend hun aandacht opeisen, zoals luide auditieve feedback of fel, flitsend licht. Informatie is echter wel nodig om taken uit te voeren, maar mensen zijn beperkt in het aantal informatie dat ze in één keer kunnen verwerken. Dit verergert in omgevingen waarin ze met een verscheidenheid aan signalen worden geconfronteerd.

Een manier om deze hoeveelheid aan informatie te verminderen, is door het gebruik van meta-informatie: informatie over informatie. Deze meta-informatie geeft niet zomaar informatie, maar vertelt gebruikers bijvoorbeeld hoe ernstig de informatie is, waardoor ze kunnen kiezen om deze informatie al dan niet te zien. Het is niet altijd zo dat een gebruiker de volledige inhoud van een bericht of aankondiging nodig heeft of wil hebben telkens wanneer er een beschikbaar komt. Dit kan afleidend of gevaarlijk zijn voor de primaire taken van de werknemer. Gebruikers willen misschien een melding dat er een bericht beschikbaar is, samen met een indicatie van hoe belangrijk het is en de bron, zodat ze hun eigen beslissing kunnen nemen. Als gebruikers de meta-informatie als belangrijk zien, kunnen ze kiezen om al dan niet de extra details te zien te krijgen. Verder kan meta-informatie minder moeite kosten om te verwerken en kan het resulteren in minder (ernstige) interruptions.

Om deze concepten te concretiseren kunnen displays met een lagere informatiesnelheid gebruikt worden [Tarasewich et al., 2003]. Deze displays kunnen bijvoorbeeld gebruik maken van LEDs, wat als voordelen heeft dat ze minder cognitieve inspanning vereisen om te begrijpen, er kleinere en zelfs micro-vormfactoren mogelijk zijn en dat ze minder stroom gebruiken. Hoe minder informatie wordt overgebracht, hoe minder aandacht er nodig is om die informatie te gebruiken.

Er is een experiment uitgevoerd om het begrip en de voorkeuren van notification cues te testen op vijf verschillende cue-displays met lage informatiesnelheid met 2-9 LED's. Het aantal gebruikte LED's is gerelateerd aan de grootte van het display en de complexiteit van het display is gerelateerd aan het aantal verschillende statussen dat elke LED kan aannemen. Naarmate de complexiteit van het display toeneemt, zouden de prestaties moeten afnemen. Naarmate de omvang van het display kleiner wordt, zal de complexiteit toenemen. Het doel van het experiment was om de functie van deze afweging te bepalen en het optimale punt op deze functie te vinden. Dit optimale punt is de kleinste reeks LED's die kan worden gebruikt met behoud van hoge prestaties en maximale voorkeur. Naarmate de grootte van de displays afneemt, neemt de complexiteit toe en nemen de prestaties af. Als de relatie tussen grootte en prestatie lineair is, dan is er geen optimaal punt. Anders is er een knie in de curve. Identieke berichten werden afgebeeld in elke cue-display en bestonden uit drie dimensies op drie niveaus elk voor 27 verschillende berichten. De berichten werden gemapt in de cue-displays met behulp van positie, kleur en knipperen. De mapping die de paper hiervoor gebruikt houdt de 3 categorieën gescheiden. De weergave kan met behulp van 3 mappingfuncties die overeenkomen met de 3 categorieën worden geïnterpreteerd. Voor elk van de 3 categorieën kan er een enkele waarde worden geïnterpreteerd.

Een hele cue-waarde wordt verkregen door 3 waarden samen te combineren. Elk display geeft dezelfde informatie weer, maar variëren in ontwerp op volgende manieren:

- Hoe meer lichten er gebruikt worden, hoe meer ruimte er gebruikt wordt.
- Hoe meer lichten er gebruikt worden in combinatie met een gepaste layout kan zorgen dat informatie sneller en makkelijker kan worden overgebracht.
- Knipperende lichten in combinatie met verschillende kleuren leidt tot een verhoogde complexiteit.

Het experiment onderzoekt of er een tradeoff is tussen de verschillende displays. In dit experiment werden in de eerste stap de mappings uitgelegd aan de deelnemers. Als volgende stap werden vijf rondes testen uitgevoerd. Per ronde kregen deelnemers eerst een mapping voor een bepaald willekeurig display te zien, hun antwoorden voor de drie verschillende dimensies werd genoteerd. Mensen kregen maximaal 6 seconden om een antwoord te geven.

Met genoeg tijd om een scherm te leren om het in de echte wereld te gebruiken, gaven mensen voor PDA's aan de display met het meeste aantal LED's te verkiezen omdat de mapping hier het natuurlijkste was. Met meer tijd zouden minder LED's acceptabel zijn. Voor smartwatches daarentegen was er een verschuiving in voorkeuren naar kleinere displays. Het comprimeren van visualisaties is ook iets wat voorkomt bij het visualiseren van grafische data, zoals line charts [Neshati et al., 2019]. Het is zelfs zo dat het verkleinen van een line chart tot het punt dat één datapunt per pixel wordt weergegeven de leesbaarheid niet in gevaar brengt.

Deelnemers konden in het algemeen het beste overweg met het display met de meeste, namelijk 9, LED's, maar de tijd die nodig was om een display te kunnen interpreteren verminderde niet langer aanzienlijk vanaf er gewerkt werd met slechts 4 LED's. Uit de bekomen resultaten werden volgende richtlijnen voor low-information-rate displays gehaald:

1. **There is a tradeoff between performance, preference, and display size.**
Naarmate het aantal LED's afnam, namen de nauwkeurigheid, snelheid en positieve instelling in het algemeen af, maar de prestaties leken te stagneren bij een maximale grootte van vier LED's.
2. **This tradeoff can be mitigated by effective display design.**
Door op de juiste manier kleur-, knipper- of binaire codes te gebruiken, kunnen minder LED's worden gebruikt om een vaste hoeveelheid informatie over te brengen.
3. **Position provides the most intuitive representation.**
Hoewel positie het beste lijkt te helpen bij het herkennen van berichten, heeft het ook de hoogste kosten in termen van weergavegrootte.
4. **Multi-color LEDs are useful for conveying more information in a smaller space.**
Kleur was handig om onderscheid te maken tussen drie verschillende soorten berichten en helpt om het aantal benodigde LED's in een display te verminderen, maar is mogelijk niet nuttig bij het overbrengen van een groot aantal categorieën.
5. **Blinking may be better for attention getting than providing information.**
De prestaties waren niet goed met de knipperende displays. Weinig niveaus van knippen zijn nuttig, dus knippen is misschien geen goede keuze voor belangrijke meta-informatie.
6. **The mixing of certain visual factors may degrade performance.**
Er kunnen samengestelde of andere effecten zijn die worden veroorzaakt door het mengen van bepaalde visuele representaties. Dit wordt gezien door display 3, dat vier LED's had maar zowel een binaire weergave als knipperend gebruikte, te vergelijken met display 4, dat slechts drie LED's had maar alleen knipperde. Knippen leek moeilijker te begrijpen dan binaire codering, maar als je beide tegelijk had, was het nog moeilijker om cue's te begrijpen.

Hoofdstuk 4

Design space voor smartwatch notifications

Uit vorige hoofdstukken is het duidelijk geworden welke concepten er allemaal gebruikt kunnen worden voor notifications. Enerzijds werd er in sectie 2 gekeken welke volledige notifications er op verschillende apparaten typisch worden gebruikt. Anderzijds gaf 3 een overzicht van verschillende manieren waarop notifications binnen allerlei contexten gebruikt kunnen worden. Hetgeen waar nog niet erg op ingegaan is, is hoe notifications er zelf precies uitzien voor de smartwatch notifications voor digitale assistenten waarop deze masterproef zich focust. Dat is het opzet van dit hoofdstuk.

In dit hoofdstuk zullen eerst enkele situaties geanalyseerd worden waarin visuele elementen voorkomen om informatie te communiceren. Hierbij wordt er eerst gekeken worden naar waar en hoe verschillende visuele elementen in het dagelijks leven en in de literatuur gebruikt kunnen worden. Hierna wordt uit deze visuele elementen een eigen design space afgeleid die specifiek gebruikt kan worden voor notifications op smartwatches. Vervolgens kan deze design space verder worden geëvalueerd en geëxploreerd binnen hoofdstuk 5 om deze uiteindelijk in hoofdstuk 6 om te zetten in notifications binnen OperatorAssist.

4.1 Visuele elementen in het wild

In deze sectie zal er gekeken worden naar welke visuele elementen er in allerlei situaties gebruikt worden om een boodschap hiermee over te brengen. Hierbij zijn er geen beperkingen gesteld op de mogelijke situaties, zo lang als ze hun hun doel bereiken. Het doel hiervan is te weten komen welke visuele elementen er allemaal gebruikt worden in situaties waarin informatie moet worden gecommuniceerd, maar ook welke functie deze visuele elementen precies vervullen. Deze exploratie vormt de basis van de kennis die nodig is om vervolgens een eigen design space af te kunnen leiden.

4.1.1 Verkeersborden

Een eerste heel bekende situatie waarin visuele elementen voorkomen, is binnen verkeersborden. In lidstaten van de United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) is het voorgeschreven systeem van verkeersborden- en lichten gebaseerd op het gebruik van vormen en kleuren die kenmerkend zijn voor elke klasse en, waar mogelijk, op het gebruik van grafische symbolen in plaats van opschriften [for Europe, 2006]. Dit is gedaan om het internationale begrip van verkeersborden te vergemakkelijken.

Verenigde Staten

In verkeersborden in de Verenigde Staten geeft het aantal hoeken het niveau van potentieel gevaar verderop aan [Smith, 2022]. Het minste aantal hoeken is drie, dit wordt gebruikt voor een “Yield”-bord. Het onbeperkte aantal hoeken op een cirkel geeft de maximale hoeveelheid gevaarlijk potentieel aan, dit wordt gebruikt voor een spoorwegbord. De uitzondering op deze regel is het rechthoekige bord, dat uitsluitend voor informatieve doeleinden wordt gebruikt. Een overzicht van enkele voorbeelden is het volgende [Ibanez, 2012]:

- Een octagon betekent de verplichting om te stoppen.
- Een omgekeerde driehoek betekent altijd ”voorrang verlenen”.
- Een ruit waarschuwt altijd voor mogelijke gevaren vooruit.
- Vlagvormige verkeersborden dienen als vooruit waarschuwing voor zones waar inhalen verboden is.
- Een rond verkeersbord staat voor spoorwegen. Wanneer je een rond verkeersbord ziet, is er waarschijnlijk een spoorwegovergang.
- Een vijfhoek geeft een schoolzone aan of een oversteekplaats bij een school.
- Horizontale rechthoeken bieden meestal richtlijnen voor bestuurders.
- Verticale rechthoeken dienen meestal als regulerende mededelingen.

In de Verenigde Staten gelden volgende associaties voor kleuren [Ibanez, 2012]:

- **Rood**
Rood betekent bijna altijd dat men moet stoppen. Een rood verkeersbord geeft aan dat je je voertuig moet stoppen of verbiedt de toegang.
- **Groen**
Groen betekent dat men mag rijden. Een groen verkeersbord geeft aan dat je kunt doorrijden of geeft je richting waar je naartoe kunt gaan.
- **Geel**
Geel staat voor voorzichtigheid. Een geel verkeersbord dient als een algemene waarschuwing.
- **Zwart en Wit**
Zwart en witte verkeersborden geven geposte regelgeving aan, zoals snelheidslimieten.
- **Oranje**
Oranje geeft aan dat er aan de weg wordt gewerkt! Als je een oranje verkeersbord ziet, kom je waarschijnlijk wegwerkzaamheden of onderhoud tegen.
- **Bruin**
Bruine verkeersborden verwijzen naar lokale recreatiegebieden of bezienswaardige punten.
- **Blauw**
Blauw staat voor richting. Blauwe verkeersborden bieden vaak informatie om bestuurders te helpen.

UNECE

In lidstaten van de UNECE is het gebruik van kleur en vorm afhankelijk van het soort verkeersbord. De betekenissen zijn als volgt gedefinieerd:

- **Informatief**
Informatieve verkeersborden zijn meestal rechthoekig, maar richtingsborden kunnen de vorm hebben van een langwerpige rechthoek met de langere zijde horizontaal, eindigend in een pijlpunt. Informatieve verkeersborden hebben witte of lichtgekleurde symbolen of

inscripties op een donkere achtergrond, of donkergekleurde symbolen of inscripties op een witte of lichtgekleurde achtergrond. De kleur rood mag alleen in uitzonderlijke gevallen worden gebruikt en mag nooit overheersen.

- **Gevaar**

Voor gevaarsborden zijn er twee mogelijkheden. De eerste mogelijkheid is een gelijkzijdige driehoek met één zijde horizontaal en het tegenoverliggende punt erboven; de achtergrond is wit of geel en de border is rood. De tweede mogelijkheid is een vierkant met een verticale diagonaal, gele achtergrond en de border, die slechts een rand is, is zwart. Tenzij anders aangegeven in de beschrijving, moeten de symbolen op deze borden zwart of donkerblauw zijn.

- **Voorrang geven**

- **Voorrang geven**

Een wit of geel equilateraal driehoekig bord met een rode rand. Het bevat geen symbool.

- **Stop**

Ofwel een octagonaal bord met een rode achtergrond en het woord "STOP" in het wit of de taal van het betreffende land, ofwel een cirkelvormig bord met een witte of gele achtergrond en een rode rand. In het laatste geval bevat het een bord zonder enige inscriptie en het woord "STOP" in het zwart of donkerblauw bovenaan.

- **Voorrangsweg**

Een vierkant bord met een verticale diagonaal. Het heeft een zwarte rand, een gele of oranje vierkant in het midden met een zwarte rand, en een witte ruimte tussen de twee vierkanten.

- **Einde van voorrangsweg**

Een bord B, 3 met een zwarte of grijze dwarsband loodrecht op de onderste linker- en bovenste rechterzijde van het vierkant, of met zwarte of grijze parallelle lijnen die zo'n band vormen.

- **Voorrang voor tegenkomend verkeer**

Een rond bord met een witte of gele achtergrond en een rode rand. De pijl die de richting met voorrang aangeeft is zwart en de pijl die de andere richting aangeeft is rood.

- **Voorkeur voor uitgegaan verkeer**

Een rechthoekig bord met een blauwe achtergrond. De pijl die omhoog wijst is wit en de andere pijl is rood.

- **Verbiedende of beperkende tekens**

Tenzij anders aangegeven, hebben verbodsborden of beperkingsborden een witte of gele achtergrond, of een blauwe achtergrond voor borden die het stilstaan en parkeren verbieden of beperken. Ze hebben een brede rode rand. De symbolen en eventuele inscripties op deze borden zijn zwart of donkerblauw.

- **Verplichtingsborden**

Tenzij anders aangegeven, zullen de borden blauw zijn en de symbolen wit of van een lichte kleur, of alternatief zullen de borden wit zijn met een rode rand en de symbolen zwart.

- **Speciale regelgevingsborden**

Speciale regelgevingsborden zijn meestal vierkant of rechthoekig met een blauwe achtergrond en een lichtgekleurd symbool of inscriptie, of met een lichtgekleurde achtergrond en een donkergekleurd symbool of inscriptie.

Conclusie

Binnen verkeersborden spelen visuele elementen een belangrijke rol. Er wordt gebruik gemaakt van vormen en kleuren op allerlei manieren. Het geheel bestaat telkens uit een eenvoudige, primitieve vorm. Hierop wordt er minimalistisch gewerkt met kleuren: een verkeersbord bestaat typisch uit een enkele kleur, mogelijks als geheel of als border. Deze vorm en kleur drukken samen de categorie en een zekere betekenis uit van het verkeersbord. Hierbij is het belangrijk dat vorm en kleur samen worden gebruikt; individueel is het niet altijd mogelijk af te leiden wat er mee bedoeld wordt. Centraal in het verkeersbord komt een icoon te staan dat de meer specifieke betekenis van een verkeersbord uitdrukt. Dit icoon kan voorkomen op een gekleurd oppervlak, of op een licht oppervlak binnenin de border. Het is mogelijk om ook tekst te gebruiken, maar dit is niet gebruikelijk.

4.1.2 Verkeerslichten

Ook binnen verkeerslichten komen verschillende visuele elementen voor, voornamelijk kleur en de rangschikking/ordening hiervan. Ook hier is er een verschil tussen de lichten gebruikt in de Verenigde Staten en de lidstaten van de UNECE.

Verenigde Staten

In het verkeer in de Verenigde Staten is rood altijd al een kleur geweest die gevaar aangeeft, zelfs voordat auto's bestonden [Cutolo, 2022]. Rood is de kleur met de langste golflengte, waardoor het vanaf een grotere afstand zichtbaar is dan andere kleuren. Dit komt omdat het minder verstrooid wordt dan andere kleuren terwijl het door luchtmoleculen reist. Geel werd gebruikt om bestuurders te waarschuwen omdat het een iets kortere golflengte heeft dan rood, maar niet zo kort als groen. Rood is dus het verst zichtbaar, geel in het midden en groen het minst zichtbaar op een afstand. De betekenis van rood als stopkleur is ontstaan bij waarschuwingslichten voor treinen, en het is niet duidelijk of dit gebaseerd is op golflengte, contrast met groene natuur, een natuurlijke associatie van rood met dingen zoals bloed of een combinatie van de drie.

UNECE

Verkeerslichten in lidstaten van de UNECE hebben de volgende betekenissen voor niet-flitsende lichten [for Europe, 2006]:

- **Groen licht**
Groen licht betekent dat het verkeer mag doorrijden.
- **Rood licht**
Rood licht betekent dat het verkeer niet mag doorrijden.
- **Oranje licht**
Oranje licht kan alleen verschijnen of tegelijkertijd met rood licht. Het waarschuwt dat het signaal op het punt staat te veranderen, maar heeft geen invloed op het verbod om voorbij te rijden dat wordt aangegeven door rood licht.

Voor flitsende lichten zijn de betekenissen anders. Rood knipperend licht betekent stoppen, terwijl oranje knipperend licht aangeeft dat ze voorzichtig kunnen doorrijden, meer specifiek:

- **Rood licht**
Een knipperend rood licht, of twee rood knipperende lichten die afwisselend branden, betekent dat voertuigen niet verder mogen gaan.
- **Oranje licht**
Een knipperend oranje licht, of twee oranje lichten die afwisselend knipperen, betekent dat bestuurders met voorzichtigheid mogen doorrijden.

Verder zijn er twee mogelijkheden voor de keuze van de structuur van verkeerslichten: het meest voorkomende driekleurige systeem en een tijdelijk tweekleurig systeem. De signalen van het driekleurige systeem bestaan uit drie niet-knipperende lichten, respectievelijk rood, oranje en groen. Het groene licht verschijnt alleen wanneer de rode en oranje lichten gedoofd zijn. De signalen van het tweekleurige systeem bestaan uit een niet-knipperend rood licht en een niet-knipperend groen licht. Het rode licht en het groene licht verschijnen niet tegelijkertijd. Signalen van het tweekleurige systeem mogen alleen worden gebruikt in tijdelijke installaties.

Conclusie

Verkeerslichten maken typisch gebruik van een beperkte verzameling kleuren met een heel specifieke betekenis. Groen geeft aan dat bestuurders mogen doorrijden. Rood geeft aan dat bestuurders moeten stoppen. Oranje bevindt zich tussen beide lichten in en geeft aan dat bestuurders voorzichtig moeten zijn of moeten opletten. Verder is het mogelijk om de lichten te laten knipperen, de betekenis van de lichten verandert dan niet.

4.1.3 Smartphone notification LED

Binnen smartphones worden LED's meermaals gebruikt om snel informatie weer te geven in verband met bepaalde statussen die zich kunnen voordoen op de smartphone, zoals bijvoorbeeld aangeven of de smartphone aan het opladen is of verbonden is met Bluetooth. Dit gebeurt door een LED vooraan boven het scherm van de smartphone. De LED kan snel informatie communiceren zonder dat de gebruiker het scherm aan moet zetten.

Samsung Galaxy

Samsung Galaxy-toestellen zijn voorzien van een LED-indicator om snel informatie te communiceren [Samsung, 2023]. De LED-indicator bevindt zich linksboven aan de voorkant van je apparaat. Het kan verschillende kleuren weergeven, zoals blauw, rood en groen. Deze kleuren worden gebruikt voor standaardmeldingen en functies van je apparaat. Hieronder zijn de gebruikte kleuren en hun betekenis:

- **Blauw**
 - Pulserend: het apparaat wordt in- of uitgeschakeld.
 - Knipperend: verbonden met een oplader maar niet aan het opladen, of wanneer de batterij bijna leeg is.
- **Rood**
 - Brandend: verbonden met een oplader en aan het opladen.
 - Knipperend: er is een ongelezen melding (gemiste oproep, bericht, etc.) of tijdens het opnemen van spraak.
- **Groen**
 - Brandend: verbonden met een oplader en volledig opgeladen.
 - Knipperend: volledig opgeladen.

Als het apparaat knippert in een andere kleur, zoals wit, paars of roze, is het waarschijnlijk een melding van een app.

LG

Ook binnen smartphones van LG wordt een LED gebruikt voor het geven van status-informatie over de smartphone [LG, 2020]. De notification LED kan aan- en uitgezet worden. Wanneer de telefoon vergrendeld is of in slaapstand staat, wordt het LED-lampje gebruikt om in een oogopslag informatie over te brengen in verband met inkomende oproepen, gemiste oproepen,

[LED Operating Scenario]

Scenario	LED operation	Color	Repetition
Calendar	Activated when the calendar schedule starts.	Green	X
LG E-mail	When a new e-mail is received.	Green	X
Knock-on	If the screen is turned on by knock-on.	Cyan	X
Bluetooth	When connected via Bluetooth.	Blue	X
Bluetooth	When Bluetooth is disconnected.	Red	X
Power	Power on/off.	Green/Blue combination	X
Missed calls & messages	If there is a missing call or message.	Green	X
Emergency absence call	If you have missed an emergency call.	Red	O
Call receiving	While you're receiving a call.	Green	O
Alarm	While the registered alarm is activating.	Rainbow	O
Recharging	Recharging if the screen is on while connected to TA/USB.	Red	O
Recharge	Recharging is completed if the screen is on while connected to TA/USB.	Green	O

Figuur 4.1: De mogelijke betekenissen voor de LED-notification voor de LG G7 smartphone. [LG, 2021]

berichten, het opladen van de batterij, het downloaden van apps etc. De waaier aan mogelijke kleuren voor de LG G7 ThinQ wordt weergegeven in figuur 4.1.

Nothing Phone

Een andere toepassing van LED's is te zien bij de Nothing Phone [Nothing, 2023b]. De Nothing Phone is een smartphone gemaakt door het technologiebedrijf Nothing op een missie om barrières tussen mens en technologie weg te nemen [Nothing, 2023a]. Om dit te doen, maken ze intuïtieve, feilloos verbonden producten die het leven verbeteren zonder in de weg te zitten. De Nothing Phone staat bekend om zijn minimalistische ontwerp en focus op het verminderen van afleiding. The Nothing Phone streeft naar een eenvoudige en gestroomlijnde gebruikerservaring door onnodige functies te elimineren en digitaal welzijn te bevorderen.

In tegenstelling tot vorige smartphones communiceren ze niet door middel van een notification light, maar met een zogenaamde “Glyph Interface”. De Glyph Interface is een nieuwe manier van communiceren die gebruik maakt van unieke lichtpatronen aan de achterkant om aan te geven wie er belt en om verschillende app-meldingen, laadstatus en meer weer te geven met notifications die enkel gebruik maken van licht. Individuele contacten kunnen gekoppeld worden aan specifieke beltonen, elk met een uniek Glyph-patroon. Zo kan men zelfs in de stille modus zien wie er belt.

Bovendien is het mogelijk selectief te bepalen welke informatie je wilt ontvangen. Men kan verschillende Glyph-patronen instellen voor meldingen, om eenvoudig een onderscheid te kunnen maken tussen berichten, e-mails en telefoontjes. De notification-lichten worden gedimd om minder storend te zijn. Ook is het mogelijk om met de Glyph de batterijstatus te controleren. Verder is het ook mogelijk om de helderheid van de Glyph aan te passen.

Conclusie

LED's worden veelvuldig gebruikt binnen smartphones. Ze laten toe om informatie over te brengen aan de gebruiker in een enkele oogopslag zonder dat het scherm van de smartphone aan staat. Hierbij wordt er enkel gebruik gemaakt van licht in een bepaalde kleur. De smartphones kunnen met deze beperkte design space toch heel wat verschillende boodschappen overbrengen, zo lang dat de gebruiker de kleur correct weet te interpreteren.

4.1.4 Logging

Nog een toepassing waarbij kleuren relevant gebruikt worden, is binnen logging in systemen. Toepassingen als IDE's loggen typisch berichten in een volgorde van ernst. Logging niveaus onderscheiden verschillende loggebeurtenissen van elkaar [Kahuha, 2021]. Het is een manier om belangrijke informatie over de status van een systeem te filteren en ruis te verminderen. Bij het gebruik van logging komen ook kleuren kijken. Deze sectie zal enkele toepassingen van logging bekijken alsook de kleuren geassocieerd met de verschillende niveaus.

Syslog

Logniveaus werden in de jaren tachtig geïntroduceerd in Sendmail [Kahuha, 2021]. De projecteigenaren hadden een logging-oplossing nodig die uiteindelijk leidde tot de creatie van een System Logging Protocol (Syslog)-server en het idee van ernstniveaus [Lonvick et al., 1980] [Paessler, 2021]. Binnen Syslog komen de niveaus van ernst voor zoals beschreven in tabel 4.1.

Code	Niveau	Omschrijving
0	Noodgeval	Het systeem is onbruikbaar
1	Alarm	Er moet onmiddellijk actie worden ondernomen
2	Kritiek	Kritieke omstandigheden
3	Fout	Foutomstandigheden
4	Waarschuwing	Waarschuwingsomstandigheden
5	Melding	Normale maar significante omstandigheid
6	Informatie	Informatieve berichten
7	Debuggen	Berichten op debugniveau

Tabel 4.1: Niveaus en omschrijvingen van logcodes binnen Syslog [Paessler, 2021]

De waarden van beide labels hebben geen harde definities. Het is dus aan het systeem of de applicatie om te bepalen hoe een gebeurtenis moet worden gelogd (bijvoorbeeld als waarschuwing, melding of iets anders) en via welke weg. Binnen dezelfde toepassing of service moeten lagere nummers overeenkomen met ernstigere problemen met betrekking tot het specifieke proces.

Log4j

Log4j is een populair logboekpakket voor Java-toepassingen [log4j, 2023]. Het is afkomstig uit de E.U. De tracers-API van het SEMPER-project in 1996 en is sindsdien uitgegroeid tot een betrouwbare logoplossing met veel functies. Met zijn Apache-softwarelicentie en uitgebreide documentatie wordt log4j veel gebruikt door ontwikkelaars. Binnen log4j komen de niveaus beschreven in tabel 4.2 voor [tutorialspoint, 2023].

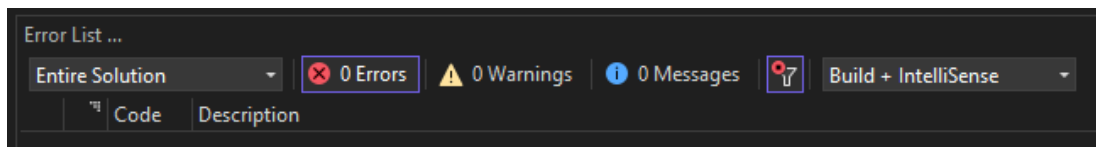
IDE's

Voorgaande concepten zijn ook relevant binnen IDE's. Binnen het output window komen verschillende kleuren voor voor verschillende soorten niveaus van logging. Het aantal niveaus is typisch beperkt tot de volgende drie:

- **Prints**
Met prints wordt typisch de kleur wit geassocieerd.
- **Warnings**
Warnings gebruiken typisch een geel-oranje kleur.
- **Errors**
Voor errors wordt typisch rood gebruikt.

Niveau	Omschrijving
ALL	Alle niveaus inclusief aangepaste niveaus
DEBUG	Geeft gedetailleerde informatie weer die nuttig is bij het debuggen van een applicatie
INFO	Geeft informatieve berichten weer die de voortgang van de applicatie op een grof niveau aangeven
WARN	Geeft potentieel schadelijke situaties weer
ERROR	Geeft foutgebeurtenissen weer die de applicatie nog steeds kunnen laten doorgaan
FATAL	Geeft zeer ernstige foutgebeurtenissen weer die vermoedelijk leiden tot het afbreken van de applicatie
OFF	Het hoogst mogelijke niveau en is bedoeld om logging uit te schakelen
TRACE	Geeft gedetailleerdere informatie weer dan de DEBUG

Tabel 4.2: Niveaus en omschrijvingen van logniveaus binnen log4j [tutorialspoint, 2023]



Figuur 4.2: De error list in het output window binnen Visual Studio

Er zijn nog heel wat extra mogelijkheden om kleur te gebruiken binnen het output window, maar de bovenstaande drie zijn de meest voorkomende en meest consistente. In figuur 4.2 wordt een voorbeeld gegeven van enkele logging berichten in een IDE.

Overleaf

Ook Overleaf maakt gebruik van verschillende escalerende logging levels tijdens het compileren van LaTeX bestanden. Hierbij maken ze gebruik van volgende kleuren:

- **No errors**
Indien er geen errors zijn, wordt de gebruiker begroet en gefeliciteerd met een “No errors, good job!” bericht op een groene achtergrond.
- **Informatief**
Informatieve berichten worden weergegeven op een blauwe achtergrond. Dit zijn berichten die bijvoorbeeld visuele glitches aangeven indien tekst uit de ruimte van de pagina wordt gerenderd. Niks ernstig, maar toch handig om te weten.
- **Waarschuwing**
Bij een waarschuwing wordt de tekst weergegeven op een oranje-gele achtergrond. Hieronder vallen bijvoorbeeld ontbrekende gegevens, zoals vermeldingen. Het bestand kan nog wel gecompileerd worden, maar het is belangrijk dat de gebruiker er van op de hoogte is.



Figuur 4.3: Voorbeelden van afstandsbedieningen

- **Error**

Errors worden weergegeven op een rode achtergrond. Deze berichten worden getoond in het geval van kritieke situaties waardoor het bestand niet kan worden gecompileerd.

Conclusie

Logging is een relevante toepassing binnen deze masterproef. Verschillende toolkits hebben verschillende niveaus van logging. Het gebruik van kleuren binnen logging is belangrijk omdat het helpt om snel en visueel de ernst van loggebeurtenissen te begrijpen. De logging niveaus stellen ontwikkelaars in staat om belangrijke informatie te filteren en ruis te verminderen, kleur helpt hier nog extra bij. Door het toepassen van kleurcodes op logberichten kunnen gebruikers snel de ernst van een gebeurtenis herkennen en een gepaste actie ondernemen.

4.1.5 Afstandsbedieningen

Bij elektronische apparaten zoals tv-afstandsbedieningen komen telkens dezelfde kleuren voor in dezelfde volgorde: rood, groen, geel en blauw. Deze keuze heeft zijn oorsprong in een standaard vastgesteld door de Blu-ray coalitie. Deze standaard werd echter anders gebruikt door de HD DVD coalitie. Voorbeelden van tv-afstandsbedieningen worden getoond op figuur 4.3(a).

Een voorbeeld van deze kleurvolgorde is te zien op de Xbox 360-mediaspeler, waar de knoppen van links naar rechts geel, blauw, groen, rood zijn, en overeenkomen met de letters Y, X, A, B. Dit is omdat Microsoft lid was van de HD DVD coalitie en de Xbox 360 werd geleverd met de goedkoopste HD DVD-speler op dat moment, als je de kosten van de 360 plus adapter vergeleek met standalone HD DVD-spelers. Een overzicht van een waaier aan verschillende game controllers is te zien in figuur 4.3(b).

4.1.6 Navigatielichten

Het gebruik van rode en groene navigatielichten maakt vliegtuigen gemakkelijk te herkennen [Aerospace, 2020]. Als vliegtuigen alleen groene of alleen rode lichten zouden hebben dan zouden piloten of luchtverkeersleiders ze kunnen verwarren met andere luchtvaartuigen, zoals drones of weerballonnen. Omdat alleen vliegtuigen een combinatie van rode en groene lichten gebruiken, zijn ze onderscheidbaar van andere vliegende objecten in de lucht. Vliegtuigen zijn ontworpen met rode en groene navigatieverlichting omdat dezelfde configuratie wordt gebruikt in boten. Tijdens de 19e eeuw ontdekten mariniers dat rode en groene knipperende lichten toevoegen aan hun boten het risico op botsingen verminderde. Om deze reden hebben luchtvaartexperts deze configuratie toegepast op vliegtuigen. Rode en groene navigatielichten maken vliegtuigen zichtbaarder, wat op zijn beurt zorgt voor een veiligere vliegervaring door het risico op botsingen te verlagen.

Van alle kleuren in het zichtbare spectrum zijn rood en groen het meest onderscheidend voor het menselijk oog. Het menselijk oog is het meest gevoelig voor groen, terwijl rood een goede keuze is voor een navigatielicht voor zowel vliegtuigen als boten omdat het contrasteert met de kleur van de oceaan en de lucht.

4.2 Visuele elementen in de literatuur

In deze sectie zal er gekeken worden naar visuele elementen die voorkomen in de literatuur. De papers die behandeld worden zijn enerzijds papers die eerder voorkwamen binnen de literatuurstudie in hoofdstuk 3 indien de papers meer keken naar concepten rond notifications en hierbinnen visuele elementen voorkwamen. Anderzijds zijn het nieuwe papers indien ze niet binnen de behandelde materie van de literatuurstudie pasten, maar toch heel relevant gebruik maken van visuele elementen.

4.2.1 Peripheral notifications

In de paper “Peripheral Notifications in Large Displays” [Mairena et al., 2019], reeds beschreven in sectie 3.2.2, werd een experiment uitgevoerd waarin de gevolgen van het combineren van visuele elementen werd onderzocht. De design space die ze hierin gebruikten, bestond uit kleur, vorm en beweging. Deze variabelen kozen ze op basis van de resultaten bekomen in een andere studie [Gutwin et al., 2017], die op hun beurt een keuze maakten uit zes visuele elementen waarvan aangetoond was in voorgaand onderzoek dat ze popout effecten hadden. Verder kozen ze de variabelen ook naargelang hun gebruik binnen information visualization en hoe waarschijnlijk het is om hen in peripheral vision te zien. Dit zijn respectievelijk tint, vorm en grootte en helderheid, al dan niet flitsen en beweging.

Peripheral popout

Deze paper onderzoekt voor tint, vorm en grootte en helderheid, al dan niet flitsen en beweging was hoe nauwkeurig verschillende intensiteiten van deze effecten het pop-out hebben, vooral wanneer doelen zich verder van het midden van het gezichtsveld bevinden. De paper onderzoekt de pop-out van deze visuele variabelen in vijf verschillende intensiteitsniveaus en op een breed scala aan hoeken ten opzichte van het midden van het scherm.

Hierin werden aanzienlijke verschillen in de waargenomen inspanning gevonden, die bovendien in lijn was met de prestatie van de deelnemers. De waargenomen inspanning voor beweging en helderheid is bijvoorbeeld consistent lager dan die voor kleur en vorm, wat overeenkomt met de nauwkeurigheid van de deelnemers bij deze visuele variabelen. Verder nemen de scores voor waargenomen inspanning toe bij helderheid, grootte en knipperen naarmate de visuele intensiteit afneemt.

De twee belangrijkste bevindingen uit deze analyses zijn enerzijds dat vorm relatief veel inspanning vereiste, resulteerde in lage niveaus van waargenomen succes, zichtbaarheid en nauwkeurigheid, en dat deze waarnemingen relatief gelijk waren over de verschillende intensiteitsniveaus. Beweging vertoonde anderzijds lage niveaus van inspanning en hoge niveaus van waargenomen succes, zichtbaarheid en nauwkeurigheid. Deze positieve resultaten voor beweging waren ook relatief stabiel over intensiteit. Andere variabelen lieten duidelijk een toename zien in waargenomen zichtbaarheid en nauwkeurigheid naargelang de intensiteit toenam.

Peripheral notifications in large displays

In deze paper wordt de selectie gebruikte visuele elementen ingeperkt tot kleur, vorm en beweging. Hierbij werden twee studies uitgevoerd waarin de directe zichtbaarheid in het perifere gezichtsveld van verschillende opvallende visuele effecten en hun afleidende effecten onderzocht werden. Hieruit volgen volgende bevindingen over hoe mensen stimuli in peripheral vision ervaren:

- De combinatie van de gebruikte visuele variabelen was altijd ongeveer gelijk aan de kenmerken van het beste visuele element. De combinatie van bijvoorbeeld beweging en kleur was even opvallend als het kenmerk met de hoogste opvallendheid. Hierbij was beweging het meest opvallende element, daarna volgde kleur en vorm was het minst opvallend.
- Er was interferentie tussen de visuele kenmerken van de primaire taak en de notification. Wanneer de hoofdtaak ook beweging bevatte, was de beweging in de peripheral notifications minder opvallend.
- De prestatie van de hoofdtaak geeft aan dat de deelnemers werden afgeleid door het visuele effect van beweging. Dit betekent dat de aanwezigheid van beweging de aandacht van de deelnemers afleidde van de hoofdtaak.

Conclusie

Binnen grote beeldschermen kunnen visuele elementen goed in combinatie worden gebruikt. Elk visueel element heeft een eigen, unieke functie die ervoor zorgt dat deze elementen samen gebruiken hen in theorie wel beter zichtbaar maakt in de verschillende gezichtsvelden. Niet elk visueel element ondersteunt echter even goed de pop-out eigenschap. De verschillende visuele elementen in combinatie gebruiken verbetert misschien wel de zichtbaarheid, maar de resultaten tonen aan dat de pop-out niet verbetert door meerdere visuele elementen te combineren. Verder zijn er ook verschillen tussen de verschillende visuele elementen qua waargenomen inspanning bij gebruikers. Vorm vergt bijvoorbeeld in het algemeen veel inspanning, beweging vergt net een lage inspanning. Verder is vorm ook het minst opvallend in peripheral vision en beweging het meest opvallend.

4.2.2 Visual cues for physical activities

In de ongepubliceerde studie “Exploring the Design of Visual Cues on Smartwatches to Trigger Actions Related to Physical Activities” [Geurts and Sankaran, 2018] werd er onderzocht hoe draagbare apparaten mensen ondersteunen bij het verminderen van sedentair gedrag en het behalen van doelen rond fysieke activiteiten. Een typisch probleem met soortgelijke applicaties is dat deze technologieën enkel feedback geven over doelen en voortgang, maar ze geen instructies geven over hoe deze doelen bereikt kunnen worden. In de paper werd onderzocht hoe ze instructies als microtriggers kunnen geven om gebruikers in dit proces te ondersteunen. De primaire motivatie is de fundamentele functie van (smart)watches behouden (het tonen van de tijd), terwijl de instructies op een overzichtelijke en onopvallende manier worden weergegeven.

Om hun doel te bereiken maken ze een selectie van visuele elementen, die in combinatie met elkaar visuele aanwijzingen kunnen geven. De gebruikte visuele aanwijzingen zijn ontworpen om verschillende acties te triggeren die fysieke activiteit of oefeningen stimuleren. De acties die moeten worden getriggerd, zijn de volgende:

1. Een activiteit starten.
2. De intensiteit van een activiteit verhogen.
3. De intensiteit van een activiteit verlagen.
4. De intensiteit van een activiteit behouden.
5. Een activiteit pauzeren.
6. Een activiteit stoppen.

Hierbij gaat het niet over het geven van feedback, zoals het presenteren van de voortgang van een fysieke activiteit. De focus ligt op de gebruiker de instructie te geven om de juiste actie te ondernemen op basis van visuele aanwijzingen die in één oogopslag worden gepresenteerd.

Bij het ontwerpen van de visuele aanwijzingen werd er enerzijds gekeken naar retinale variabelen van grafische elementen, zoals kleur en vorm, anderzijds werd er ook rekening gehouden met

eigenschappen omtrent animaties, zoals framesnelheid en beweging. Tekst werd niet gebruikt om zo de aanwijzingen generiek te houden en ervoor te zorgen dat triggers in een oogopslag kunnen worden waargenomen. Een overzicht van de gebruikte aanwijzingen is als volgt:

- **Kleur**

Er werden verschillende kleurovergangen geïntegreerd (bijvoorbeeld groen-blauw, geel-rood) om te onderzoeken of bepaalde kleuren of kleurcombinaties geassocieerd worden met bepaalde acties. In de context van fysieke activiteit werd groen voornamelijk gekoppeld aan “actiever” en “goed”, terwijl rood meestal geassocieerd werd met “minder actief” en “slecht”. Verkenningen hebben ook aangetoond dat de correlatie “groen=actief/start” en “rood=inactief/stop” goed werd herkend en als intuïtiever werd ervaren door gebruikers.

- **Vorm**

Verschillende primitieve vormen zoals cirkels, rechthoeken, driehoeken en diamanten zijn gemakkelijk in een oogopslag te herkennen. Op basis van de oriëntatie-eigenschap van de retinale variabelen van grafische elementen werden vormen met en zonder oriëntatie onderzocht. Hierbij werd er gekozen om driehoeken (met oriëntatie) en cirkels (zonder oriëntatie) te verkennen op basis van de resultaten van de studie beschreven in 3.2.2 waarin ontdekt werd dat deze vormen gemakkelijk te herkennen zijn in het perifere zicht [Luyten et al., 2016].

- **Beweging**

Beweging werd opgenomen in de set van visuele aanwijzingen om subtiel en niet-afleidend informatie toe te voegen op een vloeiende manier. Verschillende studies maakten gebruik van een knipperende animatie om de gebruiker op de hoogte te stellen van een bepaalde activiteit. Verschillende bewegingen werden verkend, zoals opwaartse en neerwaartse beweging, inzoomen en vervagen in en uit, om te onderzoeken welke betekenis mensen aan deze animaties koppelen.

- **Framesnelheid**

Verschillende framesnelheden werden gedefinieerd om te onderzoeken of een animatie die wordt afgespeeld met een hogere of lagere framesnelheid invloed heeft op de geassocieerde acties.

De gebruikte eigenschappen bij het maken van associaties zijn in lijn met de resultaten van de studie:

- Kleur werd overwogen door alle deelnemers.
- Beweging werd overwogen door de meeste deelnemers (87%).
- Vorm werd overwogen door de helft van de deelnemers.
- Framesnelheid werd slechts overwogen door één deelnemer.

De belangrijkste bevindingen uit de studie zijn de volgende:

1. **Encode information as color and movement**

Beide studies hebben aangetoond dat mensen voornamelijk kleur en beweging overwegen bij het associëren van aanwijzingen met acties. De framesnelheid werd door de meeste mensen niet bewust in overweging genomen. Mensen associeerden altijd groen gekleurde aanwijzingen met acties die aanduiden dat ze actiever moesten zijn of om de intensiteit van een activiteit te behouden. Kleur en beweging combineren in visuele aanwijzingen helpt bij het overbrengen van de verwachte actie. Zo kan een specifieke combinatie van kleur en beweging tijdens het lopen bijvoorbeeld een duidelijke indicatie geven van welke actie er moet worden ondernomen.

2. **Adapt visualization style according to users' preferences**

Op basis van herkenningspercentages vonden gebruikers verschillende visualisatiestijlen intuïtiever. Mensen meldden ook een bepaalde voorkeur vanuit een esthetisch perspectief. Het type visualisatie kan worden aangepast op basis van de context van gebruik en

individuele voorkeuren. Bijvoorbeeld, een gebruiker kan ervoor kiezen om een subtiele visualisatie te hebben tijdens het werk, en een alternatieve visualisatie tijdens het lopen.

3. **Use the orientation of a shape to indicate an increase or decrease of a value**
Resultaten toonden aan dat tegengestelde acties zoals intensiteit verhogen en verlagen gemakkelijker waarneembaar zijn wanneer een vorm met een duidelijke richting wordt gebruikt, zoals een driehoek. Er werden voor 92% correcte associaties gemaakt wanneer visuele aanwijzingen voor deze acties een driehoek bevatten. Scenario's waarbij het belangrijk is om op een bepaalde intensiteit te oefenen, kunnen vormen met een oriëntatie integreren om explicieter te zijn over welke actie wordt verwacht.
4. **Design a limited set of cues as it is easy to learn and avoids confusion**
Mensen kunnen gemakkelijk een kleine set visuele aanwijzingen leren die van elkaar verschillen in kleur, vorm en/of beweging. Bij het toepassen van visuele aanwijzingen in een nieuwe context of scenario zijn mensen in staat om snel nieuwe aanwijzingen te leren zonder dat ze een langere periode nodig hebben om zich aan te passen aan deze aanwijzingen. Verder kunnen gebruikers sneller leren wanneer ze de mogelijkheid hebben om hun voorkeur te kiezen, omdat ze intuïtief de juiste acties kunnen associëren met de gekozen aanwijzingen.
5. **Repetitions facilitate learning**
Deelnemers konden meer correcte associaties maken na visuele aanwijzingen meerdere keren gezien te hebben en na het vergelijken ervan met andere aanwijzingen voor verschillende acties. Herhaling speelt een belangrijke rol bij het behouden en leren van de aanwijzingen, zelfs voor deelnemers die er moeite mee hebben. Een korte rondleiding of tutorial geven bij het introduceren van de visuele aanwijzingen kan helpen bij het maken van de juiste associaties in latere stadia. Een tutorial vergemakkelijkt ook bevinding 4, omdat mensen in staat zijn om in korte tijd een set te leren.

Conclusie

Binnen smartwatches hebben visuele elementen ook hun plaats. Kleur, vorm en beweging zijn alle drie geschikte variabelen voor het geven van instructies op smartwatches. Kleur en vorm en hun combinatie zijn de meest belangrijke variabelen bij het maken van associaties. Het gebruiken van vormen is daarentegen nuttig in combinatie met een oriëntatie ervan indien die oriëntatie ook een betekenis heeft. Verder is het belangrijk om gebruikers slechts een beperkt aantal cues te geven en hen alternatieven aan te bieden voor de keuzes die er zijn. Het is voor gebruikers echter gemakkelijk om notifications aan te leren na hen enkele keren gezien te hebben.

4.3 Finale design space

De onderzochte design space zal bestaan uit vier parameters: kleur, vorm, icoon en animatie. Volgende secties onderbouwen de gemaakte keuzes rond de gekozen parameters (e.g. waarom kleur?) op basis van bevindingen uit de exploratie uit sectie 4.1. Een belangrijk doel bij het maken van de design space was dat deze voldoende uitgebreid zou zijn om genoeg informatie over te kunnen brengen in een oogopslag, maar dat deze ook niet te uitgebreid zou zijn. Dit laatste om geen verwarring te veroorzaken bij gebruikers en een niet te groot aantal onderlinge combinaties te hebben van elementen in de design space. Elke toevoeging van een nieuwe parameter aan een design space maakt het aantal mogelijke combinaties en dus betekenissen exponentieel groter. Tot slot wordt de nood van een klein aantal cues ook benadrukt binnen de bevindingen uit sectie 4.2.2.

4.3.1 Kleur

Kleur is een essentiële parameter en wordt in vrijwel alle contexten waarin informatie visueel wordt overgebracht en studies met een design space in rekening genomen. Zelfs wanneer er slechts van een enkel visueel element gebruik gemaakt wordt, zoals dit bijvoorbeeld het geval is bij de smartphone notification LED's beschreven sectie 4.1.3. In 3.2.1 werd reeds aangehaald dat de kegeltjes centraal in het oog gelegen kleurgevoelig zijn. In de studie beschreven in sectie 4.2.2 werd er bovendien gevonden dat kleur door alle deelnemers in rekening werd genomen. Verder blijkt kleur de meest overwogen parameter bij het maken van associaties.

4.3.2 Vorm

Ook vorm werd aangehaald in 3.2.1. Dit is een parameter die goed zichtbaar en herkenbaar is in het perifere zicht en zal dus in die regio voor herkenning zorgen 3.2.2. Vormen zijn gemakkelijk in een oogopslag herkenbaar en kunnen afhankelijk van oriëntatie ook verschillende boodschappen uitdrukken, zoals blijkt uit sectie 4.2.2. Verder staat vorm centraal binnen verkeersborden, een concept dat misschien wel het meest overeenkomt met notifications binnen een smartwatch. Verder is vorm een parameter die ideaal is om al dan niet in combinatie met kleur te gebruiken om een categorie uit te drukken. Dit fenomeen is zichtbaar binnen verkeersborden, waarbij vormen ofwel direct op bepaalde categorieën gemapt kunnen worden, ofwel doormiddel van het aantal hoeken een categorie kunnen encoderen. Bovendien zal een notification op een smartwatch sowieso een vorm vereisen, tenzij er wordt gekozen om de notification fullscreen te laten zien, in welk geval de notification de vorm van het display aanneemt. De vraag is dus niet waarom een vorm gebruikt moet worden, maar eerder welke vormen er gebruikt moeten worden.

4.3.3 Icoon

De redenering achter het toevoegen van een icoon is om de notifications een extra niveau van betekenis te geven. Kleur en vorm zullen zorgen voor de algemene betekenissen informatief, waarschuwing en kritiek, terwijl het icoon een meer specifieke betekenis zal geven om de dubbelzinnigheid tussen notifications, die er anders zou zijn, te verhelpen. Het gebruik van icoontjes in combinatie met vorm en kleur komt ook terug binnen de verkeersborden, zoals behandeld in sectie 4.1.1. Hierbij is het ook de taak van icoontjes, die centraal in het verkeersbord worden weergegeven, om een specifieke betekenis te geven aan de vorm en kleur die verder in het verkeersbord worden gebruikt en op zich niets zeggen. Verder zijn icoontjes eindeloos uitbreidbaar naargelang het aantal mogelijke situaties toeneemt binnen een digitale assistent, waardoor ze ook toelaten om een eindeloos aantal scenario's te ondersteunen zonder nieuwe visuele elementen te introduceren.

4.3.4 Animatie

Animaties dienen als een ondersteunende factor die er voor moet zorgen dat de notifications een popout hebben in peripheral vision. In sectie 3.2.1 werd reeds aangehaald dat beweging goed waarneembaar is in peripheral vision en kan dienen om de aandacht te trekken van personen. Aangezien de design space zich enkel focust op het visuele aspect van notifications, lijkt beweging de beste optie voor het trekken van de aandacht van gebruikers. Uit de literatuur blijkt dan ook dat beweging een lage inspanning vereist en succesvol is in het trekken van de aandacht van gebruikers, zoals beschreven in sectie 4.2.1. Uit de bevindingen van de studie uit sectie 4.2.2 blijkt bovendien dat het combineren van kleur en beweging een goede manier is om informatie te encoderen.

4.3.5 Combinatie van parameters

Eerder werd aangehaald dat de combinatie van meerdere parameters even goed is als de beste van ze allemaal 3.2.2. Toch is het wenselijk om alle aangehaalde parameters te gebruiken.

Aangezien kleur goed herkenbaar is in het centrale zicht en vorm in perifere zicht wordt door gebruik van beide parameters het volledige gezichtsveld gecoverd 3.2.1. Bij deze parameters zal er ook gekeken worden naar hoe ze mappen op de informatieve, waarschuwendende en kritieke scenario's. Naast zichtbaarheid in het volledige gezichtsveld, zal de keuze om twee visuele elementen te gebruiken voor communicatie van het niveau ook een ingebouwde redundantie hebben in het geval een operator met kleurenblindheid een notification zal zien. Zelfs als de operator moeite heeft om kleuren te onderscheiden, zal deze persoon nog steeds de notifications begrijpen door te kijken naar de vorm en niet enkel de kleur. Het toevoegen van animaties zorgt er verder nog voor dat notifications popout hebben in peripheral vision 3.2.1. De intentie achter het toevoegen van een icoon is om een meer specifieke betekenis aan notifications te geven en hen toe te laten een specifiek bericht over te dragen. Op deze manier stel de combinatie van de verschillende parameters de notifications in staat om een volledige, unieke, herkenbare en identificeerbare boodschap over te brengen.

Hoofdstuk 5

User studies rond smartwatch notifications

In de literatuurstudie werd er geanalyseerd welke concepten allemaal gebruikt worden voor het maken van notifications. Enerzijds werd er in hoofdstuk 3 gekeken hoe notifications functioneren binnen bepaalde contexten, anderzijds werd er in hoofdstuk 2 gekeken hoe notifications er typisch uitzien op allerlei apparaten. In de design space in hoofdstuk 4 werd er dan dieper ingegaan op welke visuele elementen er allemaal gebruikt kunnen worden binnen deze notifications.

Op basis van de onderzochte materie binnen de voorgaande hoofdstukken en enkele scenario's binnen OperatorAssist, werd als volgende een studie uitgevoerd die in dit hoofdstuk zal worden toegelicht. Hierbij werd er gezocht naar een antwoord op de vraag hoe notifications er kunnen uitzien voor smartwatches in multimodale omgevingen in de context van enkele scenario's. Hierbij werd eerst een design space uitgewerkt waarin de te onderzoeken parameters worden aangehaald. Vervolgens zullen deze parameters worden onderzocht in een tweedelige user study bestaand uit een elicitation study en een verification study. De bevindingen worden hierna geanalyseerd, om tot slot enkele design guidelines te formuleren.

5.1 Context

Het doel van deze studie is te weten te komen welke visuele elementen helpen om de juiste boodschap over te brengen aan de gebruiker in context van een digital assistant. De resultaten van deze studie zullen bijdragen tot de nieuwe generatie van digital assistants voor operatoren in de maakindustrie. Binnen de context van deze studie kan een operator gezien worden als een persoon die een fysieke component moet assembleren en de digital assistant als een systeem dat de operator hierbij begeleidt. De visuele elementen die geëvalueerd worden, maken deel uit van een notification-systeem voor een digitale assistent, ontworpen voor een smartwatch.

Voor de notifications definiëren wij **drie verschillende niveaus** van dringendheid. Deze niveaus volgen uit een iteratief proces gebaseerd op de initiële scenario's binnen OperatorAssist waarin de gewenste use cases binnen het systeem werden uitgelegd. Het was nodig om gebruikers informatieve berichten te sturen, maar vooral om deze bij te sturen op twee verschillende manieren: enerzijds als waarschuwing en anderzijds als kritieke notifications. Bovendien zijn dit ook veelvoorkomende niveaus binnen allerlei toepassingen, zoals eerder aangehaald binnen het exploratieve onderdeel van de design space in hoofdstuk 4. Hierin werd reeds aangehaald in sectie 4.1.4 dat verschillende logging-systemen werken met soortgelijke niveaus. Typisch gaan deze niveaus ook van een informatieve context gradueel tot een meer waarschuwende en uiteindelijk kritieke situatie. De keuze om het aantal niveaus te nemen op drie is dus een intersectie van

niveaus nodig binnen OperatorAssist en niveaus die voorkomen binnen verschillende logging systemen. De gekozen niveaus worden specifiek als volgt gedefinieerd:

- **Informatief:** niet dringend, ter informatie.
Bijvoorbeeld een notification die simpelweg de huidige tijd weergeeft of die de operator laat weten dat een component geassembleerd is.
- **Waarschuwing:** nog niet dringend. De operator moet aandachtig zijn, maar verkeert niet in direct gevaar.
Bijvoorbeeld een notification die tijdskritische informatie overbrengt, zoals lijm die droogt, of die de operator waarschuwt dat zij/hij bepaalde voorzorgsmaatregelen moet treffen qua veiligheid.
- **Kritiek:** heel dringend. De operator moet meteen actie ondernemen!
Bijvoorbeeld een notification die meldt dat er een imminent risico tot ontploffing of elektrocutie is, of die aangeeft dat de component schade zal oplopen indien de operator niet onmiddellijk ingrijpt.

Verder zal de studie gebruik maken van de onderzochte design space uit hoofdstuk 4. Deze design space bestaat ter herhaling uit volgende vier parameters: kleur, vorm, icoon en animatie. Het doel van de studie is om deze design space verkregen uit een theoretisch informed design nu op de proef te stellen in een meer praktische situatie bij de deelnemers.

5.2 Methodologie

Deze sectie zal dienen om het verloop van de uitgevoerde user study te bespreken. Eerst zullen er situatieschetsen en scenario's besproken worden die een concrete basis geven voor de inhoud van beide studies. Hierna wordt het verloop van de elicitation study en verification study toegelicht.

5.2.1 Situatieschetsen en scenario's

Inhoudelijk vertrekt de studie vanuit enkele situatieschetsen die relevant zijn binnen de context van de digital assistant. Deze situatieschetsen leggen de basis voor de gebruikte scenario's alsook de meer specifieke betekenis van notifications zoals uitgedrukt door de icoontjes. De situatieschetsen, die werden voorgelegd aan de deelnemers van de studie, zijn de volgende:

Stel u krijgt als operator een notification te zien...

- **Time critical (e.g. glue drying)**
rond een tijdskritische situatie, bijvoorbeeld lijm die moet drogen.
- **Dangerous substance/corrosive**
dat de stof die u op punt staat te gebruiken een gevaarlijke (bijvoorbeeld bijtende) stof is.
- **Take precautions (e.g. PPE/compressor/air purifier)**
die u vertelt om bepaalde voorzorgsmaatregelen te nemen, zoals bijvoorbeeld het aanzetten van een compressor of luchtfilter.
- **Wrong material picked**
die u vertelt dat u het verkeerde materiaal dreigt te gebruiken.
- **Wrong tool used**
die u vertelt dat u op punt staat het verkeerde gereedschap te gebruiken.
- **Tool configuration wrong**
die u vertelt dat uw gereedschap verkeerd staat ingesteld, zoals bijvoorbeeld een verkeerde instelling van een smart tool of het gebruik van een verkeerde boor of schroevendraaier.

- **Explosion risk**
die u vertelt dat er een risico is tot ontploffing.
- **Electrocution risk**
die u vertelt dat er een risico is tot elektrocutie.
- **Poisonous gas**
die u vertelt dat er een risico is tot vergiftiging door giftig gas.
- **Danger to person**
die u vertelt dat u zelf persoonlijk gevaar loopt.
- **Danger to product**
die u vertelt dat het product dat u aan het assembleren bent schade dreigt op te lopen.

De voorgaande situatieschetsen werden onderverdeeld in 5 scenario's per niveau van dringendheid. Deze scenario's werden zo opgesteld dat elke situatie minstens één keer voorkomt. Sommige scenario's komen ook meerdere keren voor met eventuele kleine wijzigingen. Dit werd gedaan om te achterhalen welke invloed de verschillende niveaus van dringendheid op de inhoudelijke betekenis van een notification zouden kunnen hebben in de ogen van de deelnemers. Sommige scenario's kregen ook een specifiekere betekenis dan de situatieschets waar ze oorspronkelijk uit kwamen. Dit wordt gedaan wanneer de situatieschets een algemeen concept geeft zoals materiaal of gereedschap. Hierbij kan er gekeken worden of een specifieke invulling van deze termen een invloed heeft op de voorstelling die de deelnemers hieraan toekennen.

De gebruikte scenario's zijn als volgt:

Informatief

U krijgt als operator een informatieve notification te zien die...

- de volgende stap aankondigt.
- u vertelt dat u voor de volgende stap een hamer moet gebruiken.
- u vertelt dat er giftig gas wordt gebruikt in volgende stap.
- u vertelt welk materiaal te gebruiken.
- u vertelt dat u bepaalde voorzorgsmaatregelen moet nemen, zoals bijvoorbeeld het aanzetten van een compressor of luchtfilter.

Waarschuwend

U krijgt als operator een waarschuwend notification te zien...

- die u vertelt dat uw gereedschap verkeerd staat ingesteld, zoals bijvoorbeeld het gebruik van een verkeerde boor of schroevendraaier.
- die u vertelt dat er een risico is tot vergiftiging door giftig gas.
- rond een tijdskritische situatie, bijvoorbeeld lijm die moet drogen.
- die u vertelt dat u het verkeerde gereedschap dreigt te gebruiken.
- dat de stof die u op punt staat te gebruiken een gevaarlijke (bijvoorbeeld bijtende) stof is.

Kritiek

U krijgt als operator een kritieke notification te zien die u vertelt dat...

- u een verkeerde boor aan het gebruiken bent.
- er een risico is tot vergiftiging door giftig gas.

- er een risico is tot ontploffing.
- u zelf persoonlijk gevaar loopt.
- het product dat u aan het assembleren bent schade dreigt op te lopen.

5.2.2 Elicitation study

Naast een studie opzetten die bevindingen verkrijgt door deelnemers iets te laten evalueren, is het ook mogelijk om deelnemers iets te laten genereren. Dit genereren van input kan gedaan worden met behulp van elicitation studies. Het is gevonden dat deelnemers een voorkeur hebben voor gestures die door gebruikers werden gecreëerd [Morris et al., 2010]. Een zo'n studie probeert op deze manier een aantal door de gebruiker gegenereerde gestures te verkrijgen voor omnidirectional video (ODV) [Rovelo Ruiz et al., 2014]. Hierin onderzochten ze het maken van gebaren waarbij gebruikers werden gevraagd om gebaren in de lucht uit te voeren die zij geschikt vonden voor interactie met ODV, dit zowel voor individuele omgevingen als voor omgevingen met meerdere personen. Hiervoor werden kwantitatieve en kwalitatieve data verzameld door middel van observaties, motion capture, vragenlijsten en interviews. Deze gegevens hadden als resultaat zoals gewenst een aantal gebaren voor ODV die door gebruikers werden gegenereerd en ook een analyse van deze gebaren.

Om order effects tegen te gaan, werden de deelnemers verdeeld in twee groepen: elke groep kreeg tijdens de sessies de operaties in een andere volgorde. Hierbij bleef de volgorde toch een logische structuur behouden door bijvoorbeeld verwante handelingen zoals doorspoelen en terugspoelen te groeperen. Dit werd gedaan met de intentie het voor de deelnemers gemakkelijker te maken om gebaren te bedenken. Doorheen de volledige studie is het belangrijk om genoeg en de juiste vragen te stellen met de bedoeling zo veel mogelijk relevante gegevens te verkrijgen.

Het idee achter de elicitation study is om input van deelnemers te verkrijgen nog voor ze blootgesteld werden aan andere delen van de studie die hun keuzes mogelijks konden beïnvloeden. Deelnemers krijgen zo niet de kans om (enkel) te antwoorden wat ze denken dat er van hen verwacht wordt, maar wat ze zelf graag willen. Op deze manier is het mogelijk creatieve en out-of-the-box ideeën te verkrijgen. Dit is ook de reden dat de elicitation study vóór de studie ter verificatie van eigen bevindingen wordt gedaan. De deelnemers zullen gevraagd worden om stapsgewijs hun eigen notifications op te bouwen voor een handvol scenario's gebaseerd op de situatieschetsen uit 5.2. Dit opbouwen doen de deelnemers door deze te tekenen met een stylus op een tablet in de "Concepts" app [Concepts, 2023]. De deelnemers krijgen een korte introductie van de mogelijkheden van deze app waarbij de verschillende tools alsook het infinite canvas worden aangehaald.

Stappenplan

Voor elk van de drie niveaus van dringendheid worden volgende stappen doorlopen:

1. Deelnemers worden gevraagd om een notification op te stellen voor een niveau. Hiervoor krijgen ze 5 scenario's binnen elk niveau waarvoor hen gevraagd wordt om notifications te ontwerpen
2. Eerst wordt hen gevraagd om vorm en kleur te gebruiken die ze zelf vinden dat het beste passen bij de scenario's. Ze zijn hierbij volledig vrij in het kiezen van kleur en vorm bij de verschillende scenario's. Ze mogen de scenario's bijvoorbeeld vrij opsplitsen in verschillende groepen waarvoor de notifications onderling verschillen indien ze dit wensen. Het moeten met andere woorden geen 5 dezelfde of 5 verschillende notifications zijn.
3. Als volgende wordt hen gevraagd om per scenario ook een passend icoon te tekenen om aan de gekozen kleur en vorm toe te voegen die de meer specifieke betekenis van de notification zal weergeven.

4. Hierna wordt hen gevraagd animaties toe te voegen indien ze dat wensen. Dit mogen zowel bewegende animaties als status effects zijn. Het toevoegen van animaties is volledig optioneel. Indien deelnemers vinden dat een animatie geen meerwaarde heeft binnen een bepaald scenario, kunnen ze ervoor opteren om hier geen animatie aan toe te voegen. Ook mogen deelnemers kiezen of de animaties gebeuren bij het overgaan van een notification naar een ander niveau of dat de animaties binnen eenzelfde niveau blijven.

De deelnemers worden stapsgewijs gewaar gemaakt van dit stappenplan. Bij het eerste niveau waarvoor ze gevraagd worden om notifications op te bouwen, zullen de drie stappen een voor een aangehaald worden. Telkens de deelnemer een stap heeft vervolledigd, zal de volgende stap worden aangekondigd. Deelnemers weten dus bijvoorbeeld bij het eerste niveau enkel dat ze een icoon moeten toevoegen aan de notifications eens ze voor elk scenario een vorm en kleur hebben gebruikt. Dit zorgt er echter wel voor dat de deelnemers al weten wat alle stappen zijn eens ze het tweede en derde niveau voor zich krijgen. Om deze reden worden de drie niveaus alternerend in een volgorde doorlopen die bepaald wordt door een Latin square als volgt:

$$\begin{bmatrix} A & B & C \\ B & C & A \\ C & A & B \end{bmatrix}$$

Waarbij A, B en C respectievelijk informatief, waarschuwend en kritiek zijn. Elke i^{de} deelnemer krijgt hierbij de vragen in de volgorde op rij $((i-1) \% 3) + 1$. Verder werd de studie een veelvoud van drie keer uitgevoerd. Op deze manier komt elk niveau even veel keer als eerste voor.

5.2.3 Verification study

De elicitation studie had als doel vrije input van de deelnemers te verkrijgen rond het opbouwen van notifications. Bij dit tweede deel zullen de individuele componenten van de notifications verder onder de loep worden genomen. In tegenstelling tot de deelnemers stapsgewijs notifications te laten opbouwen uit vormen, kleuren, iconen en animaties, zullen de deelnemers hier een voorheen gedefinieerde selectie van deze elementen evalueren zoals toegelicht in 4.3. De bedoeling hiervan is om naast de volledig vrije input van de elicitation study ook meer concrete, gestructureerde en uniforme resultaten te verkrijgen.

De vragen rond kleuren maakten gebruik van een Likert-scale waarbij deelnemers kleuren rattenen van 1 tot en met 5. Voor het rangschikken van vormen kregen de deelnemers een grid waarin ze op elke rij en elke kolom een vakje moesten aanduiden. Deze vraag wordt getoond in figuur 5.1(a). Voor het kiezen van icoontjes kregen deelnemers drie voorbeeldicoontjes te zien en een optie "Anders". Hierdoor konden ze dan kiezen voor een van de drie opties ofwel een eigen optie. Omdat het heel belangrijk was te weten te komen wat zorgde voor een goed icoontje, werd elke vraag vergezeld van een verplichte waaromvraag. De vragen omtrent icoontjes worden gedemonstreerd in figuur 5.1(b). De vragen rond animaties waren meerkeuzevragen waarbij deelnemers één of meerdere opties konden kiezen (inclusief de optie "geen").

De gebruikte vragenlijst staat beschreven in appendix A.1.

5.3 Design space instantiations

In deze sectie zal per visueel element beschreven en beredeneerd worden welke specifieke instantiaties er per visueel element gebruikt werden in de studie. In sectie 4.3 werd er reeds een beredenering gegeven voor de gekozen visuele elementen: kleur, vorm, icoon en animatie. In deze sectie zal er dan gekeken worden welke kleuren, vormen, icoontjes en animaties er specifiek gebruikt zullen worden.



Figuur 5.1: Enkele voorbeeldvragen uit de verification study

5.3.1 Kleur

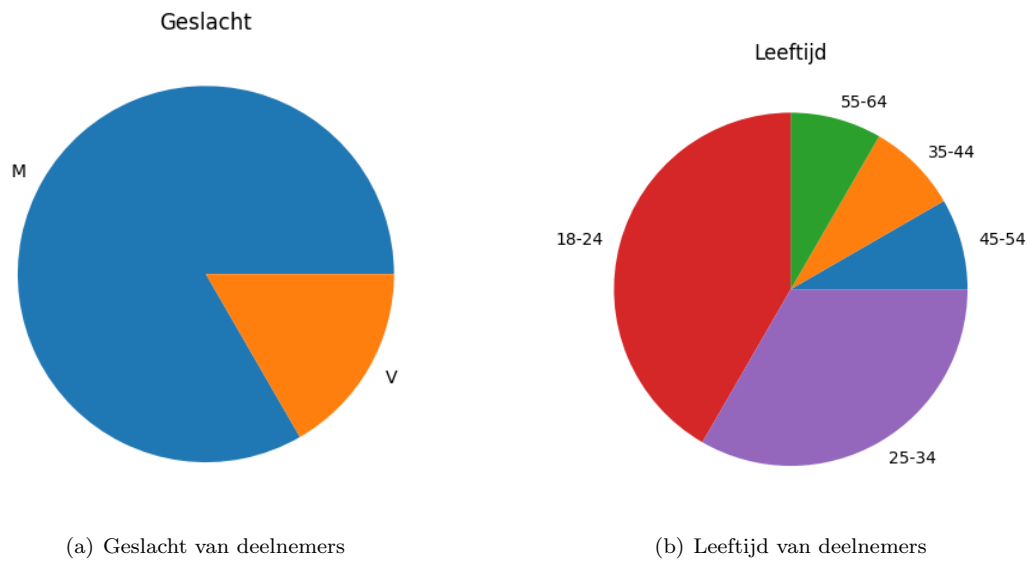
De kleuren die gebruikt werden in de studie omvatten de kleuren zoals ze voorkwamen in de exploratie in sectie 4.1 inclusief enkele toevoegingen. Voor de studie werd het zichtbare kleurenspectrum (i.e. een regenboog) gesampled tot de kleuren rood, oranje, geel, groen, blauw en paars. De reden dat paars wordt genomen in tegenstelling tot indigo en violet is omdat dit te dicht aanleunt bij donkerblauw, terwijl de andere kleuren net allemaal helder en duidelijk identificeerbaar zijn. Dit geldt ook voor de kleuren die gebruikt worden in de andere aangehaalde toepassingen. Kleuren werden gevraagd voor elk niveau van intensiteit. Deelnemers konden bij elke kleur een score op een Likert-schaal geven tussen 1 en 5. De reden achter deze keuze is dat er meerdere/overlappende antwoorden kunnen zijn per niveau. Verder is het rangschikken van dingen die even slecht zijn niet nuttig.

5.3.2 Vorm

In de studie werden vrij eenvoudige, primitieve vormen gekozen omdat ze vrij herkenbaar zijn op zichzelf en makkelijk te onderscheiden zijn van elkaar. De gebruikte vormen bestaan uit een aantal veelhoeken en een ster. Sommige veelhoeken worden in meerdere oriëntaties weergegeven indien dit resulteert in een meteen merkbaar verschil, zoals bij het spiegelen van een driehoek of het roteren van een vierkant. Deelnemers werden gevraagd om de acht gekozen vormen te rangschikken. De reden is dat er geen extreem groot verschil tussen vormen is. Waar een kleur veel varieert van een andere kleur, zijn de vormen grotendeels veelhoeken. Elke vergelijking doet ertoe.

5.3.3 Icoon

Per situatieschets werden er drie icoontjes gemaakt, bestaand uit een enkele kleur. De icoontjes werden gekozen op basis van eigen ideeën. Het belangrijkste aan de icoontjes is het extraheren van ideeën en concepten. Om dit te bevorderen, werden icoontjes dus gekozen op basis van concept en niet specifiek om hun uitzicht. Wanneer er een bepaalde standaard bestond voor een bepaald icoontje, dan werd deze standaard sowieso gebruikt. Indien er een eerder simplistische, uitbeeldende voorstelling bestond van een situatie, dan werd deze ook gebruikt om te kijken



Figuur 5.2: Demografische informatie over de deelnemers (N=12)

of dit een meerwaarde gaf. Verder werden soms vrij analoge icoontjes gebruikt om te kijken of de variant met meer of minder detail de voorkeur genoot. Indien een icoon uit meerdere onderdelen bestond, werden deze individuele onderdelen ook genomen. Soms waren er vrij analoge scenario's, zoals het gebruiken van een verkeerd materiaal of gereedschap, waarbij de icoontjes ook identiek waren, behalve dan dit materiaal of gereedschap. Hierdoor kon er gekeken worden of hetgeen 'verkeerd' aangaf ook consistent was bij beide gevallen.

5.3.4 Animatie

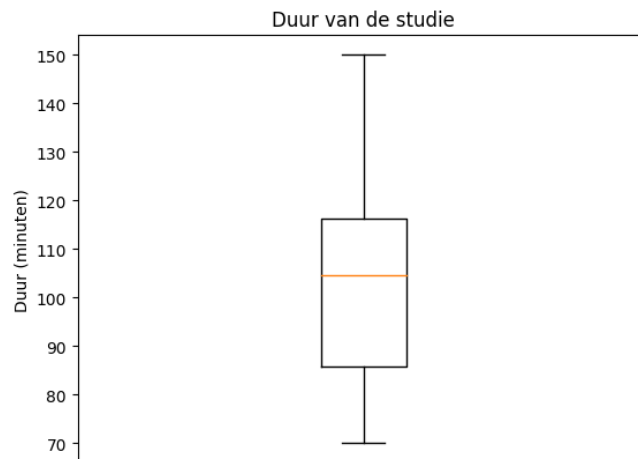
De animaties die binnen de studie worden aangeboden, zijn een selectie van eenvoudige, veelvoorkomende bewegingen en effecten. De gebruikte animaties kunnen onderverdeeld worden in twee categorieën: animaties bij het verschijnen van een notification en animaties zolang een notification zichtbaar is. Voor de eerste categorie werd hiervoor simpelweg gekozen voor enkele move-in animaties uit alle vier de (wind)richtingen. Voor de tweede categorie werd er gezocht naar een animatie die een gewenste intensiteit had. Gerangschikt van hoge naar lage intensiteit zijn er vibrate, pulse en spin. Tot slot konden deelnemers ook kiezen om geen animatie aan een niveau toe te kennen. Gebruikers konden hierbij zoveel animaties kiezen als ze zelf wilden, omdat er ook meerdere animaties tegelijk op eenzelfde icoon gebruikt kunnen worden.

5.4 Apparatuur en deelnemers

De studie werd uitgevoerd op een "Samsung Galaxy Tab S8 Ultra" tablet met "Samsung S Pen" styluspen. Aangezien de deelnemers gevraagd werden om tekeningen te maken, vormde deze combinatie van een 14.6 inch scherm en een digitale pen een enorme meerwaarde.

De studie werd uitgevoerd met 12 deelnemers, bestaande uit studenten en onderzoekers verbonden aan UHasselt, evenals vrienden en familie. Binnen de deelnemers waren 10 mannen en 2 vrouwen van verschillende leeftijdscategorieën zoals weergegeven in figuur 5.2. Aangezien er 12 deelnemers waren, werd elk van de drie volgordes besproken in sectie 5.2.2 vier keer herhaald.

Voor de studie was aanvankelijk een uur voorzien op basis van een pilot studie. Al snel bleek de studie echter veel langer te duren dan voorzien, namelijk gemiddeld ongeveer een uur en drie kwartier. De uiteindelijke duur is te zien in figuur 5.3.



Figuur 5.3: De tijdsduur van de studie

5.5 Analyse elicitation en verification study

Eerst is er per visueel element een sectie waarin de resultaten van de elicitation study langs de resultaten van de verification study worden gelegd. Hierdoor wordt het eenvoudig om de resultaten van beide studies te vergelijken. Dit vergemakkelijkt ook meteen het trekken van conclusies. Na deze vier secties zullen nog de overige vragen van de verification study worden bestudeerd, namelijk de vragen waar niet uitdrukkelijk naar werd gevraagd tijdens de elicitation study.

Belangrijk te vermelden is dat de resultaten van de elicitation study regelmatig gegroepeerd worden in het geval dat deze vrij gelijkaardig waren. Op deze manier wordt een exhaustief overzicht van alle resultaten vermeden om tot een meer algemene conclusie te kunnen komen. Om een beeld te geven van een elicitation study en de verschillende resultaten die hieruit voortkomen, wordt in figuren 5.4 en 5.5 een overzicht gegeven van enkele resultaten. Voor elke deelnemer wordt een interessant concept uitgelicht.

5.5.1 Kleur

Elicitation study

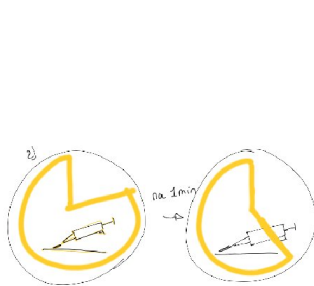
De kleuren gebruikt binnen de elicitation study voor elk niveau zijn te zien in figuur 5.6. Voor informatief werd blauw het meeste gebruikt, met in totaal 33 notifications. Groen werd met 15 de op één na meest voorkomende kleur, terwijl geel en rood elk slechts een enkele keer in een informatieve notification voorkwamen. In 10 gevallen werd er gekozen om niet met een kleur te werken.

Bij het waarschuwende niveau was er eerder een tweestrijd tussen oranje en geel, met respectievelijk 32 en 26 aantal verschijningen. In twee gevallen werd hier echter gewerkt met rood, in beide gevallen was dit wanneer er een risico was tot persoonlijk gevaar.

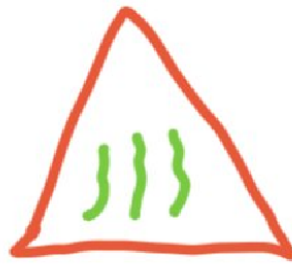
Bij kritiek ging de algemene voorkeur duidelijk uit naar rood, dat bij 11 van de 12 deelnemers werd gebruikt in alle kritieke notifications. Een enkele persoon koos echter om oranje te associëren met het kritieke niveau.

Verification study

In de verification study werden deelnemers gevraagd om de zes kleuren beschreven in 4.3.1 voor elke niveau te raten van 1 tot 5. De resultaten hiervan zijn volledig weergegeven in de heatmap in figuur 5.7. Hier kan al een snelle indruk verkregen worden door te kijken naar de groene



(a) Een waarschuwende notification voor een tijdskritische situatie. Hierbij wordt een pie menu gebruikt als dynamische timer. Het icoontje op de achtergrond symboliseert de tijdskritische situatie, in dit geval lijm die moet drogen.



(b) Een kritieke notification voor een risico op inademen van giftig gas. De groene lijnen stellen gas voor dat verder ook werd geanimeerd.



(c) Een waarschuwende notification voor een risico op inademen van giftig gas. Het icoontje symboliseert hetgeen er gebeurt in de situatie, de bedoeling is dat de wolk naar de mond van de persoon beweegt.



(d) Een waarschuwende notification voor een risico op inademen van giftig gas. Ook hier wordt het gevaar visueel weergegeven. De gaswolk beweegt rond de persoon die er geanimeerd draaiierig van zou moeten worden.



(e) Een kritieke notification voor een risico op een ontploffing. Merk hierbij het gebruik van de ISO-standaard op. Verder maakte deze deelnemer ook altijd gebruik van een digitale klok. Verder is er ook een beschrijving van de situatie aanwezig indien de gebruiker weinig ervaring heeft met het systeem.

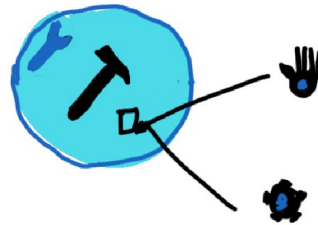


(f) Een kritieke notification voor persoonlijk gevaar. De deelnemer merkte op geen algemeen icoon te willen hebben en te willen weten wat er aan de hand is. Graag zag deze persoon een oplossing voor het probleem. Er moet altijd gezegd worden wat er precies aan de hand is en wat er precies gedaan kan worden. Ook wordt een digitale klok gebruikt.

Figuur 5.4: Enkele voorbeelden uit de elicitation study



(a) Een informatieve notification voor het treffen van voorzorgsmaatregelen. Deze notification geeft via een uitroepteken in een driehoek aan dat er een voorzorgsmaatregel getroffen moet worden en geeft dan tekstueel aan welke dat is. In dit geval gaat het om een compressor die aangezet moet worden.



(b) Een informatieve notification die aangeeft dat een hamer gebruikt moet worden. De deelnemer gebruikt een generiek icoon voor een hamer en merkt op dat er een verschil is tussen de hamer enkel nemen en iets met de hamer doen. Deze subcategorisatie wordt opgelost op door gebruik te maken van een badge-systeem.



(c) Een informatieve notification die de volgende stap aankondigt. Het concept van volgende stap wordt weergegeven door een pijl. Verder vindt deze deelnemer het ook belangrijk dat er al bij wordt gezegd dat een hamer nodig zal zijn. Merk ook op dat er een progress bar wordt gebruikt in de rand van de notification, momenteel bevindt de gebruiker zich in stap 2 van de 6. De kleur groen die in de border staat wordt gebruikt als kleurcode voor het gereedschap dat gehaald moet worden.



(d) Een informatieve notification die aangeeft dat een hamer gebruikt moet worden. Deze deelnemer gebruikte voor alle gereedschap een toolbelt-icoontje. Rechts van het icoontje staat "hammer" geschreven om het specifieke gereedschap aan te geven. Verder wordt ook de stap rechtsboven aangegeven en is een "1" aanwezig voor het informatieve niveau.

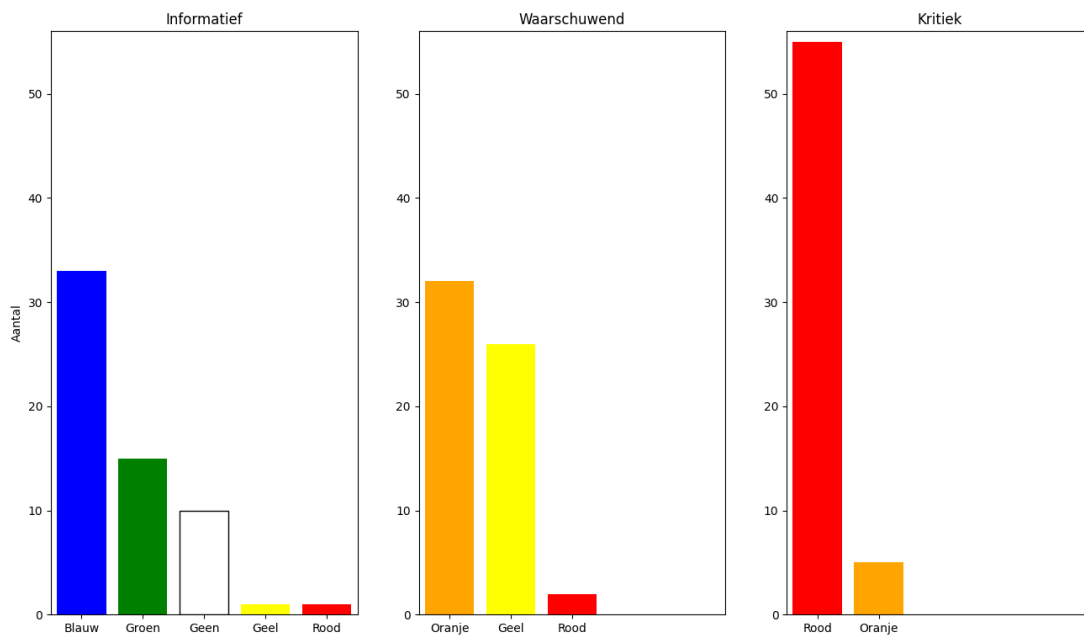


(e) Een informatieve notification voor het treffen van voorzorgsmaatregelen. Deze deelnemer koos om de voorzorgsmaatregel in kwestie te laten zien (in dit geval een mondmasker) met een uitroepteken erbij.



(f) Een informatieve notification voor het treffen van voorzorgsmaatregelen. Deze deelnemer kiest ervoor om eerst een notification te laten zien met een generiek icoontje om het concept "persoonlijk gevaar" uit te drukken. Als de gebruiker dan op de notification tikt, wordt een nieuw scherm weergegeven waar wordt uitgelegd wat de gebruiker moet doen: een zogenaamde "tweestappennotification".

Figuur 5.5: Enkele voorbeelden uit de elicitation study



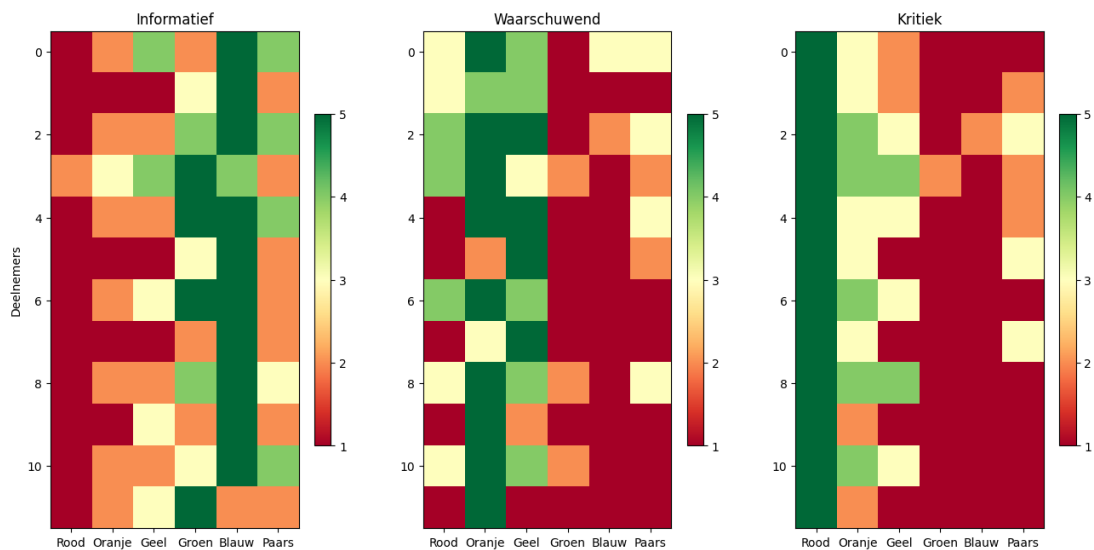
Figuur 5.6: Het aantal keer dat elke kleur werd gebruikt binnen de elicitation study

kolommen. Zo ziet men dat de hoogste ratings voor informatief bij blauw en groen liggen, de hoogste ratings voor waarschuwend bij oranje en geel en dat elke deelnemer rood de beste kleur vond voor het kritieke niveau.

Verder gaf een deelnemer nog aan om binnen het informatieve en waarschuwend niveau te werken met de kleur zwart. Ook de kleur grijs werd door een andere deelnemer genoemd binnen het informatieve niveau.

Om de verdeling van de resultaten te bestuderen, kunnen ze worden weergegeven met boxplots. In figuren 5.8, 5.9 en 5.10 kan men per niveau per kleur kijken hoe de kleuren werden geratet door de deelnemers. Hier kan er duidelijker worden gezien welke kleuren hoge en lage ratings krijgen. Bij informatief krijgt blauw van alle behalve twee deelnemers een 5 waardoor blauw qua mediaan een maximale score van 5 krijgt. Binnen het waarschuwend niveau is er meer onenigheid onder de deelnemers. Oranje krijgt hier uiteindelijk eveneens de mediaan van 5 toegekend, maar heeft wel drie outliers. Geel krijgt hier de tweede plaats met een mediaan van 4 en heeft slechts een enkele outlier. Voor kritiek verkoos elke deelnemer tot niemands verbazing de kleur rood boven alle andere kleuren en dit is ook binnen de hele studie de kleur die als enige van alle deelnemers een rating van 5 krijgt.

Ook is het duidelijk dat er een redelijke trend is naar welke kleuren er niet gebruikt moeten worden. Dit zijn typisch ook de kleuren die al in een ander niveau aan bod zijn gekomen. Zo worden de hoogst geratete kleuren binnen informatief het laagst geratete binnen kritiek en vice-versa. Beide niveaus bouwen dan wel qua score lichtjes af naar het waarschuwend niveau, dat dan op zijn beurt lichtjes afbouwt naar de andere niveaus.



Figuur 5.7: De ratings die kleuren kregen binnen de verification study. Elk gekleurd vakje stelt een enkele rating voor tussen 1 en 5, gerepresenteerd door de kleuren rood tot groen. Elke rij bevat de ratings van een bepaalde deelnemer en elke kolom bevat de ratings voor een bepaalde kleur. Om te weten te komen welke deelnemer welke kleur heeft geratet, kan men dus de deelnemer en kleur opzoeken in respectievelijk rij en kolom. Om bijvoorbeeld te weten te komen welke ratings de eerste deelnemer gaf, volstaat het om te kijken naar de eerste rij van elke figuur. Hierbij zien we dat deze gebruiker de hoogste ratings gaf aan respectievelijk blauw, oranje en rood voor de drie niveaus. Dit is duidelijk door de groene vakjes die in deze kolom staan.

Na inspectie lijken de outliers qua kleuren typisch voor te komen door:

- Kleuren voor informatief en kritiek zo ver mogelijk uit elkaar te willen houden
- Een andere optie nog slechter te vinden waardoor deze optie net iets hoger komt te liggen
- Een andere optie beter te vinden waardoor een typisch hoog gerankt item lager komt te liggen en dit een outlier veroorzaakt

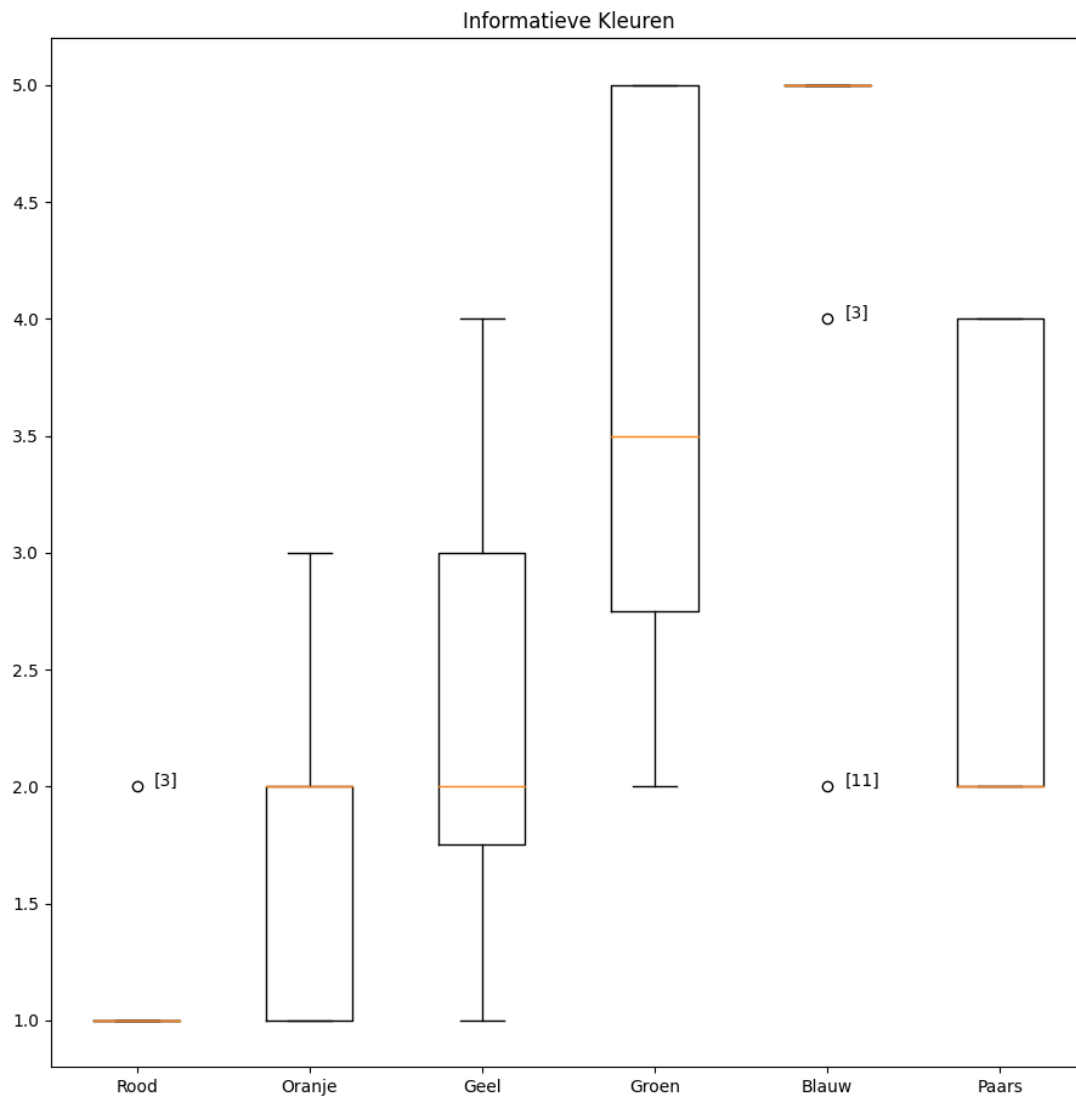
Kortom: outliers ontstonden wanneer deelnemers de verhoudingen tussen hun ratings ook een betekenis gaven.

Discussie

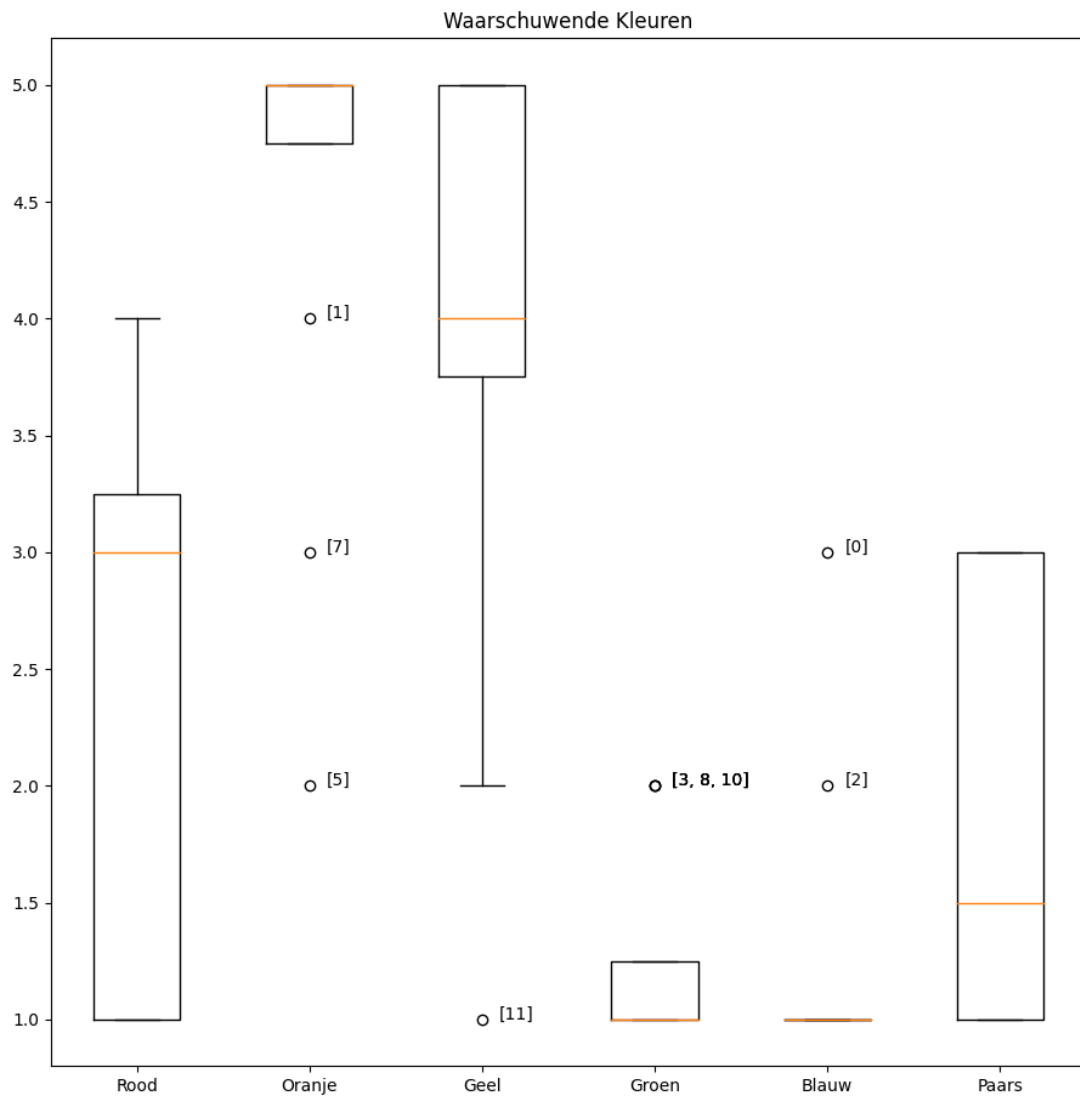
Binnen het informatieve niveau gaat de voorkeur van kleur bij beide studies uit naar de kleur blauw, met de kleur groen kort erachter. Voor waarschuwende notifications gaat de voorkeur uit naar oranje en geel. Met kritiek wordt rood duidelijk het meest geassocieerd. Dit komt overeen met de bevindingen uit de design space in 4.3, waar we zagen dat blauw-geel/oranje-rood typische kleuren waren voor soortgelijke niveaus.

Verder is het ook belangrijk hierbij enkele eigenschappen van de deelnemers te vermelden. Alle deelnemers waren afkomstig uit Europese landen. De bekomen resultaten kunnen verschillen indien de studie uitgevoerd wordt met deelnemers van andere nationaliteiten en culturen.

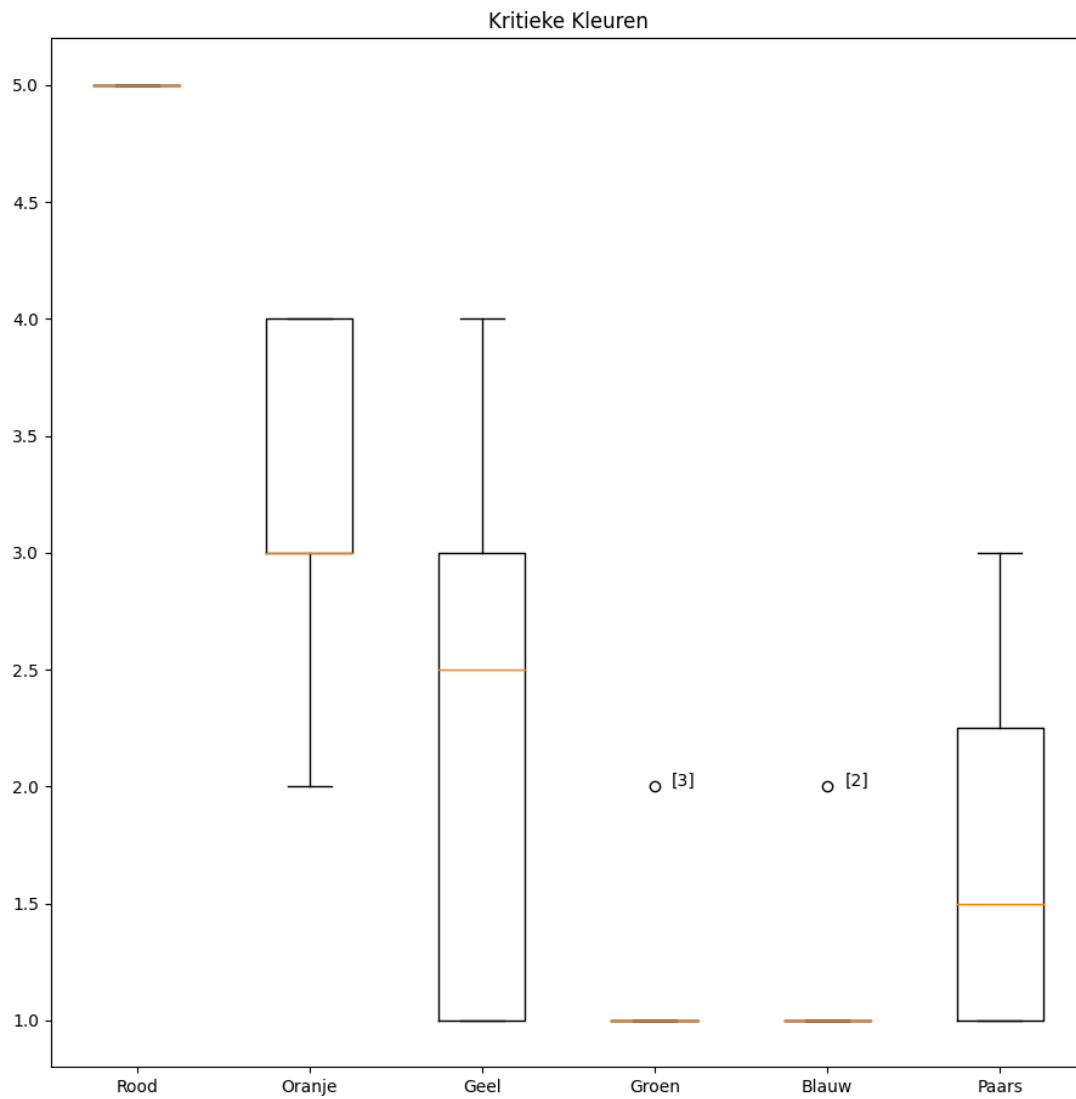
Ook was een van de deelnemers kleurenblind. Deze persoon zou groen willen associëren met de scenario's waarin risico op giftig gas was, maar besloot dit niet te doen omdat het niet zichtbaar is voor mensen met kleurenblindheid. Dit is ook een van de personen die besloot om geen kleur te gebruiken voor het informatieve niveau. In de notifications die deze persoon maakte, werd er enkel gewerkt met geel en rood voor de niveaus in combinatie met zwart of wit voor tekst en icoontjes.



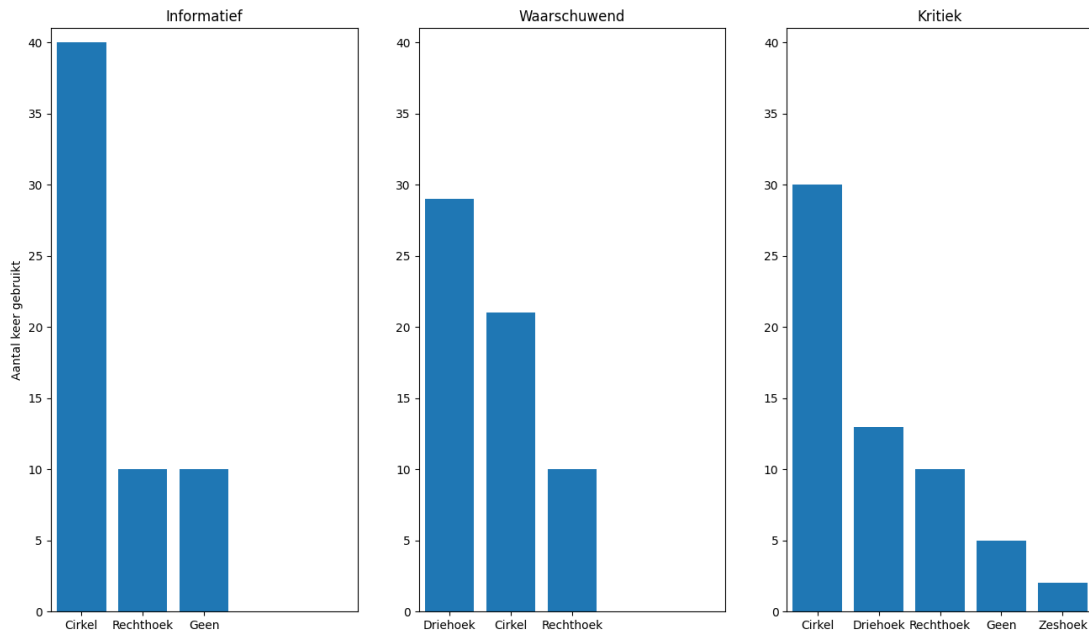
Figuur 5.8: Boxplot voor de ratings van kleuren binnen het informatieve niveau. Outliers zijn voorzien van een annotation, zodat ze in figuur 5.7 kunnen worden opgezocht.



Figuur 5.9: Boxplot voor de ratings van kleuren binnen het waarschuwendende niveau. Outliers zijn voorzien van een annotation, zodat ze in figuur 5.7 kunnen worden opgezocht.



Figuur 5.10: Boxplot voor de ratings van kleuren binnen het kritieke niveau. Outliers zijn voorzien van een annotation, zodat ze in figuur 5.7 kunnen worden opgezocht.



Figuur 5.11: Het aantal keer dat elke vorm werd gebruikt binnen de elicitation study.

5.5.2 Vorm

Elicitation study

De vormen die binnen de elicitation study gebruikt werden zijn te zien in figuur 5.11. Hierin is te zien dat de cirkel in 2/3e van de gevallen werd gebruikt voor het informatieve niveau. Rechthoeken alsook de keuze om geen vorm te gebruiken kwam voor bij twee deelnemers.

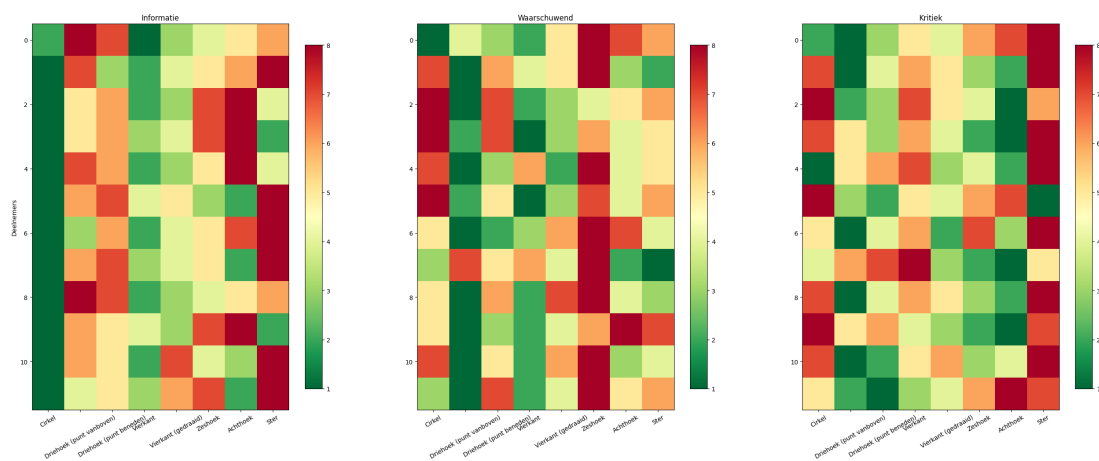
Bij het waarschuwend niveau werd dan meer gewerkt met driehoeken, namelijk 29 keer. Typisch was dit ter analogie van verkeersborden. De cirkel kwam voor in 21 notifications en de rechthoek in 10. Voor kritiek werd er typisch ook gekozen voor een cirkel, al was de reden hier meer dat gebruikers voor het kritieke niveau zo veel mogelijk rood wouden gebruiken. Aangezien de studie werd uitgevoerd op een smartwatch met rond display, komt een cirkel overeen met een volledige inkleuring. Verder is het zo dat door het volledige canvas te gebruiken er een maximale hoeveelheid rood aan bod komt. Bovendien geeft het scherm dan ook het meeste rood licht af op naburige oppervlakken. Een deelnemer werkte ook met een soort trapsgewijze inkleuring, waarbij er meer werd ingekleurd naargelang het niveau hoger ging.

Bij het kritieke niveau resulteert dit dan in volledige inkleuring. Andere vormen die in het kritieke niveau bij meerdere deelnemers aan bod kwamen, waren driehoeken en achthoeken. Ook hier werd er voor deze vormen gekozen naar analogie met de verkeersborden. Een enkele deelnemer koos er nog voor om geen vormen te gebruiken en een andere deelnemer werkte in twee notifications met een zeshoek. Dit was het geval omdat deze persoon dacht dat een stopbord een zeshoek was en geen achthoek. Na verteld te zijn dat een stopbord een achthoek was, koos de persoon er toch voor om de zeshoek te behouden.

Verification study

In de verification study werden deelnemers gevraagd om acht verschillende vormen te rangschikken van beste (rang 1) tot slechtste (rang 8). Alle bekomen resultaten zijn opnieuw tentoon gesteld in een heatmap in figuur 5.12.

Bij het informatieve niveau kan men zien dat een cirkel door alle deelnemers buiten een enkele persoon de hoogste rating heeft gekregen. Voor het waarschuwend niveau ging de voorkeur



Figuur 5.12: De rangen die vormen kregen binnen de verification study. Elk gekleurd vakje stelt een enkele rang voor van 1 tot en met 8, gerepresenteerd door de kleuren groen tot rood. Elke rij bevat de rangen van een bepaalde deelnemer en elke kolom bevat de rangen voor een bepaalde kleur. Om te weten te komen op welke plaats welke deelnemer welke vorm heeft gerangschikt, kan men dus de deelnemer en vorm opzoeken in respectievelijk rij en kolom.

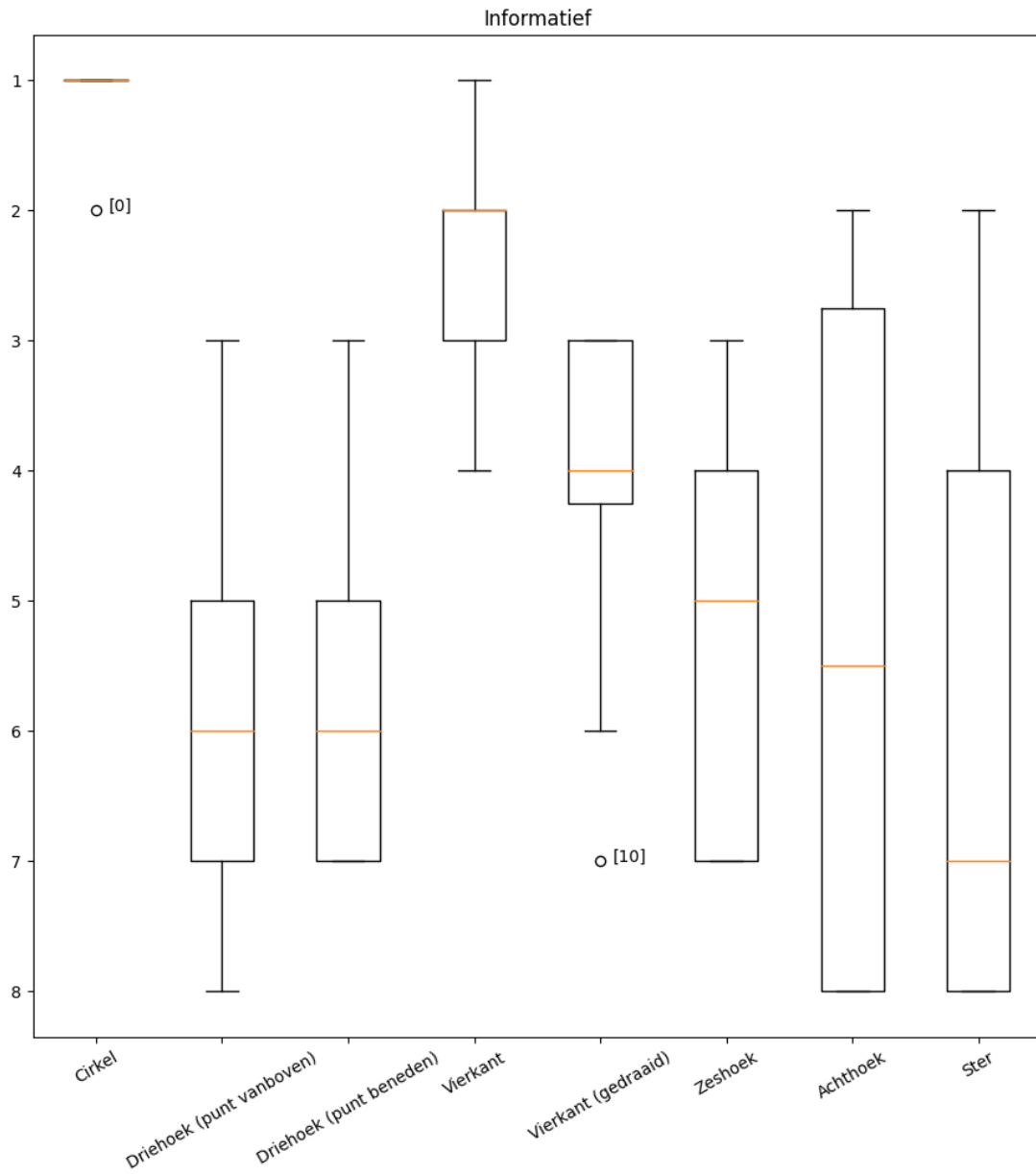
vooral uit naar een driehoek met punt vanboven en in mindere mate een vierkant. Binnen het kritieke niveau is er meer onenigheid: de hoogste rangen kwamen voor bij de driehoek met punt vanboven en de achthoek, maar de rangen liggen meer verspreid binnen dit niveau.

Als extra suggesties gaf een deelnemer nog aan dat er ook gebruik kan worden gemaakt van een pijl. Een andere deelnemer merkte op dat de vorm ook afhankelijk kan zijn van het doel van de notification, en dus niet alleen van het niveau. Verder merkte een deelnemer binnen zowel het waarschuwende als het kritieke niveau uitroepstekens te willen zien.

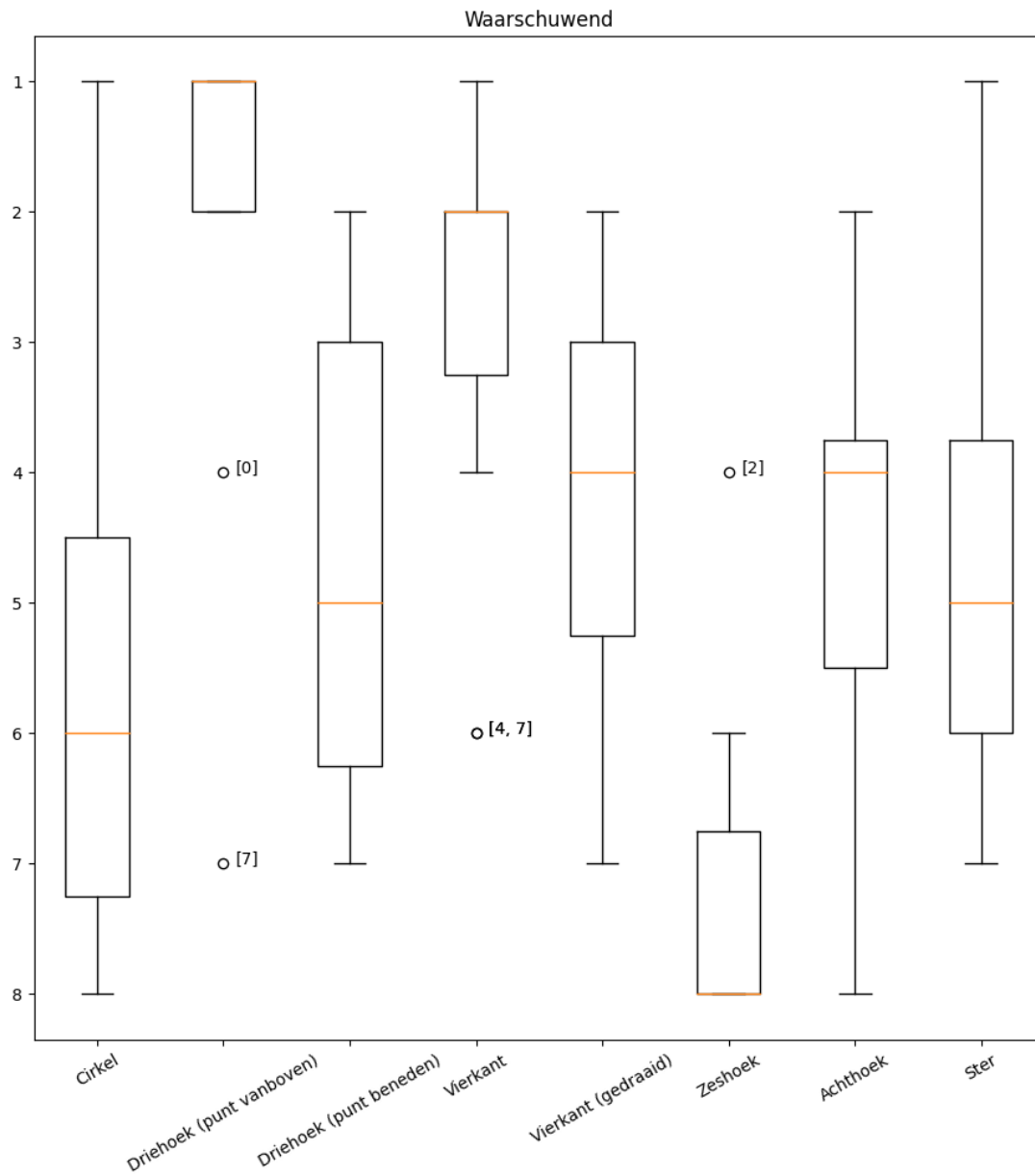
Ook hier kan net zoals bij kleur de verdeling van de heatmaps worden geanalyseerd door gebruik te maken van boxplots. Deze worden weergegeven in figuren 5.13, 5.14 en 5.15. Zo kan men beter zien welke vormen hoge en welke lage rangen kregen toegewezen. Voor het informatieve en waarschuwende niveau zijn al snel dezelfde bevindingen zichtbaar die uit de heatmap bleken. Bij het kritieke niveau is er dan wel weer zichtbaar dat de driehoek met punt vanboven en de achthoek zeer dicht bij elkaar liggen. Er is hier een heel klein verschil tussen 1e en 2e plaats. Hun rangen hebben dezelfde mediaan, maar de achthoek heeft iets slechtere ratings waardoor het gemiddelde 0,5 verschilt op een schaal van 1-8. Verder zit er ook slechts 0,5 verschil in gemiddelde rang tussen een achthoek en een driehoek met punt naar beneden. Wat deze drie vormen wel gemeenschappelijk hebben is dat ze ook in het verkeer typisch gebruikt worden voor borden die dienen om gevaar aan te geven.

Discussie

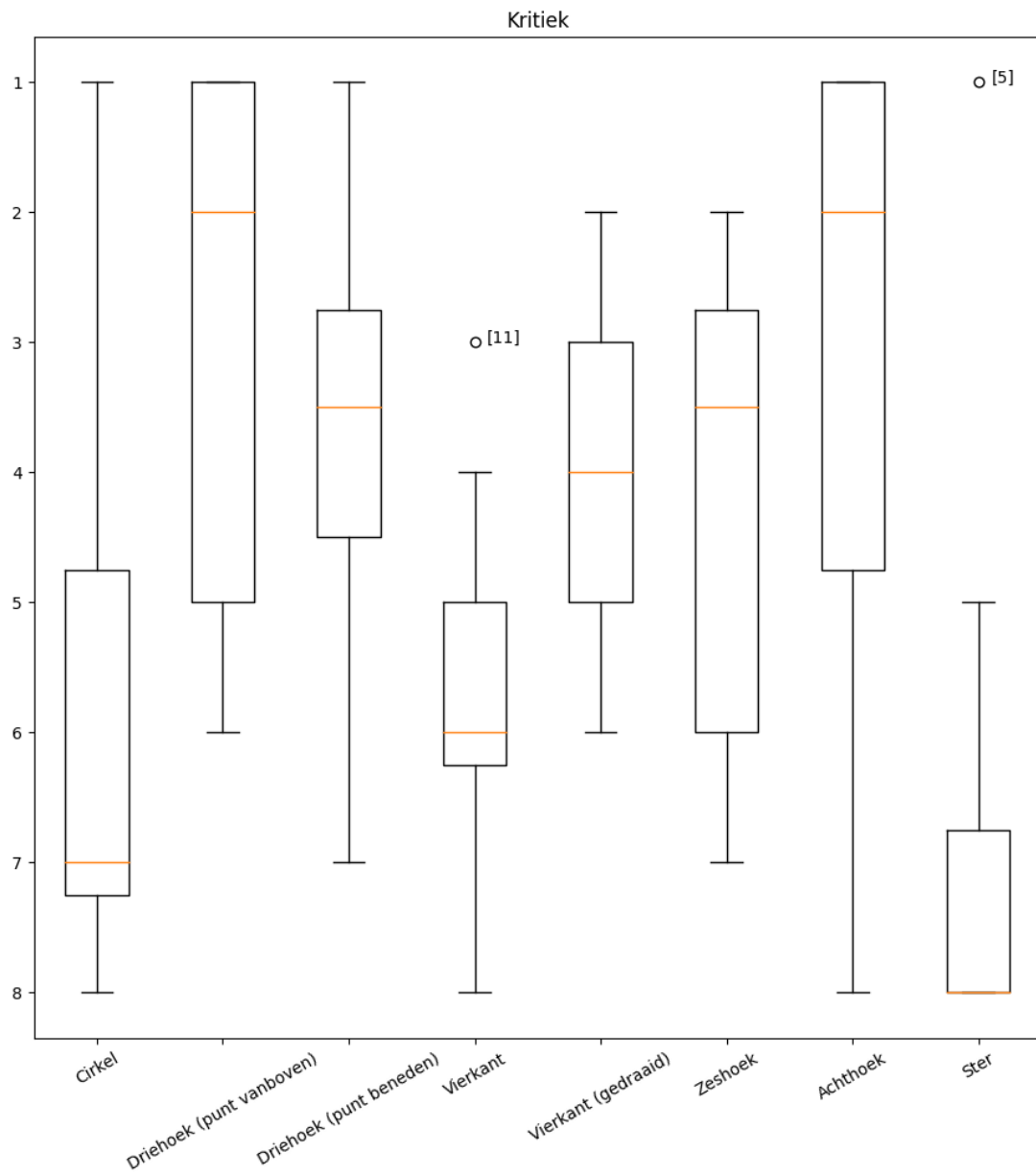
Als we louter kijken naar de vormen die worden geassocieerd met een bepaald niveau van dringendheid, dan wordt doorheen de studie met het informatieve niveau typisch een cirkel geassocieerd, met het waarschuwende niveau een driehoek met punt vanboven of een rechthoekige vorm en met het kritieke niveau een driehoek met punt vanboven of achthoek. In al deze resultaten kan ook de analogie met verkeersborden worden herkend. Binnen de verification study, wanneer deelnemers louter een mapping van niveau tot vorm moesten maken, zijn deze bevindingen ook duidelijker zichtbaar. Wanneer men de resultaten van beide studies langs elkaar legt, toont dit wel aan dat een cirkel in het algemeen veel meer gebruikt wordt binnen de elicitation study ten opzichte van de verification study, veroorzaakt door het gebruik als achtergrond. Dit komt omdat een cirkel de vorm is die de volledige vorm van de ronde smartwatch inneemt.



Figuur 5.13: Boxplot voor de rangen van vormen binnen het informatieve niveau. Outliers zijn voorzien van een annotation zodat ze in figuur 5.12 kunnen worden opgezocht.



Figuur 5.14: Boxplot voor de rangen van vormen binnen het waarschuwend niveau. Outliers zijn voorzien van een annotatie zodat ze in figuur 5.12 kunnen worden opgezocht.



Figuur 5.15: Boxplot voor de rangen van vormen binnen het kritieke niveau. Outliers zijn voorzien van een annotatie zodat ze in figuur 5.12 kunnen worden opgezocht.

5.5.3 Icoon

Hier is het belangrijk op te merken dat er, in tegenstelling tot vorige twee secties, per scenario of situatieschets naar de icoontjes wordt gekeken in plaats van per niveau. Concreet betekent dit dat er naar elk scenario uit de elicitation study en elke situatieschets binnen de verification study gekeken wordt. Elk hiervan verwijst respectievelijk naar hoe ze staan in 5.2.1 en 5.2.1.

Merk op dat icoontjes geabstraheerd en vervolgens gebundeld worden wanneer ze gelijkaardige concepten bevatten. Wanneer er bijvoorbeeld in meerdere icoontjes een soort pijl werd gebruikt, worden deze allemaal gebundeld onder het idee dat ze een pijl bevatten. Hierdoor is het eenvoudiger om het bos door de bomen te zien. Dit kan er soms wel voor zorgen dat het aantal icoontjes op het eerste zicht niet sommeert tot 12. De aantallen die per concept gegeven worden, komen overeen met het aantal keer dat dit concept voorkomt binnen dat scenario, maar het zou kunnen dat een bepaald icoontje meerdere concepten bevat. In dit geval is er een overlap tussen meerdere concepten die niet altijd expliciet wordt vermeld of is het zo dat een deelnemer meerdere alternatieven gaf.

Elicitation study: informatieve scenario's

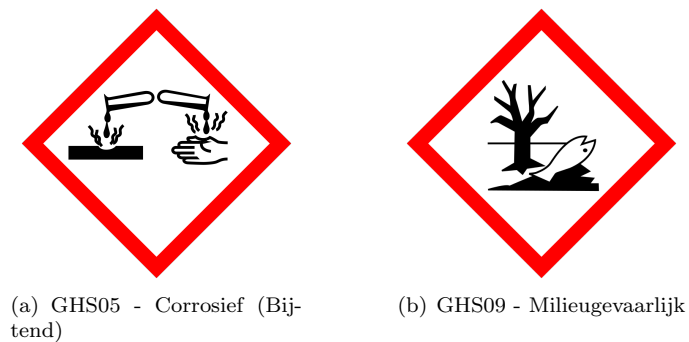
Bij het eerste informatieve scenario, waarbij een volgende stap wordt aangekondigd, werd er in 7 gevallen een variant van een pijl naar rechts gebruikt. Vier deelnemers kozen ervoor om de stap zelf ook te laten zien. Daarvan verkozen twee dit in tekstvorm en twee door middel van een soort progress bar. Een enkele deelnemer maakte een eigen stappenplan icoontje.

Bij het tweede informatieve scenario waarbij de operator verteld wordt een hamer te gebruiken, werd in alle 12 gevallen een hamer afgebeeld. Vier hiervan kozen ervoor om de context van de volgende stap er ook bij te nemen op een soortgelijke manier als in het vorige scenario, dus ook door gebruik van tekst voor de stap of door gebruik van een pijl.

Bij het derde informatieve scenario, waarbij giftig gas in de volgende stap wordt aangekondigd, werd in vier gevallen gekozen voor een doodskop-icoon. Nog eens vier deelnemers gaven aan om gas af te beelden. Dit gas werd in drie van de vier gevallen groen ingekleurd. Twee deelnemers kozen voor een biohazard icoontje. Voor de rest kwamen er nog drie uitroeptekens voor en een enkele persoon gebruikte een gasmasker als icoontje.

Bij het vierde informatieve scenario, waarbij de operator verteld wordt welk materiaal te gebruiken, kozen tien deelnemers om een icoontje van het materiaal in kwestie te tonen. Drie daarvan merkten op om ook tekstueel een maat of afmeting hiervan te vermelden, zoals de grootte van een plank of de lengte van een schroef of dergelijke informatie. Deelnemers vonden het belangrijk dat de icoontjes stilistisch en minimalistisch waren tot op niveau van het soort materiaal, alhoewel een enkele deelnemer vermeldde dat werken met afbeeldingen mogelijk was indien er een klein aantal materiaal was en er dus moeilijk verwarring kon zijn. Twee deelnemers gaven een andere manier om deze verwarring tegen te gaan door gebruik te maken van kleur-of vormcodes die complementair aan de icoontjes kunnen gezet worden om materiaal snel te identificeren binnen het beschikbare materiaal. Deelnemers merkten verder op dat de meer specifieke informatie tekstueel werd overgebracht. Een deelnemer merkte op dat ook de hoeveelheid materiaal vermeld moest worden, zoals wanneer er meerdere schroeven nodig waren. Ook gaf een deelnemer aan dat materiaal en gereedschap analoog konden worden behandeld. Deze persoon gebruikte dan ook voor beide scenario's een generiek toolbelt icoontje.

Bij het vijfde informatieve scenario, waarbij er voorzorgsmaatregelen genomen moeten worden, waren de meningen verdeeld. Negen deelnemers vonden dat de voorzorgsmaatregel in kwestie getoond moest worden met een uitroepteken erbij, drie van hen voegden nog een extra uitroepteken toe. Een enkele persoon merkte op ook aan te geven of het apparaat in kwestie aan of uit moest worden gezet. Twee deelnemers kozen om tekst te laten zien, dus de naam van hetgeen de voorzorgsmaatregel was, en daar een uitroepteken aan toe te voegen. Ook enkele generieke icoontjes werden genoemd, zoals een gloeilamp voor alle voorzorgsmaatregelen of een mondkmasker als voorbode voor alle voorzorgsmaatregelen.



Figuur 5.16: Enkele gebruikte GHS icoontjes

Elicitation study: waarschuwende scenario's

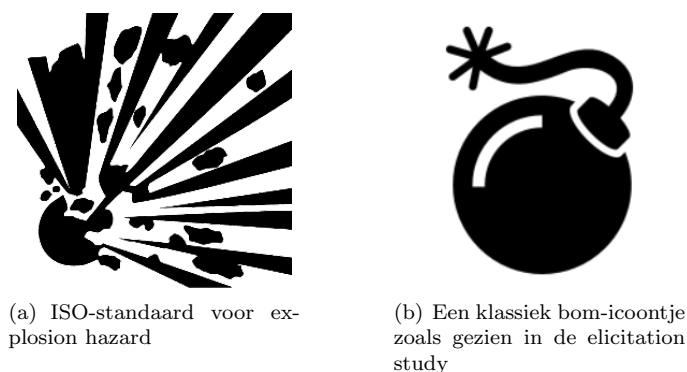
Bij het eerste waarschuwende scenario, waarbij de operator verteld wordt verkeerd ingesteld gereedschap te hebben, kozen zes deelnemers voor een icoontje van het gereedschap in kwestie. In vijf icoontjes werd er gebruik gemaakt van een uitroepteken, vier icoontjes gebruikten een tandwiel, drie gebruikten een driehoek, drie gebruikten tekst en een enkele persoon gebruikte een kruis met oog om aan te geven dat de operator moest kijken naar het gereedschap. Alle deelnemers maakten dus een icoontje dat een zekere permutatie was van de voorheen genoemde onderdelen.

Bij het tweede waarschuwende scenario, waarbij er risico is op giftig gas, werd er in vier gevallen een doodskop getekend en in vier gevallen gas. Twee deelnemers kozen voor een biohazard icoontje. Tot dusver komt dit overeen met de iconen gebruikt binnen dit scenario voor het informatieve niveau. Verder gebruikten twee personen nog driehoeken en tekst en gebruikte een enkele persoon een uitroepteken en nog iemand een gasmasker.

Bij het derde waarschuwende scenario, waarbij er sprake is van een tijdkritische situatie, werd er in acht gevallen gebruik gemaakt van een soort analoge klok. In twee gevallen was dit een geanimeerde klok die leek op een pie chart, in de overige situaties was dit een statisch icoontje, typisch met de wijzers op 5 voor 12 om aan te geven dat de tijd bijna op is. Vijf personen kozen er wel voor om ook tekstueel de tijd bij het icoontje te zetten en deze te laten aftellen. De tweede meestvoorkomende keuze was een zandloper, dit kwam drie keer voor. Hierbij vermeldden de deelnemers dat ze een zandloper duidelijker vonden dan iets als een analoge klok omdat een zandloper meer met aftellen te maken had en een klok meer met alarmen. Een enkele zandloper gebruikte ook tekst wat ervoor zorgt dat tekst in zes gevallen gebruikt werd.

Bij het vierde waarschuwende scenario, waarbij de operator gewaarschuwd wordt voor gebruik van het verkeerde gereedschap, werd in negen gevallen een icoontje van dit verkeerde gereedschap getoond. Hierbij werd in zes gevallen een kruis gezet en in drie gevallen een streep door het icoontje om het "verkeerde" aspect uit te drukken. Een enkele deelnemer voegde hier ook nog een uitroepteken aan toe. Een deelnemer koos er voor om dit concept om te draaien en in de plaats te werken met het juiste gereedschap met een vinkje erbij. Dit idee kwam ook voor bij een andere deelnemer die het idee had om alternerend het juiste en verkeerde gereedschap te laten zien.

Bij het vijfde waarschuwende scenario, waarbij de operator gewaarschuwd wordt voor een gevaarlijke stof, werd in acht gevallen een variant van de GHS-standaard voor gevaarlijke stoffen gegeven (figuur 5.16(a)). In drie gevallen kwam in de plaats een doodskop voor en een enkele persoon koos voor een ander GHS-icoontje: namelijk dit voor milieugevaar (figuur 5.16(b)). Een persoon koos nog om een uitroepteken toe te voegen. Verder kwamen er nog in drie gevallen doodskoppen voor en in twee gevallen tekst.



Figuur 5.17: Voorbeelden van gebruikte icoontjes voor het scenario waarin de operator gewaarschuwd wordt voor een explosie

Elicitation study: kritieke scenario's

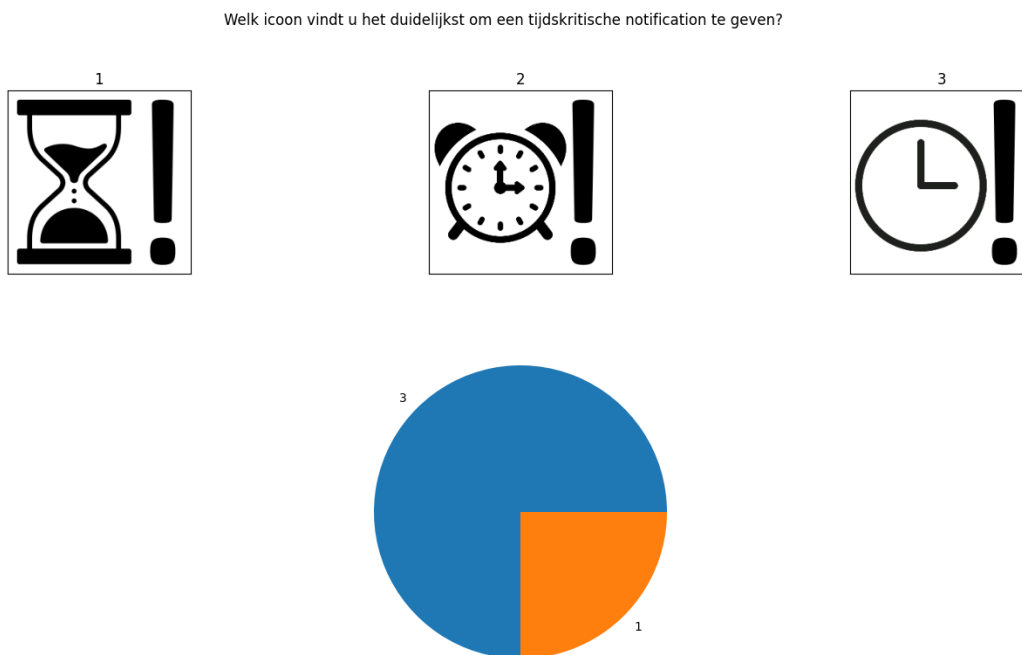
In het eerste kritieke scenario, waarbij de operator gewaarschuwd wordt voor gebruik van een verkeerde boor, werd in tien gevallen een icoontje van de boor gegeven. In vijf van deze gevallen werd er een kruis door gezet en in een enkel geval kwam er een streep door. Twee deelnemers weken hier erg van af door te werken met ofwel een stopbord met toolbelt en tekstuele instructie, ofwel een uitroepteken alternerend te laten verschijnen met een tekstuele instructie.

In het tweede kritieke scenario, waarbij de operator gewaarschuwd wordt voor giftig gas, werd in zes icoontjes gas gebruikt. Dit gas werd net zoals in vorige niveaus drie keer groen ingekleurd. Twee deelnemers kozen ervoor het gas te laten bewegen, twee anderen voegden een uitroepteken toe aan het gas. In vier gevallen kwam er een doodskop voor. Ook het biohazard icoontje kwam weer twee keer voor. In tegenstelling tot vorige niveaus kwam er nu in 3 gevallen tekst voor, zowel als waarschuwing als instructie. Verder verscheen er in 1 geval een gasmasker en in een ander enkel geval een stopbord.

In het derde kritieke scenario, waarbij de operator gewaarschuwd wordt voor een explosie, werd in tien notifications een ontploffing getekend. Hiervan was de ontploffing in zes gevallen een eigen creatie. Vier andere deelnemers gebruikten het icoontje uit de ISO-standaard voor een ontploffing (zie figuur 5.17(a)), een van hen kleurde dit ook in. Drie deelnemers gaven een klassieke bom als icoontje zoals in figuur 5.17(b).

In het vierde kritieke scenario, waarbij er risico is tot persoonlijk gevaar, werden er veruit de meest verschillende notifications getekend. De deelnemers gaven ook aan dit het moeilijkste icoontje te vinden om te tekenen. Voor de 12 deelnemers kwamen er 11 verschillende icoontjes naar boven. Enkele concepten die hier binnen werden gebruikt, kwamen wel meerdere keren voor. De enige notifications die twee keer voorkwamen, waren enerzijds een generieke driehoek met een uitroepteken in en anderzijds een doodskop. Een uitroepteken kwam in totaal in vier icoontjes terug, de driehoek in drie. Vier deelnemers kozen om een stick-man persoon te tekenen om het persoonlijke aspect over te brengen. Drie personen gingen hierin nog verder door ook een letsel uit te beelden via een bloedende hand, een gebroken bot en een gebroken been. In twee notifications werd er de tekst "DANGER" bijgezet.

In het vijfde kritieke scenario, waarbij er risico is tot schade aan het product, werden er ook vrij uiteenlopende icoontjes gebruikt. Een trend die hierbij zes keer terugkwam, was dat mensen de schade aan het product uitdrukten door een breuk in het icoontje dat ze kozen. Ook een icoon van het product dat schade dreigt op te lopen kwam zes keer aan bod. In twee extra gevallen werd het product echter afgebeeld door een generieke doos. Ook bij dit icoontje kwam een uitroepteken meermaals voor: in totaal vijf keer. Een tekstuele boodschap werd in twee notifications gebruikt in de vorm van "DANGER" en "STOP".



Figuur 5.18: Resultaten van de verification study voor situatieschets 1 met vraag: “Welk icoon vindt u het duidelijkst om een tijdskritische notification te geven?”

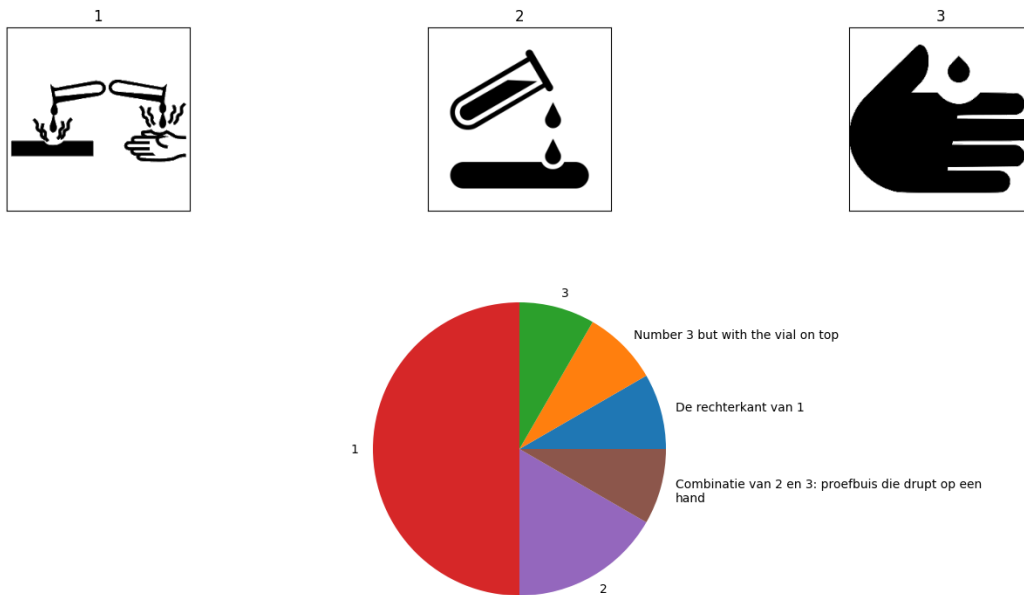
Verification study

Bij het eerste icoontje (figuur 5.18) verkozen deelnemers optie 3 omdat ze deze eenvoudiger en duidelijker was dan optie 2 en duidelijker dan optie 1. Een belangrijk punt wat hier in vijf gevallen werd opgemerkt is dat minimaliseren en stileren belangrijk zijn bij het ontwerpen van de icoontjes. Twee deelnemers merkten op dat optie 1 eerder progressie of tijdsduur weergaf. Optie 2 leek dan eerder te zeer op een wekker volgens twee deelnemers. De deelnemers die optie 1 kozen vonden deze echter veruit de duidelijkste.

Bij het tweede icoontje (figuur 5.19) hadden deelnemers de grootste voorkeur voor optie 1, met zes keuzes. Dit icoon is afkomstig uit de GHS-standaard voor een corrosief of bijtend product. Drie deelnemers gaven echter aan dat hier te veel detail in zat. Alle twaalf deelnemers kozen uiteindelijk voor een variant waarin een druppende proefbuis aan bod kwam of gaven zelf een alternatief waarin dit het geval was. De druppende proefbuis is dus het belangrijkste element voor deze situatie. Drie deelnemers kozen voor een proefbuis met enkel een hand. Deelnemers merkten op dat na de druppende proefbuis de hand het belangrijkste aspect was aangezien het belangrijk is dat gebruikers het gevaar inzien van het icoontje dat ze krijgen. Een deelnemer gaf echter ook aan dat het gebruik van een hand tegenover een object contextafhankelijk was. Indien een product schade dreigt op te lopen door een bijtende stof, dan is een hand met druppende proefbuis minder relevant voor dat specifieke geval. Een andere deelnemer merkte op dat de wiebelige lijnen goed het bijtende aspect aangaven.

Bij het derde icoontje (figuur 5.20) gaven zes deelnemers aan dat optie 2 het best het waarschuwend aspect van het scenario overbracht en de beste balans tussen specifiek en algemeen gaf. Optie 1 kon namelijk te breed worden geïnterpreteerd en optie 3 was eerder te specifiek en kan daardoor onduidelijk zijn. Vijf deelnemers gaven echter aan dat optie 3, maar dan met de voorzorgsmaatregel in kwestie een goed alternatief zou zijn. Verder gaven drie deelnemers een alternatief voor de gegeven keuzes. Een deelnemer stelde voor een cirkel met een uitroepteken in het midden te gebruiken omdat dit het icoon eerder informatief maakt en het niet gaat om een specifieke waarschuwing. Verder is het idee achter de keuze van een lightbulb is om het concept

Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification omtrent een gevaarlijke substantie te geven?



Figuur 5.19: Resultaten van de verification study voor situatieschets 2 met vraag: “Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification omtrent een gevaarlijke substantie te geven?”

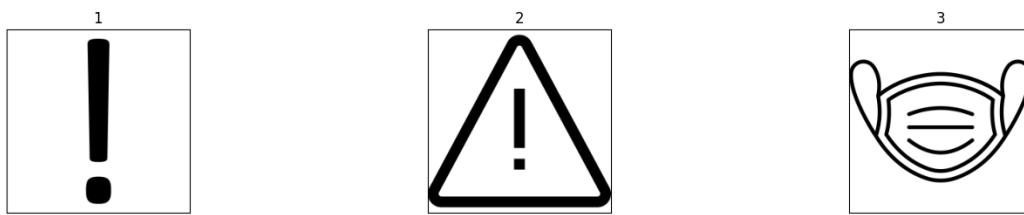
van een voorzorgsmaatregel te zien als een idee, en dus als suggestief en niet noodzakelijk. Ook koos een enkele deelnemer voor een schild, de motivatie hierachter is dat een schild een symbool is voor algemene bescherming.

Bij het vierde icoontje (figuur 5.21) kozen zeven deelnemers voor het verkeerde materiaal in kwestie met een streep door. De streep geeft het duidelijkste aan dat het verkeerde item gebruikt wordt. Een andere deelnemer had echter liever een kruis in plaats van een streep. Een andere deelnemer had het idee een kruis in een badge te zetten om geen occlusie van het materiaal te hebben. Twee deelnemers kozen voor materiaal met een uitroepteken omdat het uitroepteken een waarschuwend aspect heeft. Twee deelnemers gaven aan om te werken met generieke representaties van materiaal; een van hen koos hierbij voor een toolbelt-icoontje. Indien het icoon van een bepaald materiaal niet duidelijk was, suggereerde een deelnemer te werken met tekst. Een deelnemer draaide het concept ook om, deze persoon gaf liever aan wat het materiaal was dat er wel gebruikt moest worden in de plaats van het verkeerde materiaal te laten zien.

Bij het vijfde icoontje (figuur 5.22) werd optie 1 om dezelfde reden gekozen als bij het vierde icoontje, maar ook hier werd gekozen om het gereedschap in kwestie af te beelden. Een enkele deelnemer koos echter om de generieke sleutel te behouden. De streep door het gereedschap geeft het duidelijkste aan dat het fout is, de andere icoontjes kunnen nog anders geïnterpreteerd worden. Ook hier gaf een deelnemer aan om te werken met een toolbelt icoontje en materiaal en gereedschap te uniformiseren. Dezelfde deelnemer als bij het vorige icoontje gaf ook weer aan het concept om te draaien en het gereedschap dat wel nodig was af te beelden opdat de gebruiker snel kan zien wat er nodig is.

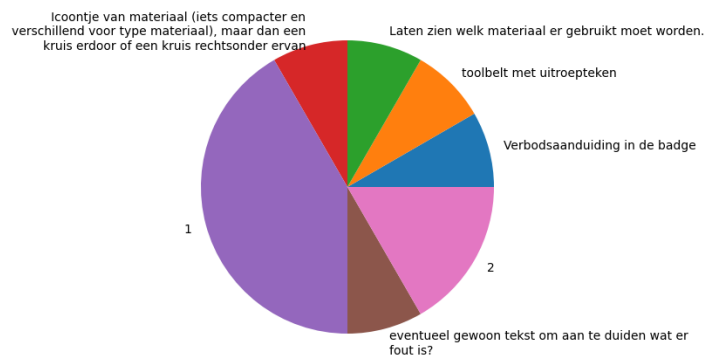
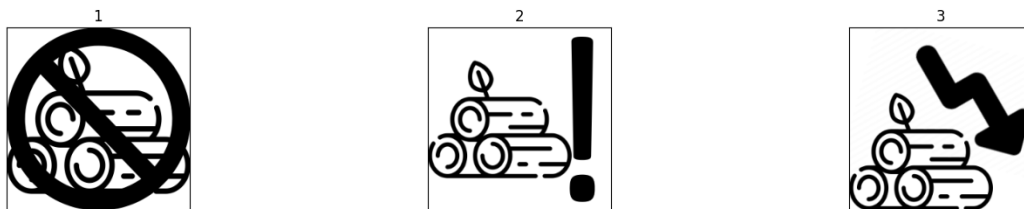
Bij het zesde icoontje (figuur 5.23) werd door alle deelnemers aangegeven dat het tandwiel het belangrijkste aspect is voor instellingen. Optie 3 werd het meeste gekozen met in totaal zes stemmen. In het algemeen werd de combinatie van het gereedschap met een tandwiel gezien als de optimale keuze aangezien dit icoontje met enkel deze twee dingen al de nodige informatie weer

Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker bepaalde voorzorgsmaatregelen moet nemen?



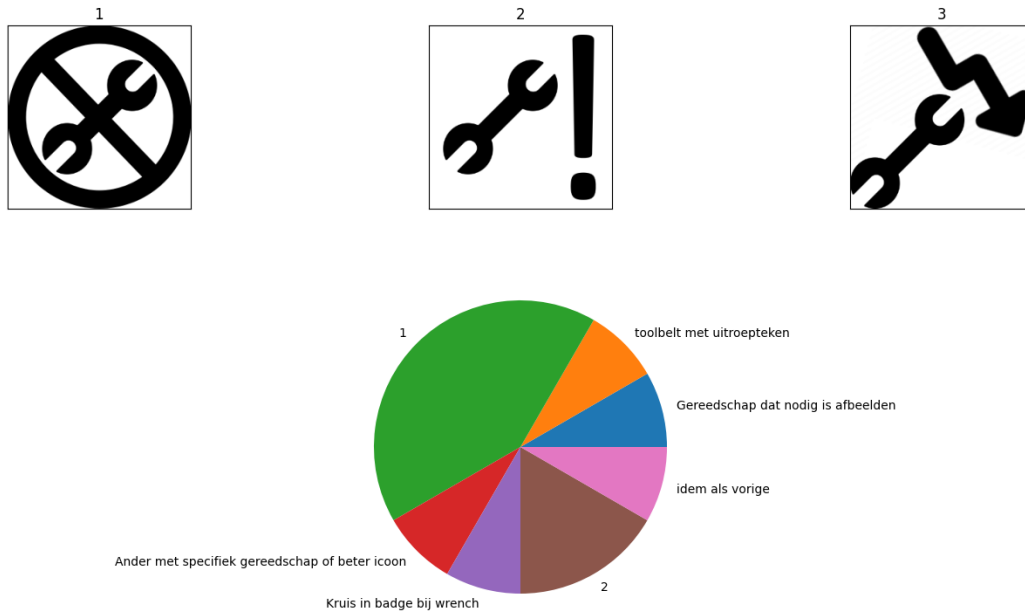
Figuur 5.20: Resultaten van de verification study voor situatieschets 3 met vraag: “Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker bepaalde voorzorgsmaatregelen moet nemen?”

Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker het verkeerde materiaal gebruikt?



Figuur 5.21: Resultaten van de verification study voor situatieschets 4 met vraag: “Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker het verkeerde materiaal gebruikt?”

Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker het verkeerde gereedschap gebruikt?



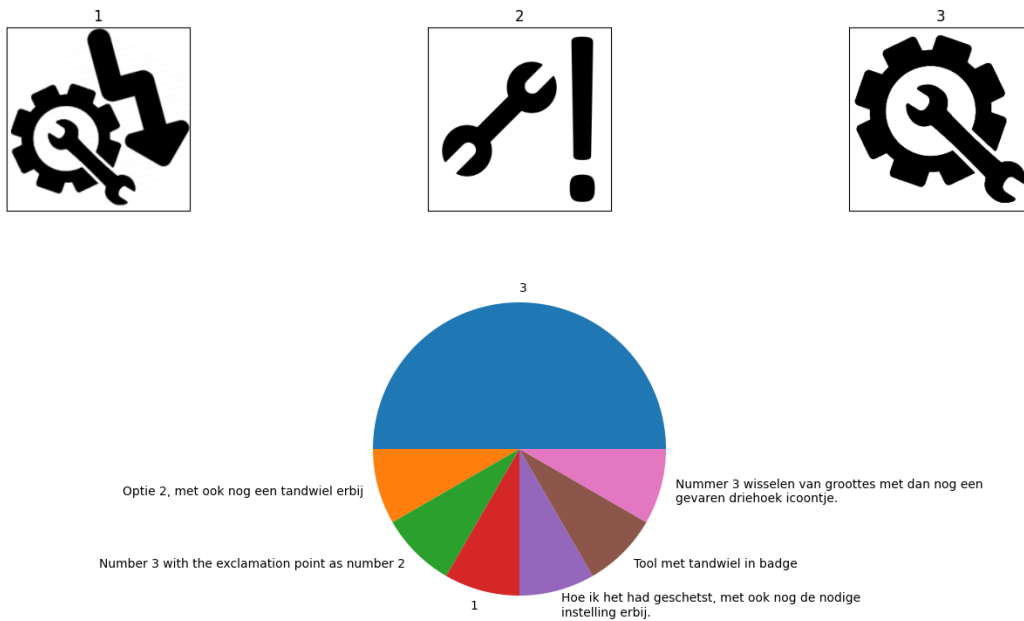
Figuur 5.22: Resultaten van de verification study voor situatieschets 5 met vraag: “Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker het verkeerde gereedschap gebruikt?”

kon geven. Twee deelnemers stelden wel voor om gereedschap en tandwiel binnen optie 3 om te draaien waardoor het tandwiel als soort van badge bij het gereedschap kan worden gebruikt. Een deelnemer merkte op dat een uitroepteken bij optie 3 nog een extra waarschuwend aspect geeft. Een deelnemer koos ook om nog een gevarendriehoek toe te voegen. Verder koos een enkele deelnemer voor optie 1, deze persoon vond dat de pijl erbij de boodschap nog duidelijker overbracht. Dit is binnen alle scenario’s waarin deze pijl voorkwam de enige keer dat er iemand voor gekozen heeft.

Bij het zevende icoontje (figuur 5.24) werd in tien gevallen voor optie 1 gekozen: de GHS-standaard voor ontploffingen. Deelnemers gaven dan ook aan dit standaard, klassiek, universeel en serieus te vinden. De wegvliegende scherven maken dit icoontje extra duidelijk. Een enkele deelnemer merkte echter op dit met minder detail weer te geven waardoor een eventuele animatie duidelijker zou zijn en waardoor de achtergrondkleur achter het icoontje ook beter zichtbaar zou zijn. Ook een andere deelnemer merkte op dat optie 1 en optie 2 te druk waren, terwijl drie duidelijk het gevaar aangeeft (alhoewel een eenvoudige explosie zoals in optie 1 ook duidelijk was). De twee deelnemers die voor optie 3 kozen, gaven aan deze optie gekozen te hebben omdat een bom volgens hen het beste aangeeft dat iets kan ontploffen. Een deelnemer die koos voor optie 1 gaf ook nog aan voor optie 3 te kiezen indien de bom geanimeerd kon worden tot een ontploffing. Deelnemers gaven in het algemeen aan dat optie 2 te veel informatie gaf en te druk, niet serieus en te specifiek was.

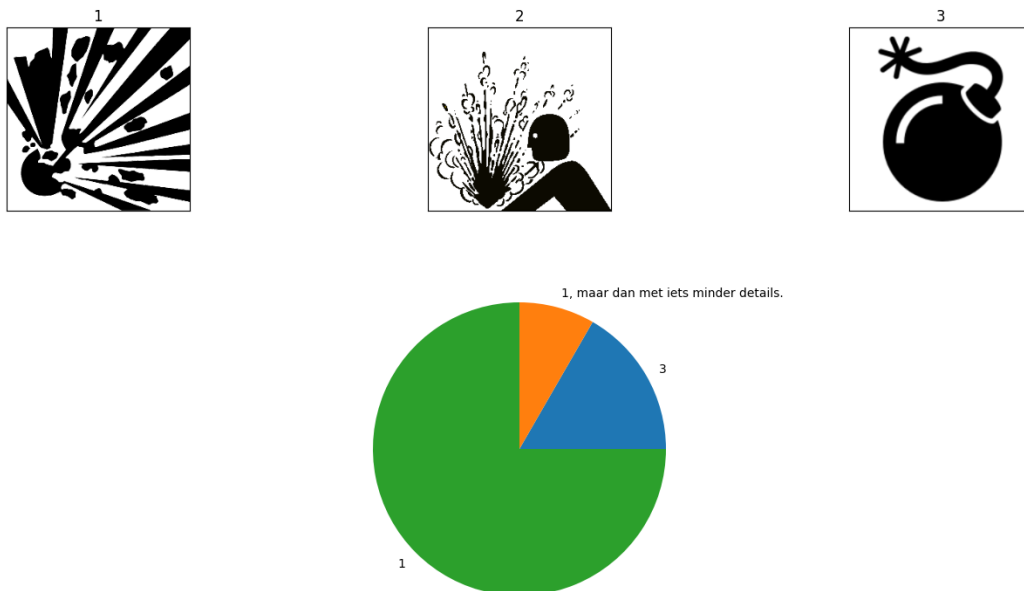
Bij het achtste icoontje (figuur 5.25) werd in zes gevallen gekozen voor optie 2. Deelnemers gaven aan dat deze standaard en universeel was en voor zich sprak. Optie 1 werd in vijf gevallen gekozen omdat deze net als bij het icoontje voor een gevaarlijke substantie het risico en de gevolgen voor de operator het beste uitdrukt. Optie 3 werd een enkele keer gekozen omdat de stroom in de hand de elektrocutie het beste weergaf en zo een hand ook bij veel meer waarschuwingen gebruikt wordt.

Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker het gereedschap verkeerd heeft ingesteld?



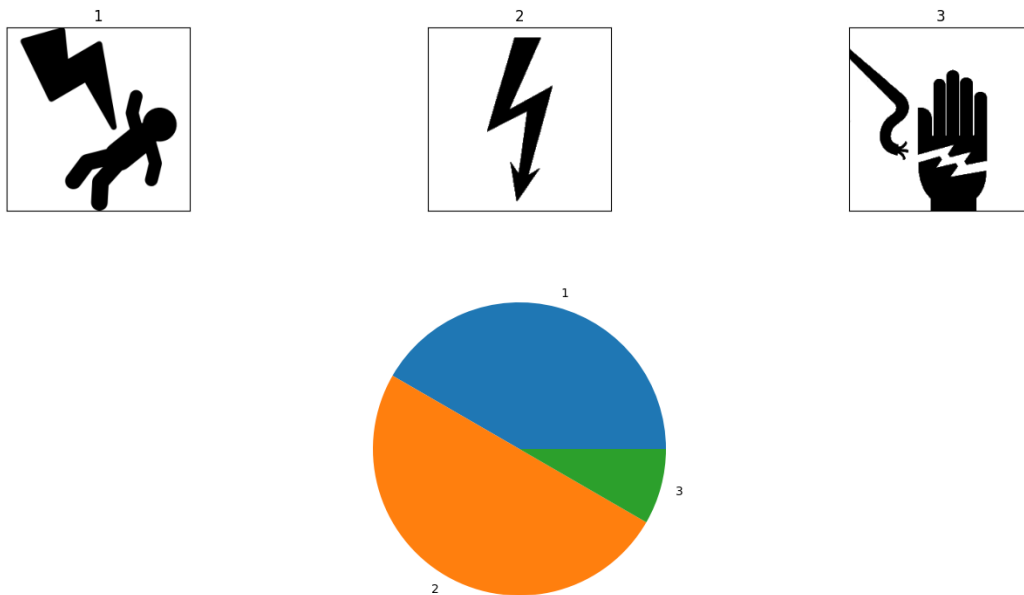
Figuur 5.23: Resultaten van de verification study voor situatieschets 6 met vraag: “Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker het gereedschap verkeerd heeft ingesteld?”

Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij risico op ontploffingen?



Figuur 5.24: Resultaten van de verification study voor situatieschets 7 met vraag: “Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij risico op ontploffingen?”

Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij risico op electrocutie?

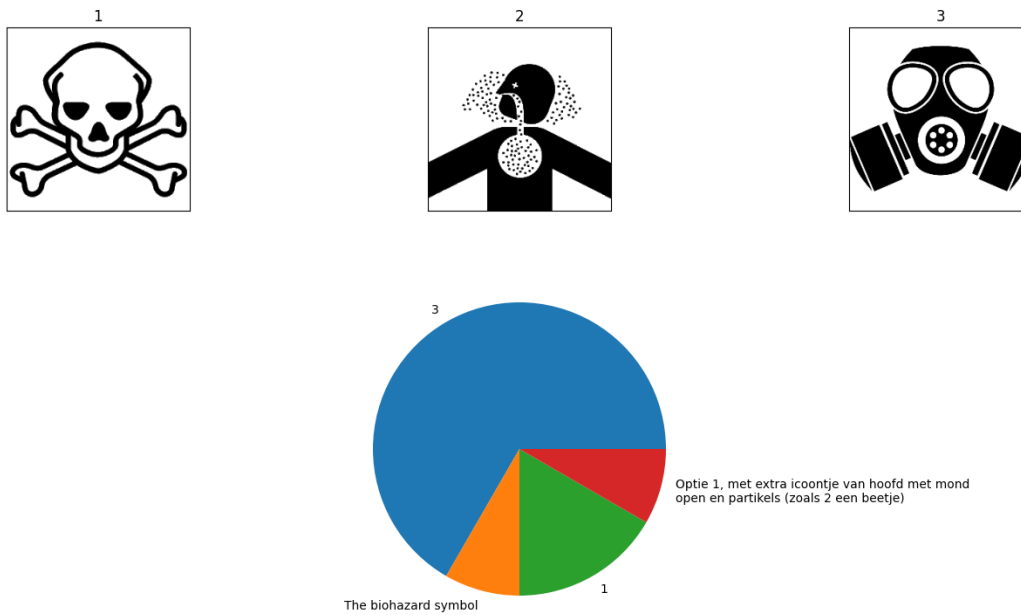


Figuur 5.25: Resultaten van de verification study voor situatieschets 8 met vraag: “Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij risico op electrocutie?”

Bij het negende icoontje (figuur 5.26) werd het meeste voor optie 3 gekozen, wel acht keer. Dit is gek genoeg niet de standaard in tegenstelling tot in vorige situaties waar altijd de standaard als meest gekozen werd. Dit icoontje was wel veruit de duidelijkste optie voor de deelnemers. Optie 1 gaf wel aan dat er algemeen gevaar is of er iets met gif aan de hand is, maar dit icoontje kan te breed geïnterpreteerd worden. Optie 2 gaf duidelijk de gevolgen weer en wat er mis kan gaan (de inademing), maar is bijlange niet zo duidelijk als optie 3. Een deelnemer merkte bijvoorbeeld op dat het zelfs als allergie kan geïnterpreteerd worden.

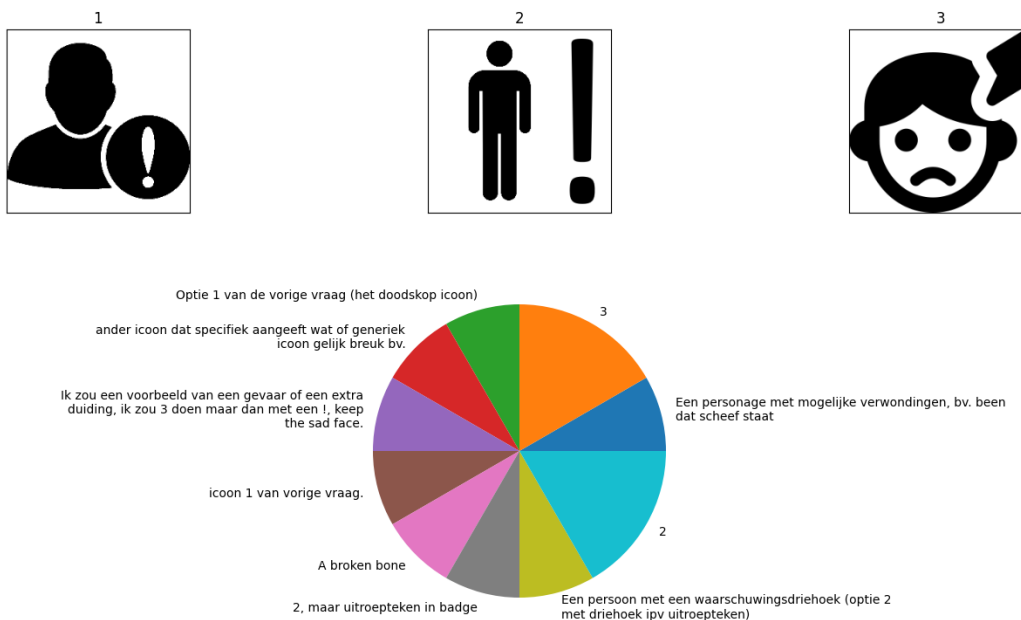
Het tiende en laatste icoontje (figuur 5.27) was ook het moeilijkste icoontje om te ontwerpen, zoals ook al bleek binnen de elicitation study. Deelnemers merkten op dat “algemeen risico” op “persoonlijk gevaar” te vaag was. Optie 2 werd uiteindelijk het meeste gekozen met vier stemmen omdat deze optie het minst onduidelijke was van de gegeven opties volgens de kiezers. Een deelnemer stelde wel voor het uitroepteken in de badge te tonen en een andere had liever een waarschuwingsdriehoek dan een uitroepteken. Optie 3 werd drie keer gekozen. Ook hier merkte een deelnemer op deze optie gekozen te hebben omdat het de beste keuze van de drie was. Een andere deelnemer vond dat de bliksem goed aangaf dat er problemen waren terwijl een andere deelnemer vermeldde liever een uitroepteken erbij te hebben. Ook hier stelden twee deelnemer voor om persoonlijk letsel uit te beelden door bijvoorbeeld een gebroken bot of been. Verder kozen twee deelnemers voor optie 1 uit de vorige vraag, namelijk de doodskop. Optie 1 werd door niemand ook maar overwogen, deze optie was te vaag en (nog) slechter dan de andere opties.

Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij risico op inademen van giftige gassen?



Figuur 5.26: Resultaten van de verification study voor situatieschets 9 met vraag: “Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij risico op inademen van giftige gassen?”

Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij een algemeen risico op gevaar tot een persoon?



Figuur 5.27: Resultaten van de verification study voor situatieschets 10 met vraag: “Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij een algemeen risico op gevaar tot een persoon?”

Discussie

Deze sectie zal voor elk scenario en/of situatieschets kijken welke soort icoontjes er typisch gebruikt werden en waarom, om zo te kunnen bepalen welke icoontjes te gebruiken.

Om een **volgende stap aan te kondigen** werd er typisch met een pijl naar rechts gewerkt. Ook het aangeven van de voortgang lijkt belangrijk. Indien er andere notifications zijn die te maken hebben met een volgende stap, is het belangrijk naast de boodschap over te brengen ook die stap aan te geven.

Bij het **gebruik van gereedschap** volstaat het om een minimalistisch icoontje van het soort gereedschap te laten zien. Het is niet nodig om voor elk individueel gereedschap een apart icoontje te hebben, een enkel icoontje voor bijvoorbeeld alles hamers is voldoende. Wel moet dit icoontje vergezeld worden van extra informatie over het materiaal. Zo moet er aangegeven worden of dit al dan niet een powertool is, welke afmetingen dit gereedschap heeft (kleine/grote hamer) en welke variant dit gereedschap is (kruisschroevendraaier, torx schroevendraaier, etc.). **Gebruik van materiaal** kan identiek als gebruik van gereedschap worden behandeld, alleen moet er dan ook nog gecommuniceerd worden hoeveel er nodig is van dit materiaal (1 plank, 6 schroeven). Wanneer men dan moet uitdrukken welk materiaal niet te gebruiken, lijkt het voldoende te zijn om dezelfde icoontjes te nemen (dus de icoontjes van het materiaal relevant aan de situatie) en hier een streep door te trekken. Wanneer een bepaalde **instelling van het gereedschap** gecommuniceerd moet worden, is het voldoende een tandwiel toe te voegen.

Om aan te geven dat er **risico is tot vergiftiging door giftig gas** was er redelijk wat one-nigheid tussen beide studies. Bij de elicitation study werd er typisch gewerkt met doodskoppen en groen, bewegend gas. Bij de verification study kreeg een gasmasker dan weer het overgrote merendeel van de stemmen. Dit was het enige icoontje waarvan een bekende standaard bestond en waar toch een minderheid voor de standaard heeft gekozen.

Bij situaties waarvoor een icoontje voor gevaar uit een bekende standaard bestaat, volstaat het typisch om het icoontje uit die standaard te gebruiken met uitzondering van giftig gas. Het persoonlijk aspect weergeven in zo'n icoontje kan nooit kwaad. Zowel bij de icoontjes voor **risico op elektrocutie en corrosie** als bij alle icoontjes rond **persoonlijk gevaar** werd er meermaals het effect van dit gevaar op een persoon gedemonstreerd. Voor een situatie waar persoonlijk gevaar de uiteindelijke dreiging is, lijkt het dus in het algemeen acceptabel om een tekening te maken van een persoon die dit gevaar ondergaat. Algemene icoontjes te maken met leed, zoals botbreuken, lijken ook duidelijk om de notie van persoonlijk gevaar over te brengen, maar niet precies welk gevaar.

Het scenario rond een **tijdkritische notification** gaf duidelijk de vraag naar minimalistische icoontjes aan. In beide studies werd hier gekozen voor een minimalistische, analoge klok. Hierbij was het ook opmerkelijk dat animaties niet enkel generiek voor een bepaald soort notification kunnen zijn, maar ook binnen de icoontjes gebruikt kunnen worden. Twee deelnemers gaven aan de analoge klok de effectieve tijd aan te laten geven en nog enkelen zetten de wijzers op 5 voor 12. Dit toont ook aan dat icoontjes niet statisch hoeven te zijn. Dit concept kwam ook aan bod bij het icoontje rond een **ontploffing**. Deelnemers zagen hier graag een geanimeerde explosie lijkend op het icoontje uit de GHS-standaard.

Binnen de studie deden zich nog enkele trends voor waar niet meteen naar gevraagd of gekeken werd, maar die toch belangrijk zijn te vermelden. De inkleuring van icoontjes sterk van deelnemer tot deelnemer veranderde. Indien de achtergrond volledig werd ingekleurd, werden zowel zwart als wit consistent gebruikt door de deelnemers (8 deelnemers gebruikten zwart en 4 gebruikten wit), alhoewel donkergrijs ook voorkwam bij een enkele deelnemer. Sommige deelnemers gaven icoontjes een bepaalde kleur, typisch wanneer ze verkozen geen achtergrond te gebruiken of wanneer ze een kleur belangrijk achtten binnen een bepaald scenario. Zo werd er bijvoorbeeld enkele keren groen gebruikt voor giftig gas en kregen waarschuwende badges met bijvoorbeeld kruisjes of uitroeptekens dikwijls een rode kleur.

Scenario	Animaties	Aantal
Aankondiging volgende stap	Pijl laten bewegen van links naar rechts	1
	Typewriter effect op puntjes in pijl	1
	Geanimeerde voetstappen	1
Gebruiken van een hamer	Een hand die naar de hamer toe gaat om deze op te pakken	1
	De hamer laten kloppen alsof deze een nagel inslaat	1
Risico op giftig gas	Het gas laten bewegen	3
	Een pulse toevoegen	1
Voorzorgsmaatregelen	Het scherm laten pulsen voor een doorklikmogelijkheid	2
	Een uitroepteken laten faden	1
	Een gevarendriehoek animeren door telkens de buitenlijnen cirkelvormig in-en uit te laten faden	1

Tabel 5.1: Animaties voor de informatieve scenario's binnen de elicitation study

Scenario	Animaties	Aantal
Verkeerde instelling gereedschap	Tandwiel laten draaien	1
Risico op gas	Gas laten bewegen naar boven	3
	Gas naar mond laten bewegen en dan kruis erdoor	1
	Pulse	3
Tijdskritische situatie	Pie klok	4
Verkeerde gereedschap	Pulse	2
	Kruisje erbij	1
Bijtend product	Hand naar bijtend product laten bewegen, dan een kruis erdoor	1
	Pulse	2

Tabel 5.2: Animaties voor de waarschuwende scenario's binnen de elicitation study

5.5.4 Animatie

In deze sectie zal er gekeken worden naar de gebruikte animaties binnen de elicitation study en verification study.

Elicitation study

Bij de elicitation study werden er vooral animaties gebruikt om de icoontjes gerelateerd aan de scenario's te animeren. Enkel bij het kritieke niveau werd er gebruik gemaakt van "generieke" animaties voor alle notifications binnen dat niveau.

De animaties van de icoontjes van de elicitation study binnen het informatieve niveau worden beschreven in tabel 5.1, die voor het waarschuwende niveau staan in tabel 5.2 en voor het kritieke niveau staan ze beschreven in tabel 5.3. Hierbij beschrijft de bovenste rij in de tabel ("Algemeen") de animaties die bij alle notifications in het kritieke niveau voorkwamen.

Scenario	Animaties	Aantal
Algemeen	Licht letsel: pulse/beweging, ernstig letsel: flash, levensbedreigend: beide	1
	Rode achtergrond ->icoontje ->icoontje laten in/uit faden	1
	Trek elke n seconden de aandacht van de gebruiker, voeg haptische trilling toe	1
	Pulse	1
	Pulse bij bodily harm	2
	Dingen laten in/uit faden	1
Verkeerde boor	Pulse	3
	Draaiend tandwiel	1
Risico op gas	Gas laten bewegen	3
	Flashende uitroeptekens	1
	Persoon laten wegllopen	1
	Pulse	1
Ontploffing	Ontploffing	2
	Flashende uitroeptekens	1
	Pulse	1
Persoonlijk gevaar	Pulse	3
Schade product	Pulse	1

Tabel 5.3: Animaties voor de kritieke scenario's binnen de elicitation study

Verification study

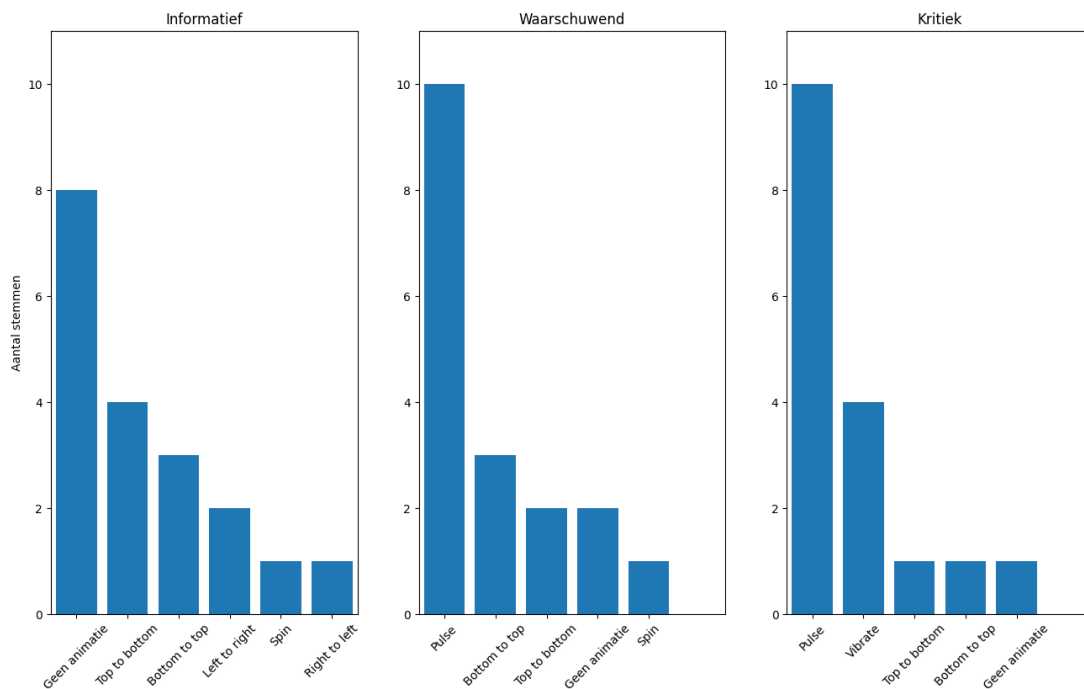
In de verification study werden deelnemers gevraagd om per niveau van dringendheid animaties te kiezen waarvan ze vonden dat deze een meerwaarde gaven aan de notifications. Ze konden zoveel animaties kiezen als ze zelf wilden, maar konden ook kiezen om geen toe te voegen.

De resultaten worden weergegeven in figuur 5.28. Hierbij zijn de meest gekozen animaties “geen animatie”, “pulse” en “pulse” voor respectievelijk het informatieve, waarschuwend en kritieke niveau. De informatieve notifications hebben het meest frequent nog een move-in animatie erbij, iets wat bij de andere niveaus alleen maar afneemt. Bij kritiek kwam de vibrate ook al meer voor en werd deze meerdere keren als positief beschreven tijdens het kiezen, al gaven deelnemers daar aan dat de animatie te extreem was en daarom ze hem toch niet kozen. Een relevante opmerking die meermaals terloops bij de deelnemers viel, is dat tekst in geen geval beïnvloed mag worden door animaties. Alle andere onderdelen van een notification mogen bewegen, maar tekst moet altijd leesbaar blijven. Merk op dat alle voorgedragen animaties een beweging van het geheel veroorzaakten.

Discussie

Iets wat meteen opvalt uit beide studies is dat globale animaties lijken af te hangen van hoe dringend een notification is. Bij het informatieve niveau koos niemand een globale animatie voor de elicitation study en was “geen animatie” ook veruit de meest populaire keuze uit de verification study. Bij het waarschuwend niveau kwam de “pulse” dan weer meer op bij de verification study, maar nog niet bij de elicitation study. Bij beide studies voor het kritieke niveau was “pulse” de meest voorkomende animatie.

Ook al was het niet het initiële opzet om de icoontjes te animeren, toch werd dit uiteindelijk het meeste gedaan tijdens de elicitation study. Bijna bij alle scenario's werden er animaties toegevoegd aan de icoontjes. Het is wel niet meteen duidelijk hoe dit geabstraheerd kan worden, maar er kunnen toch enkele grote lijnen in gezien worden. Wanneer iets in het echt beweegt of een richting aangeeft, kan een beweging die dit uitbeeldt in het icoontje een meerwaarde bieden. Ook foutieve acties worden wel eens aangegeven door hierbij kruisjes te animeren.



Figuur 5.28: Het aantal keer dat elke animatie werd gekozen binnen de verification study.

5.5.5 Concepten voor evoluerende notifications

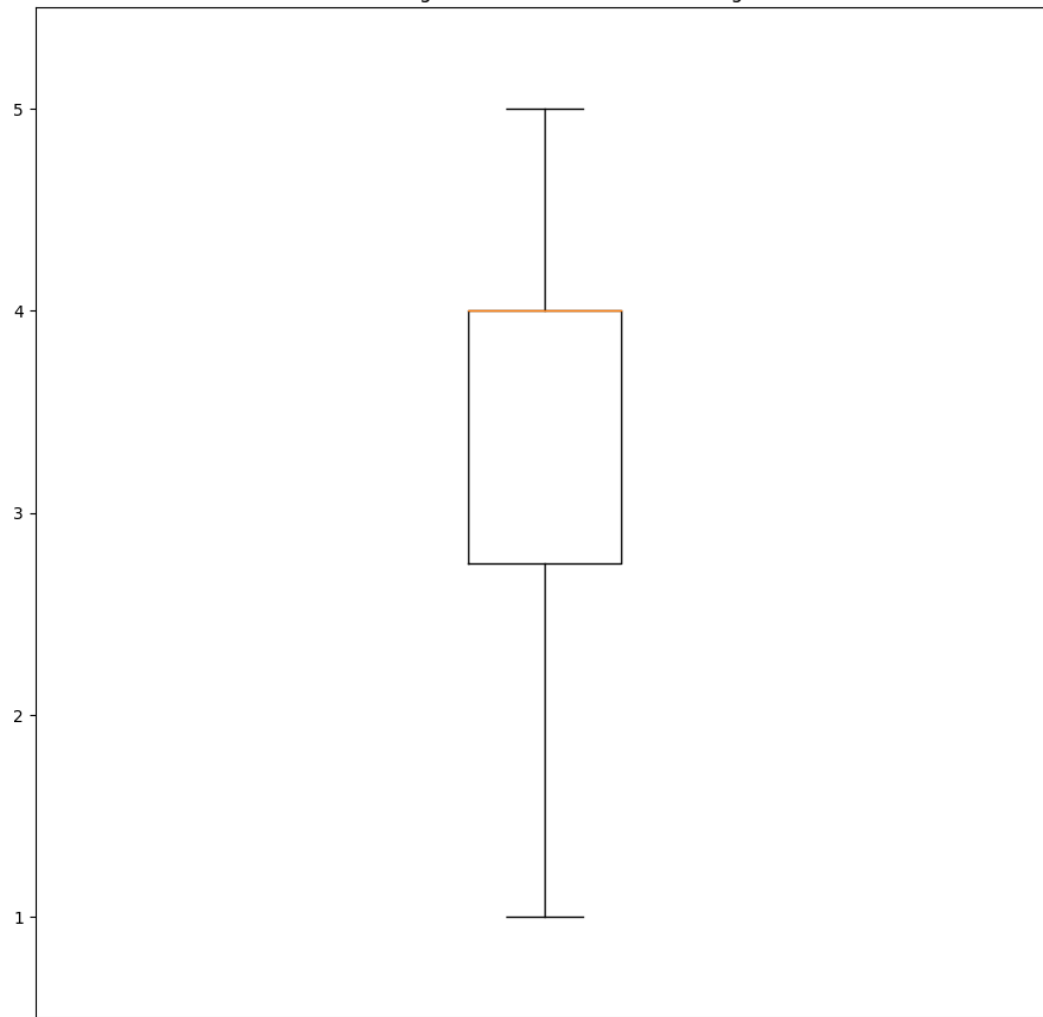
In deze sectie zullen de overige vragen uit de verification study behandeld worden. Deze vragen behandelen concepten in tegenstelling tot visuele elementen zoals in voorgaande onderdelen.

Het veranderen van een vorm om aan te geven dat een notification overgaat van waarschuwend tot kritiek.

Binnen deze vraag werd er gevraagd aan deelnemers of ze het duidelijk vonden wanneer het aantal hoeken van een veelhoek gebruikt werd als soort van timer die toelaat om subniveaus te creëren binnen de drie hoofdniveaus. Zo'n timer zou bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden wanneer een waarschuwende notification aankondigt dat er lijm aan het drogen is. Zolang de lijm droogt, gaat de notification dichter en dichter naar het kritieke niveau, wat dat zou betekenen is dat de lijm opgedroogd is. Specifiek in deze vraag zou de waarschuwende notification dan beginnen met een driehoek en om de zoveel tijd een extra hoek krijgen totdat de veelhoek uiteindelijk een achthoek wordt en overgaat in het kritieke niveau.

Ook al kreeg het idee van de evoluerende vorm in het algemeen een hoge rating, toch snapte niemand direct wat er met het concept bedoeld werd. Toen deelnemers eenmaal wisten wat het betekende, vonden ze het in het algemeen een goed idee. Deze vraag kreeg uiteindelijk een mediaan score van 4/5 zoals te zien is in figuur 5.29. Vier deelnemers stelden wel voor om de volgorde eventueel om te draaien en dus van achthoek naar driehoek te gaan. Dit omdat ze rondere vormen net als minder gevaarlijk beschouwden en een achthoek "ronder" is dan een driehoek. Deelnemers merkten ook op dat op die manier de notifications ook een duidelijk gedefinieerd eindpunt op drie hoeken hebben, en niet langer een onbepaald aantal hoeken dat maximaal is. Zes deelnemers merkten op dat het een nuttig concept is om voortgang tussen meerdere niveaus uit te drukken. Het veranderen van vormen zorgt volgens een deelnemer ook voor extra alertheid bij de operator en een andere persoon merkte op dat het nuttig is om een soort subcategorisatie te creëren tussen de drie hoofdniveaus.

Het veranderen van een vorm om aan te geven dat een notification overgaat van waarschuwend tot kritiek.



Figuur 5.29: Resultaten van de vraag of het veranderen van vorm om aan te geven dat de notification overgaat van waarschuwend tot kritiek nuttig is.

Door het groot leereffect is het misschien beter om geen evoluerende vorm te gebruiken. Een andere reden om het concept achterwege te laten is omdat mensen zoals gezien in sectie 5.5.2 vormen erg associëren met het niveau van dringendheid en deze informatie dan overal verloren zou gaan. Verder kreeg evolutie van kleur een nog hogere rating en is dit dus mogelijk een betere kandidaat.

Het evolueren van vorm om aan te geven dat een notification overgaat van waarschuwend tot kritiek geeft **geen** significante meerwaarde!

Een kleurovergang om aan te geven dat een notification overgaat van waarschuwend tot kritiek.

Hier was het de bedoeling te weten te komen of deelnemers het duidelijk vonden wanneer in plaats van het aantal hoeken te veranderen nu de inkleuring van de notification zou veranderen wanneer er gradueel zou overgegaan worden tussen twee niveaus.

Alle twaalf deelnemers vonden dit een duidelijke manier om aan te geven dat er van een niveau in een ander wordt overgegaan zoals weergegeven in figuur 5.30. Dit is echter alleen het geval indien er een duidelijk contrast is tussen de kleuren gedurende de interpolatie. Een lineaire interpolatie over x aantal tijd zal niet opvallen omdat de kleur met zo klein mogelijke stappen telkens overgaat in de volgende tint. Een nieuwe kleur tussen twee niveau's om de zoveel tijd zou een betere manier zijn om de kleurovergang weer te geven. Op deze manier zien de deelnemers om de zoveel tijd een expliciete wijziging binnen de notification wat ook voor extra alertheid kan zorgen.

Verder merkte een deelnemer op dat er rekening gehouden moest worden met de kleuren waar-tussen een overgang gemaakt wordt. Deze deelnemer had zelf blauw en oranje gekozen voor respectievelijk het informatieve en waarschuwende niveau. Een interpolatie tussen blauw en oranje zou volgens deze persoon echter een obscure kleur tussenin geven waardoor deze besliste om in het geval van kleurovergang geel te gebruiken voor het informatieve niveau.

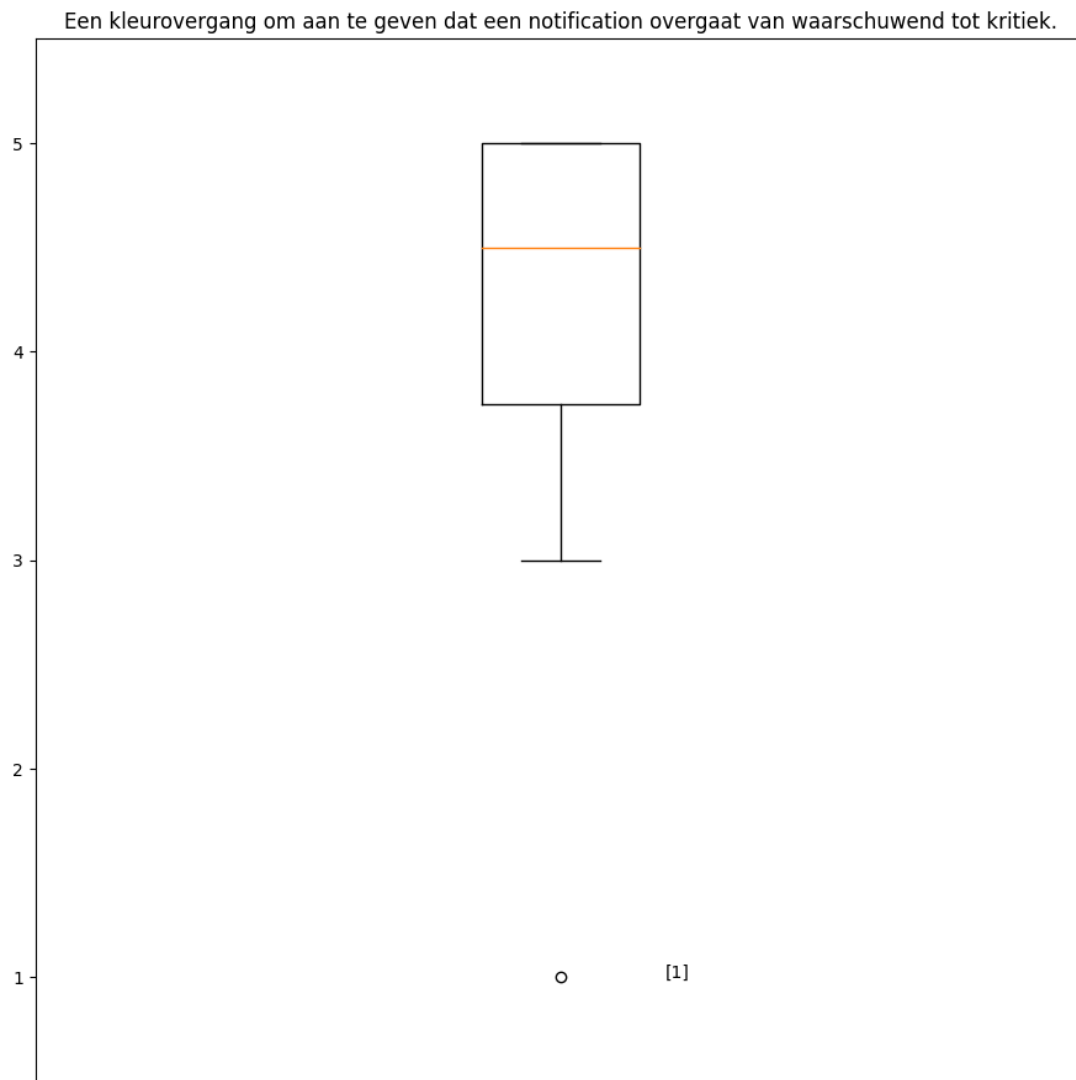
Een kleurovergang om aan te geven dat een notification overgaat van waarschuwend tot kritiek geeft **wel** een significante meerwaarde!

Een pulse om aan te geven dat het niveau van dringendheid omhoog gaat.

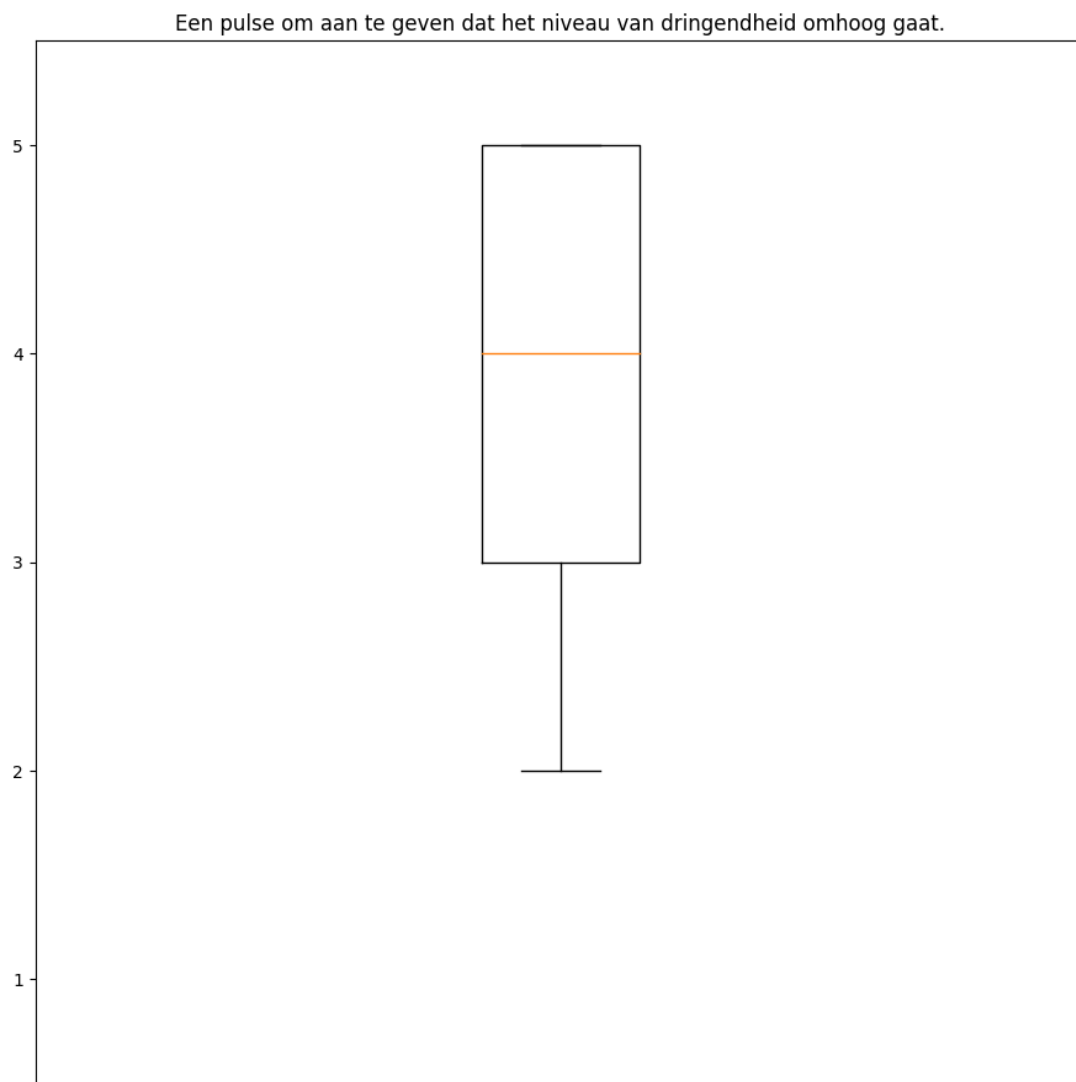
Deze vraag ging na of het behulpzaam zou zijn wanneer er een pulse werd toegevoegd telkens het niveau van dringendheid omhoog ging. Dit kan worden vergeleken met de situatie waarbij een veelhoek meerdere hoeken krijgt, maar telkens wanneer er een nieuwe hoek komt, komt er nu een pulse in de plaats.

De resultaten van deze vraag worden getoond in figuur 5.31. Deelnemers vonden dit in het algemeen wel duidelijk, maar het grootste punt van kritiek was dat de notifications dan niet langer voortgang weergaven. Er is niet langer een concrete voortgang aanwezig die op elk moment kan worden geïnterpreteerd zoals dat het geval was bij kleur en vorm. Bovendien is de pulse ook maar een enkele keer zichtbaar en is het ook mogelijk om deze te missen. Waar de pulse wel schittert, is wanneer deze wordt gecombineerd met andere concepten, zoals de evolutie in vorm en kleur. Een pulse is namelijk een goede manier om de operator alert te houden en om de aandacht te trekken.

Een pulse om aan te geven dat het niveau van dringendheid omhoog gaat geeft **wel** een significante meerwaarde!

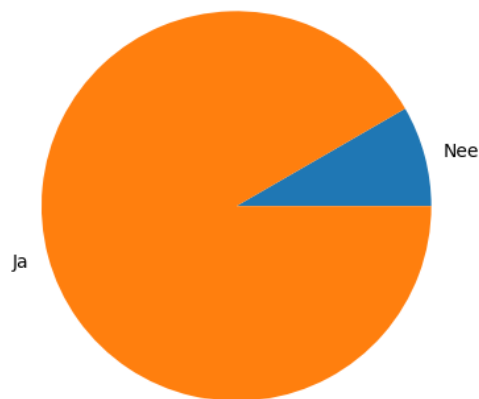


Figuur 5.30: Resultaten van de vraag of het veranderen van kleur om aan te geven dat de notification overgaat van waarschuwend tot kritiek nuttig is.



Figuur 5.31: Resultaten van de vraag of een pulse nuttig is om aan te geven dat het niveau van dringendheid omhoog gaat.

Het opdrijven van de snelheid van andere animaties naargelang de notification dringender wordt.



Figuur 5.32: Resultaten van de vraag of het opdrijven van de snelheid van andere animaties naargelang de notification dringender wordt nuttig is.

Het opdrijven van de snelheid van andere animaties naargelang de notification dringender wordt.

Hierbij was het idee dat de snelheid van de voorgaande drie concepten werd opgedreven naargelang ze dichterbij het volgende niveau kwamen. Concreet betekent dit dat er telkens minder tijd zit tussen de concrete stappen naargelang de voortgang vordert: minder tijd tussen veranderende vormen, versnellende kleurovergangen en alsmaar snellere pulses.

Elf deelnemers vonden dit een goed idee zoals te zien is in figuur 5.32. Slechts een enkele persoon dus niet. Hierbij merkte een deelnemer wel op liever een lineaire schaal gehad te hebben zoals bij de vorige drie vragen.

Het opdrijven van de snelheid van andere animaties naargelang de notification dringender wordt geeft **wel** een significante meerwaarde!

Opmerkingen

Als allerlaatste vraag werden deelnemers gevraagd of ze nog opmerkingen hadden. Dit konden opmerkingen zijn op alles wat in de studie behandeld werd of op de studie zelf. Omdat deze studie zich enkel focuste op het visuele aspect, maar haptische en auditieve feedback ook frequent gebruikte aspecten zijn van notifications, werd hier expliciet naar gevraagd.

Acht deelnemers gaven aan dat ze haptische feedback een meerwaarde vinden hebben in de vorm van trillingen in de smartwatch. Een deelnemer had dit ook al opgenomen in de elicitation study. Ook bij haptische feedback gaven enkele deelnemers aan hier gradaties in te maken. Trillingen krijgen bijvoorbeeld hogere frequentie en intensiteit naargelang het niveau van dringendheid omhoog gaat. Van subtiel binnen het informatieve niveau tot eerder storend bij het kritieke niveau.

Zes deelnemers zeiden dat geluid een meerwaarde zou hebben, maar dat dit wel afhankelijk was van de situatie waarin de operator zich bevond. In het geval er meerdere operators in eenzelfde ruimte werken, kan dit al snel leiden tot een kakofonie van geluid en verliest het auditieve aspect zijn meerwaarde. Ook stelden deelnemers dat het altijd mogelijk is dat een geluid niet gehoord wordt, maar dit is uiteraard ook het geval voor visuele elementen die niet gezien worden of haptische elementen die niet gevoeld worden. Bij geluiden zouden er ook gradaties kunnen worden geïntroduceerd afhankelijk van de niveaus. Geluiden worden

bijvoorbeeld scherper en sneller naargelang het niveau omhoog gaat, met een rustig geluid binnen informatieve notifications en een alarm bij kritieke notifications.

5.5.6 Algemene opmerkingen over de studie

Deze sectie zal dienen om algemene opmerkingen, trends en kritiek op de inhoud en het verloop van de studie te communiceren. Hierbij komen zowel opmerkingen en ideeën van de deelnemers aan bod als een zelfreflectie op enkele aspecten van de studie.

Vormgeving van de studie

Zoals aangegeven in het stappenplan beschreven in sectie 5.2.2 werden alle deelnemers gevraagd in het eerste scenario dat ze te zien krijgen te beginnen met enkel vorm en kleur. Elke deelnemer zonder uitzondering begon meteen met het tekenen van icoontjes op een gekleurde achtergrond. Het leek wel alsof de deelnemers eerst hun eigen framework wouden creëren alvorens ze echt naar de scenario's apart gingen kijken. Zelfs nadat hen getoond werd wat er bedoeld werd met vormen door een selectie primitieven te laten zien zoals aangeboden binnen Microsoft PowerPoint en zelfs nadat ze vroegen dit menu open te laten staan voor verdere inspiratie, begonnen ze meteen deze figuren te hanteren als icoontjes waaraan de kleur dan al dan niet werd toegevoegd.

Hierop werd er een kleine wijziging aangebracht binnen het verloop van de studie: wanneer deelnemers de “vorm en kleur” interpreteren als “al dan niet ingekleurd icoontje” dan wordt hen na het eerste niveau voltooid te hebben gevraagd of ze ook een achtergrond willen toevoegen aan hun icoontjes of ze dit zien alsof de icoontjes op een leeg canvas staan. In alle gevallen loste dit het probleem op en werden de gewenste parameters bekomen, al kon het wel zijn dat de deelnemers simpelweg kozen de achtergrond in te kleuren in plaats van hier een vorm voor te gebruiken. Dit leidt tot de vele cirkels die gezien werden binnen de elicitation study rond vorm in sectie 5.5.2. Het lijkt dus dat het niet natuurlijk is om gewoon een vorm en kleur te associëren met een bepaald niveau van dringendheid zonder te kijken naar de inhoud van dat scenario.

Situatieschetsen doorheen de niveaus

Ook al werd duidelijk gemaakt dat elke situatie in principe op elk niveau kon voorkomen, toch vonden deelnemers dit niet altijd natuurlijk. In het geval van het giftig gas werd steeds gevraagd hoe dit ook informatief kon zijn. Hierop werd hen dan opnieuw verteld wat er in de introductie van de studie stond, namelijk dat het informatieve niveau diende om te informeren zonder enige dringendheid en hierbij de operator dus te weten kwam dat er gas gebruikt ging worden in de nabije toekomst. Het waarschuwendende niveau zou dan uitdrukken dat de gebruiker gewaar moet zijn dat er gas gebruikt gaat worden en bijvoorbeeld een gasmasker moet opzetten. Bij het kritieke niveau moet er meteen actie ondernomen worden en is het gas bijvoorbeeld aan het ontsnappen zonder dat de operator een gasmasker op heeft staan. Bij een enkele deelnemer werd er bij dit scenario zelfs dezelfde kleur gebruikt als binnen het volledige kritieke scenario. Ook kwamen bij dit scenario soms secundaire icoontjes zoals badges kijken zoals een uitroepteken of gevarendriehoek. Deze badges waren al dan niet in het rood.

Parallel met het verkeer

Zoals eerder al werd aangegeven in de discussies van vorm en kleur, werd er door deelnemers meermaals een analogie met het verkeer gemaakt. Het verkeer blijkt toch een zekere overeenkomst te hebben met notifications binnen smartwatches. Eerder in de design space in hoofdstuk 4.3 werd er ook meermaals een sectie uit een aspect van het verkeer opgebouwd. De opmerkingen van de deelnemers waren dan ook in lijn met de bevindingen uit sectie 4.1.1.

Deze vergelijking met het verkeer is ook niet ongezien in de literatuur en werd zelfs al gemaakt binnen een operator-context [Wallmyr et al., 2019]. In hun paper evalueren ze hoe visuele

aanwijzingen die via mixed reality-displays worden ingezet, de informatieverwerking en het situationeel bewustzijn van bestuurders van zware voertuigen kunnen beïnvloeden. Hierbij ontworpen ze een visueel waarschuwingssysteem om gebruiker te helpen bij het uitvoeren van een toegewezen taak in de baan en om de gebruiker te ondersteunen bij het detecteren van gevaren. Dit systeem bestond uit eenvoudige grafische figuren die op een display werden weergegeven. Het gekozen ontwerp van de symbolen was bedoeld om op natuurlijke wijze herkenbaar te zijn voor de gebruiker, door bekende veelhoekige vormen te gebruiken die lijken op verkeersborden. Ze stellen ook nog dat ze niet zeker zijn of deze veronderstelling in deze context succesvol was, aangezien het doel van het onderzoek was om de verschillende plaatsing van informatie te evalueren in plaats van het ontwerp ervan.

Generieke scenario's

“Persoonlijk gevaar” was voor deelnemers de moeilijkste notification om te ontwerpen binnen de volledige studie omdat dit een heel generiek scenario was. Hierbij werd het icoontje ook op de meest uiteenlopende manieren getekend: van algemene representaties zoals uitroeptekens of doodskoppen tot concrete representaties zoals een persoon met een gebroken been en een afbeelding van het letsel in kwestie.

Tutorial modus

Deelnemers die hiernaar werden gevraagd of dit zelf aangaven zeiden dat het zinvol is om een onderscheid te maken tussen “beginners” en “gevoorderden” door gebruik te maken van een “tutorial” modus en een gevorderde modus. Dit idee was afkomstig van de vijfde deelnemer. Enkele deelnemers die hierna kwamen, kozen soms om heel specifiek voor ofwel gevorderde ofwel beginnende operators notifications te ontwerpen. Dit beïnvloedde hun keuzes dan bijvoorbeeld bij het gebruik van icoontjes, waarbij ze weigerden icoontjes te gebruiken omdat het zou kunnen dat beginners dit niet konden begrijpen. Er werd hen dan het concept van de tutorial modus uitgelegd als oplossing voor dit probleem en om hen te overtuigen toch icoontjes te tekenen zoals eigenlijk de bedoeling was binnen het scenario. Hiermee gingen allen die hierachter gevraagd werden akkoord.

Deelnemers kozen typisch om tekst al dan niet in combinatie met icoontjes te gebruiken wanneer de operator een beginner was met de bedoeling dat de beginner dan altijd wist wat een bepaalde notification betekende. Wanneer de operator meer gevorderd is, kan deze kiezen om de tekst uit te zetten en alleen te werken met icoontjes. Op deze manier heeft de operator dan een minder druk display.

Informer en assisteren

Twee deelnemers vonden dat het belangrijk was om altijd naast informatie over te brengen bij kritieke notifications ook een oplossing te geven zodat de operator niet alleen wist wat het probleem was, maar ook hoe dit aangepakt moest worden. Bijvoorbeeld bij risico op giftig gas zou er niet enkel een notification moeten komen die zegt dat er gas is, maar moet het systeem ook een oplossing aanbieden (e.g. zet gas uit, doe gasmasker aan). Ook bij een scenario rond het nemen of instellen van gereedschap of materiaal moet er ook overgebracht worden wat het gereedschap of materiaal in kwestie is, hoe het ingesteld moet worden en hoeveel er van nodig is.

Merkwaardige voorvallen

Binnen de studie kwamen er enkele bijkomende, interessante concepten naar boven die niet meteen onder een andere sectie kunnen worden thuisgebracht. Deze sectie zal deze rol innemen. Deze concepten kwamen voor een of andere reden altijd voor bij precies twee deelnemers, maar niet altijd dezelfde twee.

- Twee deelnemers kozen er initieel voor geen achtergrondkleur en vorm te gebruiken en in de plaats daarvan te werken met kleurrijke tekeningen. Dit zijn ook de deelnemers die geen consistent eigen framework gebruikten.
- Twee deelnemers hadden graag permanent een klok in zicht omdat de primaire functie van een smartwatch nog altijd de tijd aantonen is.
- Twee deelnemers hadden graag permanent hun voortgang in zicht. Ze deden dit door...
 - Te werken met een ronde progressbar tegen de rand van de smartwatch waarin het aantal ingekleurde bolletjes overeenkwam met het aantal afgelegde stappen.
 - Rechtsboven in de notification tekstueel aan te geven hoeveel stappen er al voltooid waren, zoals “8/12”.
- Twee deelnemers gebruikten rechthoeken voor alle notifications van alle niveau’s.
- Twee deelnemers gebruikten infill als extra indicatie dat het niveau omhoog ging. Ze deden dit als volgt:
 - Geen border of inkleuring → enkel border → volledig ingekleurd.
 - Enkel rechthoekige border → ingekleurde rechthoek → alles ingekleurd, behalve rechthoek.
- Twee deelnemers gebruikten inconsistente kleuren binnen het niveau dat ze als eerste tekenden, terwijl al de andere deelnemers overal dezelfde kleur gebruikten binnen hetzelfde niveau. Een van de twee besloot na alle scenario’s afgerond te hebben wel om de kleur uniform te maken na gevraagd te worden waarom dit enkel bij dit niveau gebeurde.

5.6 ChatGPT exploratie

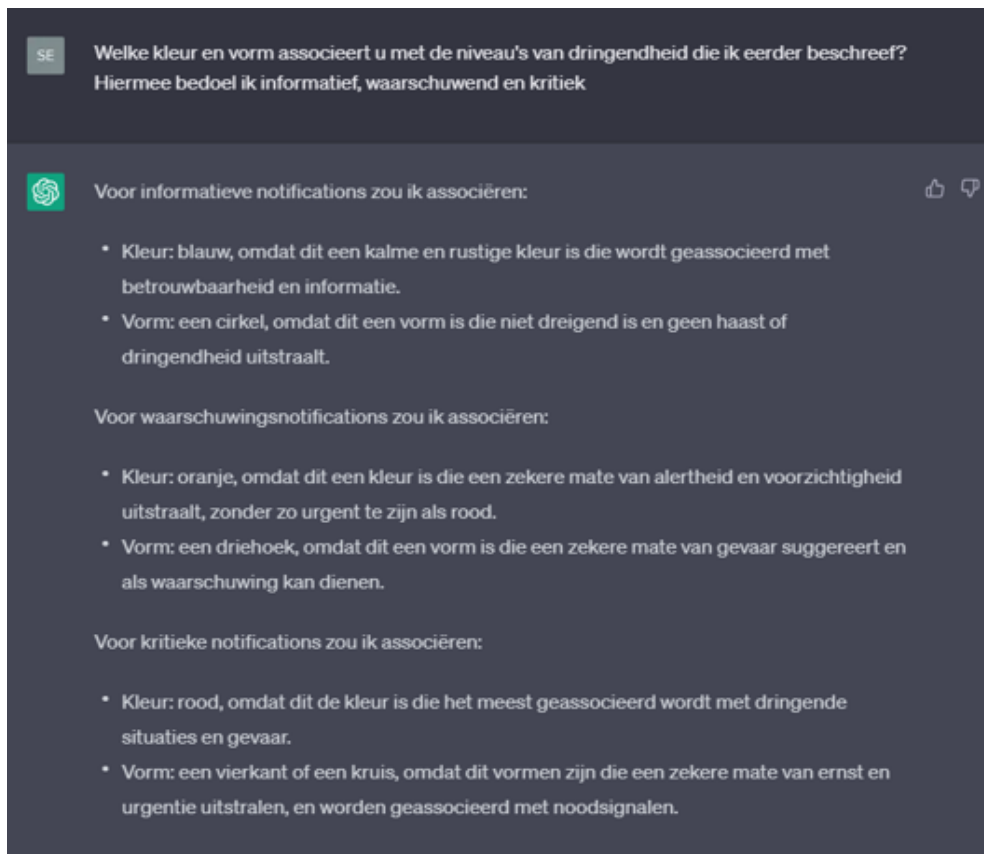
In de hoop interessante, bijkomende input te verkrijgen, werd de studie ook uitgevoerd met ChatGPT. De volledige studie van begin tot einde uitvoeren zoals ook gedaan met de menselijke deelnemers was echter niet mogelijk. ChatGPT was telkens de context kwijt eens het stappenplan zoals uitgelegd in sectie 5.2.2 overlopen was. ChatGPT snapte niet altijd meteen de opzet van de studie, waardoor bijvragen het traject en de context verstoren. Binnen het stappenplan wordt er voortdurend geïtereerd over de visuele elementen binnen dezelfde 5 scenario’s en dit ging moeizaam. ChatGPT wist niet altijd meer naar welke scenario’s of niveau’s verwezen werd. Wanneer bijvoorbeeld kleur en vorm achter de rug waren en er gevraagd werd naar icoontjes binnen de voorheen genoemde scenario’s, dan maakte ChatGPT 5 nieuwe scenario’s die nergens genoemd werden. Ook waren resultaten vrij inconsistent. Twee keer dezelfde vraag stellen kon leiden tot compleet andere antwoorden voor eenzelfde scenario. Ook gaven verschillende scenario’s binnen eenzelfde niveau voortdurend volledig verschillende kleuren en vormen wat het onmogelijk maakt om een zinvolle conclusie te trekken. De notifications werden bovendien precies enkel op de verhalen binnen de scenario’s gebaseerd en niet op het niveau waarin dit scenario zich afspeelde.

Om deze reden werd de studie lichtjes anders ingedeeld. ChatGPT werd gevraagd welke kleur en welke vorm best met de niveaus geassocieerd kon worden. In plaats van dit per scenario te doen. Hierna werd ChatGPT gevraagd hoe de voorgaande antwoorden met betrekking tot kleur en vorm zouden veranderen nu er ook icoontjes aan toegevoegd moesten worden. Hierna

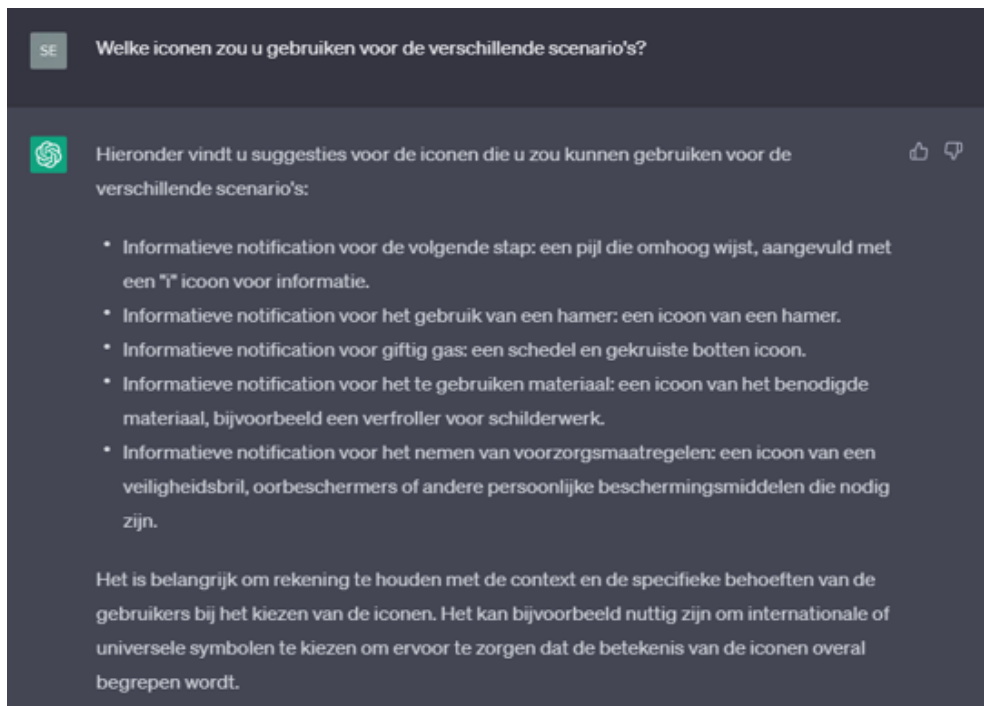
werd dan voor alle scenario's van een bepaald niveau gevraagd welk icoon hiermee geassocieerd kon worden. Als laatste werd ChatGPT gevraagd hoe om te gaan met animaties.

De vragen en antwoorden rond kleur en vorm zijn te zien in figuur 5.33. De icoontjes die ChatGPT koos, worden beschreven in figuren 5.34, 5.35 en 5.36. De ideeën rond animaties werden uit meerdere vragen verkregen, waardoor deze moeilijk in een enkele figuur te bundelen waren. Samengevat gaf ChatGPT de volgende input over animaties:

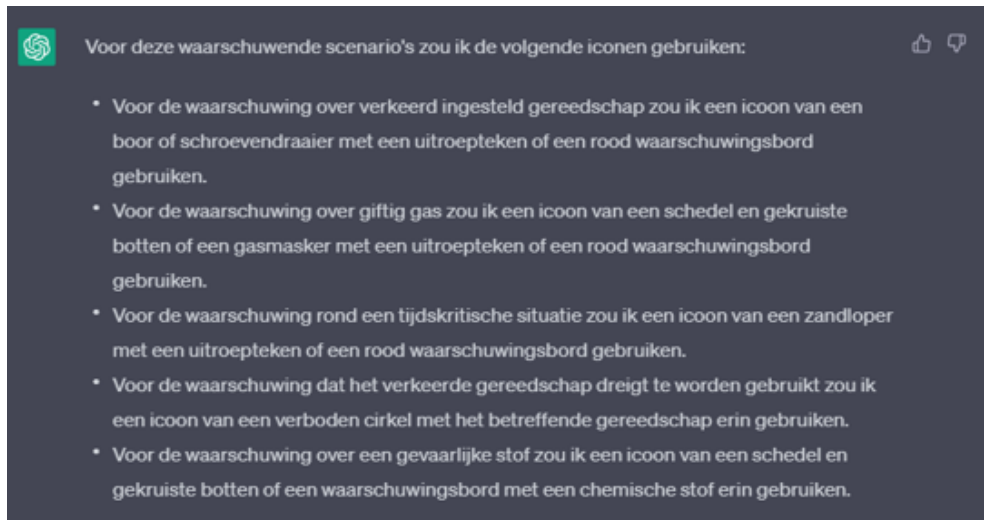
- Gebruik subtiele overgangen om het visuele effect van de notifications te versterken zonder te overdrijven. In het bijzonder:
 - Informatief: fade in/out.
 - Waarschuwend: een lichte trilling of een knipperend effect om de urgentie van de situatie te benadrukken.
 - Kritiek: een meer opvallende en mogelijk luidere waarschuwingsmelding toevoegen die ook de aandacht van de gebruiker zal trekken.
- Animaties kunnen bijvoorbeeld nuttig zijn in situaties waarbij er meerdere meldingen snel achter elkaar worden weergegeven, of wanneer een notification van het ene niveau naar het andere gaat. In het bijzonder:
 - Informatief: geen animaties: notifications vereisen geen acties. Het enige wat men eventueel kan doen is subtiel bewegen of oplichten.
 - Waarschuwend: aandacht van de gebruiker trekken door knippen of schudden.
 - Kritiek: hier moeten notifications duidelijk en opvallend zijn, de operator moet overtuigd zijn van de ernst van de situatie.



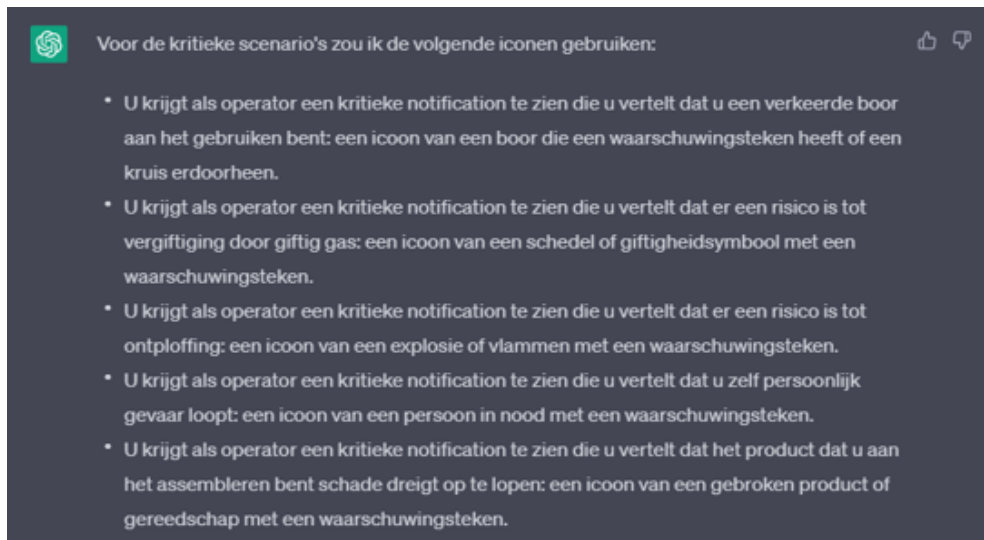
Figuur 5.33: De keuzes van ChatGPT rond het gebruik van kleur en vorm voor de verschillende niveaus.



Figuur 5.34: De keuzes van ChatGPT rond het gebruik van icoontjes binnen de informatieve scenario's.



Figuur 5.35: De keuzes van ChatGPT rond het gebruik van icoontjes binnen de waarschuwende scenario's.



Figuur 5.36: De keuzes van ChatGPT rond het gebruik van icoontjes binnen de kritieke scenario's.

Hoofdstuk 6

Design guidelines en framework voor smartwatch notifications

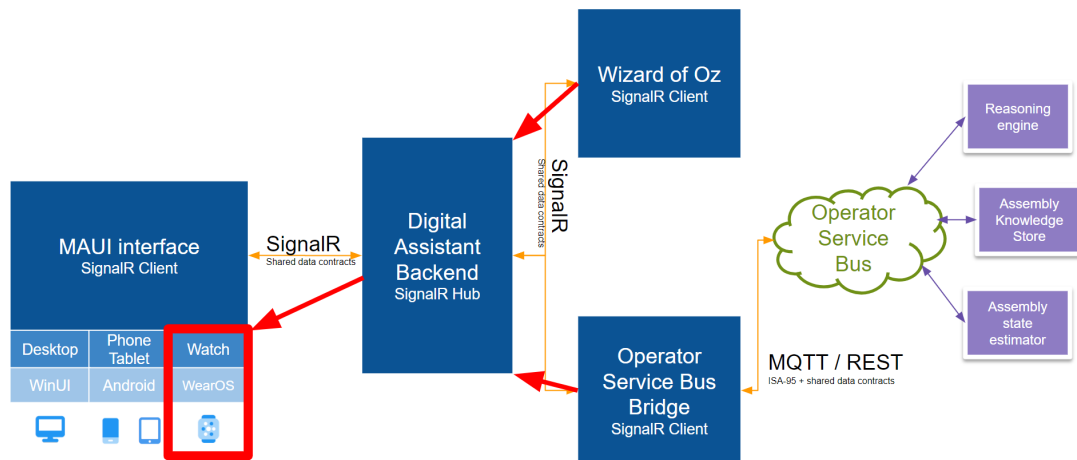
In hoofdstuk 4 werd een design space uitgewerkt voor notifications op smartwatches. Gebruik makend van deze design space werd in hoofdstuk 5 een studie uitgevoerd om tot een informed design te komen. Op basis van de design space en de vele interessante resultaten en bevindingen uit de studie, zullen in dit afsluitende hoofdstuk enerzijds de design guidelines voor smartwatch notifications en anderzijds de implementatie ervan binnen OperatorAssist beschreven worden. Eerst wordt een inleiding tot de codebase en structuur van OperatorAssist gegeven alsook de API van het gerealiseerde framework. Vervolgens komen enkele design guidelines voor het maken van smartwatch notifications voor smartwatches. Als laatste wordt gekeken hoe de notifications finaal gedesignd en geïmplementeerd werden binnen OperatorAssist.

6.1 Integratie van smartwatch notifications binnen OperatorAssist

In deze sectie zal besproken worden welke relevante technologieën gebruikt worden binnen de implementatie van OperatorAssist. Eerst zal er kort gekeken worden naar het gebruikte framework waar OperatorAssist op draait: .NET MAUI. Vervolgens zal er een overzicht volgen van het eigen geconstrueerde framework voor notifications, zoals dat binnen OperatorAssist werd geïmplementeerd.

6.1.1 MAUI

De UI-toolbox die EDM ontwikkelt binnen OperatorAssist is geschreven in C# en maakt gebruik van het gloednieuwe .NET MAUI framework van Microsoft [Britch et al., 2023]. MAUI is een cross-platform framework om native mobiele en desktop apps te maken met behulp van C# en XAML. Met MAUI is het mogelijk applicaties te ontwikkelen die werken op Android, iOS, macOS en Windows vanuit een enkele, gedeelde codebase. MAUI is de opvolger van Xamarin.Forms en heeft veel overeenkomsten hiermee. Een grote verandering binnen MAUI is dat het nog steeds mogelijk is om te werken met een enkel project, maar dat het ook mogelijk is om platformspecifieke code toe te voegen, waardoor elk aspect van een specifiek platform toch nog gebruikt kan worden. Een van de belangrijkste doelen van .NET MAUI is om zoveel mogelijk van de app-logica en de UI-layout te implementeren in één codebase. MAUI verenigt Android, iOS, macOS en Windows API's in één API, waardoor een "write once, run anywhere"-principe mogelijk is. Door de multimodale karakter van OperatorAssist is MAUI een geschikte kandidaat. De smartwatch waarvoor de notifications gemaakt worden, maakt gebruik van Android en kan dus ook binnen dezelfde codebase geïntegreerd worden.



Figuur 6.1: Een conceptueel overzicht van OperatorAssist. Links worden de MAUI interfaces getoond. Dit zijn de clients waarmee een gebruiker zal werken. Deze MAUI interfaces kunnen communiceren met een backend, die op zijn beurt via de operator service bus kan communiceren met de achterliggende componenten die ontwikkeld worden door de andere partners in het OperatorAssist project. Via de Wizard of Oz kunnen deze achterliggende componenten ook gesimuleerd worden. In het rood staat aangegeven wat er relevant is binnen het gebruik van smartwatch notifications.

6.1.2 Notification framework

In deze sectie zal er gekeken worden waar en hoe het framework voor notifications geïmplementeerd werd binnen OperatorAssist. Eerst zal de locatie in de codebase getoond worden, vervolgens volgt een beschrijving van de werking en structuur van het framework, alsook een bespreking van de API van het scherm waarop notifications getoond worden.

Integratie in OperatorAssist codebase

Het framework voor notifications werd geïmplementeerd in een aparte MAUI ContentPage die enkel op smartwatches kan gerund worden. Conceptueel is het geplaatst in het rode kader in figuur 6.1. De smartwatch kan signalen krijgen via het SignalR netwerk in de backend. Zo'n signaal heeft een payload waarin de nodige informatie voor notifications zit. Deze signalen zijn afkomstig van ofwel de operator service bus, ofwel de Wizard of Oz die de achterliggende componenten van OperatorAssist, zoals de state estimator, kan simuleren.

Beschrijving van framework

Het framework start in het zelfgemaakte “NotificationMenu”, een klasse afgeleid van een SKCanvasView die gebruikt wordt als root-element voor het renderen van notifications. Een SKCanvasView laat toe om gebruik te maken van SkiaSharp: een 2D graphics API voor .NET die gebruikt wordt om alle notifications te tekenen. Het NotificationMenu kan op elk moment op de smartwatch getoond worden. Vervolgens is het mogelijk om een notification toe te voegen aan deze view door gebruik te maken van de AddNotification() method.

Renderen gebeurt door middel van een “Environment”-klasse. Een Environment is een soort container voor objecten van de “Shape”-klasse. Shapes zijn generieke vormen met eigenschappen relevant aan vormen, zoals bijvoorbeeld positie en kleur. Aan Environment-objecten kunnen

generieke Shapes worden toegevoegd en het Environment zal dan een render-functie aanroepen voor elk frame. De render-functie zal op basis van SkiaSharp-functies de vormen op een gepaste manier tekenen. SkiaSharp-functies dienen om zelf grafische 2D-elementen te tekenen, zoals bijvoorbeeld cirkels, veelhoeken en afbeeldingen. Kortom, een Environment is een omgeving die het renderen van Shapes afhandelt.

Aan Shapes kunnen ook objecten van de “Animation”-klasse worden toegevoegd. Animations kunnen toegevoegd worden aan Shapes en zullen de relevante eigenschappen van de Shapes at runtime aanpassen. Voor beweging zal een Animation bijvoorbeeld de positie van een Shape per frame aanpassen, voor een pulse de grootte en transparency.

Om dan uiteindelijk de notifications zelf te maken, is er een “Notification”-klasse gemaakt die zelf een Shape is. Op deze manier kan het NotificationMenu een Environment aanmaken waarin een Notification wordt bijgehouden. Notifications gebruiken dan op hun beurt meerdere SkiaSharp-functies en hebben een eigen Environment voor animaties.

Gebruik van framework

Zoals in de beschrijving van het framework vermeld werd, hebben we op topniveau te maken met een NotificationMenu waarin een Notification zit. De API van het hele systeem zit dus verwerkt in deze twee objecten. Men kan de AddNotification() aanroepen om een Notification aan te maken binnen het NotificationMenu. Deze method geeft de aangemaakte Notification terug, die verder volledig aanpasbaar is. Het is ook mogelijk om gebruiker-specifieke instellingen door te geven aan een notification, zoals bijvoorbeeld dark mode of tutorial mode beschreven in respectievelijk sectie 6.2.2 en sectie 6.2.2. De API voor de Notification-klasse wordt getoond in tabel 6.1, de API voor de user settings in tabel 6.2. Startpositie, startgrootte en het NotificationLevel worden gegeven in de constructor van een Notification omdat dit essentiële onderdelen zijn.

6.2 Design guidelines voor smartphone notifications

Naast gebruik te maken van de design space beschreven in hoofdstuk 4, zullen er ook enkele bijkomstige features worden toegevoegd die binnen de studie een meerwaarde bleken te zijn. Deze features, alsook de definitieve keuze van de specifieke instanties van de visuele elementen uit de design space, zullen hier beschreven worden.

6.2.1 Design guidelines voor de verschillende niveaus

In deze sectie zal, op basis van de design space en de resultaten en bevindingen uit de studie, voor elk niveau concrete design guidelines besproken worden voor kleur, vorm en animaties. Voor de icoontjes worden geen niveau-specifieke guidelines vooropgesteld, deze kunnen gebruikt worden binnen alle niveaus.

Informatieve notifications

Informatieve notifications gebruiken volgende visuele elementen:

- **Kleur**
Uit zowel de design space als de studie blijkt blauw een geschikte kleur voor informatieve notifications.
- **Vorm**
Voor het informatieve niveau blijkt uit de studie dat een cirkel het beste is. Rechthoekige vormen worden soms ook geassocieerd met een informatief niveau, zoals gezien bij het onderdeel over verkeersborden of de tweede keuze binnen de verification study, maar een cirkel is veel eenvoudiger om volledig weer te geven op een smartwatch.

Member	Type	Beschrijving
Title	string	Betekenis van de notification (e.g. Poisonous Gas).
Description	string	Oplossing of beschrijving voor de situatie (e.g. Move away from table).
Durations	Dictionary<NotificationLevel, double>	Hoe lang een notification in dat specifieke niveau blijft. Na afloop van een duration voor een NotificationLevel gaat de notification over naar het volgende niveau. Indien niets is opgegeven voor een niveau, kan er ook geen overgang gebeuren.
Step	int	De huidige stap in het proces (gebruikt voor progress bar).
MaxSteps	int	Het totaal aantal stappen in het proces (gebruikt voor progress bar).
Position	SKPoint	De positie van de notification.
Size	int	De grootte van de notification.
Image	string	Naam van het icoon (e.g. poisonous-gas.png).
ImageColor	SKColor	Kleur van het icoon.
BadgeImage	string	Naam van de badge (e.g. check.png).
BadgeColor	SKColor	Kleur van de badge.
OverlayImage	string	Naam van de overlay (e.g. strike.png).
OverlayColor	SKColor	Kleur van de overlay.
UserSettings	UserSettings	De persoonlijke instellingen van een notification.

Tabel 6.1: De API van de Notification-klasse.

Member	Type	Beschrijving
DarkMode	bool	Dark mode aan/uit.
TutorialMode	bool	Tutorial mode aan/uit.
ProgressBar	bool	Progress bar aan/uit.
Clock	bool	Klok aan/uit.

Tabel 6.2: De API van de UserSettings-klasse.

- **Animatie**

De resultaten van de studie tonen aan dat het informatieve niveau het minste nood heeft aan een animatie. Om deze reden zal er geen globale animatie gelinkt worden aan informatieve notifications. In de design space werd er gevonden dat animaties kunnen zorgen voor pop-out in peripheral vision. Informatieve notifications hebben niet noodzakelijk deze (afleidende) pop-out nodig omdat er met dit niveau geen dringendheid wordt geassocieerd.

Waarschuwendende notifications

Waarschuwendende notifications gebruiken volgende visuele elementen:

- **Kleur**

Binnen het verkeer is de waarschuwendende kleur typisch oranje, maar voor bijvoorbeeld de waarschuwingen binnen Visual Studio en het verkeer in de Verenigde Staten wordt er geel gebruikt. De resultaten van de studie geven dan eerder een tweestrijd tussen oranje en geel. Gelukkig is hier een gemakkelijke oplossing voor, namelijk om de kleur oranje-geel te gebruiken. Deze kleur wordt ook binnen de waarschuwingen van Overleaf gehanteerd.

- **Vorm**

Voor een waarschuwendende vorm zijn er ook enkele mogelijkheden. Het verkeer en de studie bevestigen allebei dat een driehoek met punt naar boven en een vierkante vorm, al dan niet gedraaid als ruit, de beste keuzes zijn voor een waarschuwendende vorm.

- **Animatie**

Voor waarschuwendende notifications zou een lichte pulse gebruikt kunnen worden. Dit was de meest voorkomende animatie binnen de studie voor dit niveau. De aanwezigheid van een pulse zal ook zorgen voor meer herkenbaarheid in peripheral vision.

Kritieke notifications

Kritieke notifications gebruiken volgende visuele elementen:

- **Kleur**

Over de volledige lijn is rood de beste keuze voor een kritiek niveau. Stopborden zijn rood, stoplichten zijn rood, kritiek notification-LED's of logging berichten zijn rood. Kortom, wanneer men rood ziet, dan is er iets kritiek aan de hand en dan moet men stoppen waarmee men bezig is. Dit wordt ook bevestigd binnen de studie, waar rood als best overeenkomende kleur voor dit niveau wordt gekozen.

- **Vorm**

De studie geeft zowel een driehoek met punt vanboven of een achthoek als beste mogelijkheden voor een kritieke notification. Aangezien een driehoek met punt vanboven al voor het waarschuwendende niveau wordt gebruikt en met een achthoek een parallel met het verkeer kan worden getrokken, zal deze vorm uiteindelijk gebruikt worden.

- **Animatie**

Ook het kritieke niveau zal gebruik maken van een pulse als animatie. Dit was wederom de beste keuze uit de studie. Binnen het kritieke niveau mag de pulse wel extremer zijn dan die voor een waarschuwendende notification. Het gebruik van een pulse zal de herkenbaarheid in peripheral vision ook verbeteren: hoe grilliger de animatie, hoe beter de herkenning zal zijn door continue herinnering.

Icoontjes

Icoontjes zijn niet afhankelijk van het niveau van dringendheid waarin ze zich bevinden. Ze kunnen onafhankelijk van de dringendheid van een notification gebruikt worden om de specifieke betekenis ervan uit te drukken. Volgende opsomming geeft een overzicht van enkele design guidelines bij het maken van icoontjes. Deze guidelines werden geabstraheerd uit de meest

geliefde icoontjes binnen de volledige studie. Merk op dat deze guidelines context-afhankelijk zijn binnen smartwatch notifications en niet noodzakelijk veralgemeenbaar zijn naar andere apparaten of contexten. De guidelines staan in zeker zin in volgorde van belang. Een eerdere guideline primeert op een latere. De guidelines zijn als volgt:

1. Houd de icoontjes eenvoudig. Gebruik minimalistische ontwerpen en vermijd overbodig detail. Doorheen de studie was een continue voorkeur voor icoontjes met weinig detail door het kleine display van de smartwatch. Merk hier ook de link op met Nielsen's design heuristic "Aesthetic and minimalist design" en Tufte's data-ink ratio.
2. Val zo veel mogelijk terug op bestaande concepten. Icoontjes uit bestaande standaarden kunnen zonder probleem gebruikt worden. In de meeste gevallen zijn deze icoontjes in deze context geschikte kandidaten, maar zelfgemaakte icoontjes kunnen mogelijks nog duidelijker zijn. Hier is ook een duidelijke link met Nielsen's design heuristics "Consistency and standards" en "Recognition rather than recall". Gebruik echter geen icoontjes die bekend zijn binnen een specifiek, ongerelateerd domein. Icoontjes of concepten uit specifieke domeinen worden niet altijd begrepen en kunnen de gebruiker verwarren.
3. Minimaliseer het aantal gebruikte icoontjes in een set. Eenzelfde icoontje kan in alle niveau's gebruikt worden. Combineer een icoontje met andere icoontjes om er meerdere concepten mee uit te drukken. Voorbeelden zijn een vinkje of kruisje om goed of slecht uit te drukken, een tandwiel voor instellingen of een schuine streep ter negatie van een icoon.
4. Gebruik enkel kleur indien dit het icoon duidelijker maakt. Probeer zo veel mogelijk gebruik te maken van monochrome icoontjes. Kleur kan wel van pas komen om een bepaald aspect duidelijker te maken, zoals groen gas of oranje vuur.
5. Laat in een gevaarlijke situatie een duidelijke oorzaak en gevolg zien in het icoontje. Het wordt geapprecieerd als het risico en de gevolgen voor een operator worden afgebeeld, al dan niet door aanvullend weer te geven wat er precies met de operator gebeurt.
6. Abstraheer specifieke voorwerpen tot het soort voorwerp dat ze zijn. Vermijd het gebruik van foto's. Gebruik algemene icoontjes voor "een hamer" of "een plank" en gebruik geen specifiek icoontje voor elk gereedschap of materiaal. Gebruik eventueel tekst of een kleurencode om het specifieke voorwerp te identificeren.
7. Indien een situatie vrij algemeen is, is het gepast om hier ook een vrij algemeen icoontje voor te gebruiken. Een uitroepteken is bijvoorbeeld heel algemeen, maar kan in vrijwel alle situaties gebruikt worden om een zeker gevoel van urgentie te communiceren.
8. Indien er animaties gebruikt worden, probeer dan het scenario dat het icoon voorstelt beknopt uit te beelden. Het nemen van materiaal kan bijvoorbeeld beschreven worden met een hand die naar materiaal graait. Het inademen van giftig gas kan bijvoorbeeld uitgebeeld worden door bewegend gas rond een persoon.
9. Geef gebruikers de optie om bepaalde visualisaties te personaliseren. Er zijn meningsverschillen en verschillende voorkeuren tussen gebruikers op basis van kleurgebruik (wit of zwart) en gebruikte icoontje. Geef hen de mogelijkheid om keuzes te maken. Dit kan ook herkend worden in Nielsen's design heuristic "Flexibility and efficiency of use".

Verder is het ook belangrijk om nog eens te benadrukken dat animaties ook binnen icoontjes kunnen voorkomen. Dit was bovendien de locatie waarin de animaties het meest frequent werden gebruikt. Voorbeelden en beschrijvingen van geanimeerde icoontjes zijn terug te vinden binnen de resultaten van de elicitation study. Geanimeerde icoontjes zullen echter niet geïmplementeerd worden omdat dit soort animaties een grafisch ontwerper nodig hebben.

6.2.2 Aanvullende concepten en richtlijnen

Het idee van een eventueel geanimeerde, gekleurde vorm met een icoon erop die op een leeg canvas staat, blijkt na de studie te beperkend: er zijn enkele interessantere alternatieven opgedoken in de studie, die in deze sectie besproken zullen worden.

Kleur en animaties om toename in niveau aan te geven

Dit concept werd eerder al besproken in de studie bij de vraag of een kleurovergang een meerwaarde biedt bij het overgaan van een niveau in een ander. De resultaten waren hier grotendeels positief. Om deze reden en omdat het antwoord of hetzelfde idee rond de vorm grotendeels onduidelijk was, wordt de kleurovergang aanbevolen. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat de kleur in concrete niveaus verandert en niet op een onopvallende, lineaire manier. Gebruikers moeten duidelijk een verschil zien wanneer er een kleurverschil optreedt.

Ook het concept van grilligere animaties is afkomstig uit de studie, namelijk of het opdrijven van de snelheid van andere animaties naargelang de notification dringender wordt een meerwaarde biedt. Hierop antwoordde quasi iedereen positief. Om deze reden wordt het gebruik hiervan ook aangeraden, meer bepaald voor de pulses binnen waarschuwende en kritieke notifications.

Borders

Borders waren oorspronkelijk geen onderdeel van de design space, maar kunnen een meerwaarde bieden. Het is de bedoeling om een vorm in een bepaalde kleur weer te geven op het canvas van de smartwatch. Uit de studie kwam echter het idee om het canvas volledig in te kleuren, om zo het gebruik van kleur te maximaliseren. Deze twee concepten kunnen eenvoudig gecombineerd worden door gebruik te maken van gekleurde borders. De volledige achtergrond van het canvas kan ingekleurd worden in een donkerdere tint dan deze geassocieerd met het niveau van de notification. Op deze achtergrond kan dan de vorm in de kleur van het niveau worden weergegeven. Dit geeft het effect van een donkere border rond de gekleurde vorm. Op deze manier wordt een maximum aan “screen real estate” gebruikt, zonder vormen te verwaarlozen.

Nog een voordeel van deze methode is dat het systeem uitgebreid kan worden naar het weergeven van meerdere notifications. Omdat elke notification bestaat uit een vorm weergegeven binnen een gekleurd oppervlak, is het ook mogelijk om de schermruimte onder te verdelen in meerdere regio's en hetzelfde concept hierop toe te passen. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om het scherm in twee helften te verdelen, elke helft op te vullen met de borderkleur en vervolgens de vorm centraal in deze helft te zetten. Dit concept kan uitgebreid worden naar meer notifications en smartwatches die niet cirkelvormig zijn.

Light en dark mode

Een tweestrijd die voorkwam in de studie was het gebruik van kleur binnen de icoontjes. De deelnemers die niet kozen voor gedetailleerde, ingekleurde icoontjes werden door het merendeel van de deelnemers ingekleurd met zwart, maar toch gebruikten half zo veel deelnemers liever wit. De gebruikers die wit gebruikten hadden hier echter een concrete reden voor: het geeft het beste contrast met de achtergrondkleur. Maar toch gebruikte de meerderheid van de deelnemers zwart. Om deze redenen is het niet slecht om beide kleuren aan te bieden, wat ook te verantwoorden valt binnen de scope van het belang van personalisatie binnen multimodale applicaties en smartwatch notifications. Beide kleuren werden uiteindelijk gekozen onder het mom van een “light en dark mode”.

Aan deze feature kan echter ook een praktische reden worden toegekend. Light en dark mode hebben het voordeel om beter te werken binnen verschillende omstandigheden. Overdag of in een felbelichte ruimte is een wit icoontje beter zichtbaar dan een zwart icoontje. In donkere ruimtes, zoals 's nachts of in een donkere werkruimte, zal een wit icoontje dan mogelijks te veel licht afgeven waardoor een zwart icoontje beter past. Omdat gebruikers de notifications in

onbepaalde omstandigheden moeten kunnen gebruiken en een duidelijke individuele voorkeur hadden, werden beide mogelijkheden geïmplementeerd.

Doorklikmogelijkheid

Het concept van de doorklikmogelijkheid kwam meerdere keren voor in de studie. Het idee hierbij is om gebruikers in een oogopslag duidelijk te kunnen maken wat een notification betekent op het hoofdscherm, maar hen ook de mogelijkheid te geven om met een enkele klik te navigeren naar een ander scherm met extra tekstuele informatie over deze notification. Binnen een notification op een smartwatch is het niet altijd mogelijk om alle informatie op een enkel scherm te laten zien. Dit zou de gebruikers alleen maar overspoelen met allerlei onnodige informatie, hetgeen de notifications nu net moeten vermijden. Toch kan het zijn dat een gebruiker bijkomstige informatie wenst te verkrijgen tijdens een bepaalde situatie. Informatie die op dit tweede scherm kan staan, is dan bijvoorbeeld een beschrijving van het gebruikte icoon en indien mogelijk een oplossing voor een kritieke situatie, waarvan het belang ook werd aangegeven binnen de studie en wat uitstekend past in de context van een digitale assistent.

Tutorial modus

Ook het concept van een “tutorial modus” werd meermaals aangehaald binnen de studie. De motivatie hierachter is dat gebruikers niet altijd vertrouwd zijn met een systeem en dus aanvullende assistentie kunnen nodig hebben bij het gebruiken van dat systeem. Een tutorial modus zal dan helpen om minder vertrouwde gebruikers sneller met het systeem overweg te leren gaan. Een manier waarop dit bereikt kan worden, is door gebruik te maken van een korte beschrijving van het icoon die onder het icoon wordt weergegeven op het hoofdscherm. Merk op dat hier een verschil is met de doorklikmogelijkheid, waar de betekenis van het icoon op een tweede scherm werd getoond. Door gebruik te maken van deze korte beschrijving moeten gebruikers niet vertrouwd zijn met de vele icoontjes die binnen de notifications gebruikt kunnen worden, maar kunnen ze terugvallen op de tekstuele component. Omdat de beschrijving op het hoofdscherm staat, kunnen gebruikers nog altijd in een oogopslag de betekenis van een icoon binnen te weten komen, alleen gaat dit iets minder efficiënt als wanneer ze alleen op het icoon moeten terugvallen. Uit de literatuur blijkt ook dat operators weerstand kunnen ondervinden bij het gebruik van nieuwe uitrustingsstukken, zoals smartwatches en andere apparaten [Papanastasiou et al., 2019]. Bovendien vereisen deze tools goede trainingssessies voordat ze op de werkvloer worden geïmplementeerd. Om deze redenen kan het gebruik van een tutorial modus zeker een nuttige aanvulling zijn.

Badges en overlays

Het concept van badges werd ook meermaals toegelicht binnen de studie. Het idee hierachter is om naast het hoofd-niveau van icoontjes nog een extra niveau te creëren, wat in symbiose met de icoontjes aanvullende informatie kan geven. Op deze manier hoeven er minder icoontjes gebruikt te worden, omdat bepaalde onderdelen als het ware vervangen kunnen worden met een badge. Een voorbeeld hiervan: het juiste of foute gereedschap laten zien. Hierbij kan er gewerkt worden met een enkel icoontje voor het concept “gereedschap” en een badge in de vorm van een groen vinkje of een rood kruisje voor respectievelijk juist of fout.

Aanvullend hierbij is het ook mogelijk om meer globale overlays te creëren voor een bepaald icoon. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een streep die door een afbeelding wordt getrokken om de negatie of het verbod van het icoontje aan te duiden of een uitroep-teken dat extra gevaar aangeeft.

Aanvullende modaliteiten

Verder blijkt het uit de studie ook interessant te zijn om gebruik te maken van multimodale feedback, zoals trillingen en geluiden. Ook de literatuur bevestigt dat multimodale notifications

als meer behulpzaam worden gezien [Li and Chundi, 2019]. Om deze redenen zal elk niveau ook met een aanvullende modaliteit worden voorzien. In de studie werd er gebruik gemaakt van enkele toenames in parameters afhankelijk van het niveau waarin de notification zich bevond. De specifieke instellingen van de modaliteiten moeten in verder onderzoek bepaald worden, maar op basis van de meningen van de deelnemers uit de studie kunnen volgende toevoegingen per niveau gedaan worden:

- **Informatief**
Wanneer een informatieve notification wordt getoond, zal er een enkele trilling en een zacht geluid voorkomen.
- **Waarschuwend**
Wanneer een waarschuwend notification wordt getoond, zal er een dubbele trilling en een luider geluid voorkomen.
- **Kritiek**
Wanneer een kritieke notification wordt getoond, zal de smartwatch continu trillen om zeker te zijn dat de gebruiker de notification ziet. Verder komt er een vervelend geluid voor.

6.3 Implementatie en resultaten

In deze sectie zullen de resultaten van de implementatie binnen OperatorAssist worden getoond. Elk aspect en concept uit sectie 6.2 zal hier in zekere zin terug aan bod komen, al dan niet als deel van een groter geheel, omdat het niet altijd mogelijk is om elk aspect individueel te extraheren. Vervolgens zullen er ook enkele scenario's hernomen worden om een totaalbeeld te laten zien.

6.3.1 Geïmplementeerde features binnen OperatorAssist

Deze sectie zal een oplisting geven van de geïmplementeerde features, om een beeld te vormen van hetgeen werd gerealiseerd. De getoonde notifications bij een bepaalde feature geven enkel de informatie weer die relevant is voor deze feature, om verwarring te vermijden. In de praktijk zijn er echter heel wat combinaties, mogelijk gemaakt door de user settings. De features zullen geïllustreerd worden in een “giftig gas”-scenario. Dit was ook het scenario binnen de studie waarbij notifications in alle drie de niveaus van dringendheid voorkwamen.

Overzicht van verschillende niveaus

De notifications werden ontworpen met de borders, zoals vermeld in sectie 6.2.2. De gekozen tinten van de kleuren zijn dezelfde als deze gebruikt binnen de loggingniveaus van Overleaf. Zie figuur 6.2 voor enkele voorbeelden van notifications voor alle drie de niveaus van dringendheid.

Toename in niveau aangeven

In scenario's waarbij een situatie kan verergeren, nemen we dit ook op in de notifications. Stel dat een gebruiker moet werken met lijm die moet drogen. Dit is een situatie die zich gemakkelijk in drie niveaus kan bevinden. Informatief zegt deze notification dat er gewerkt gaat worden met drogende lijm. Als waarschuwend geeft de notification aan dat de lijm is aangebracht en begint te drogen. In het kritieke niveau is de lijm al gedroogd. In de overgang tussen deze situaties zit echter ook waardevolle informatie. Bij de overgang tussen informatief en waarschuwend wordt de overgang uitgedrukt van weten dat er lijm gebruikt gaat worden tot de lijm effectief gebruiken. De overgang van waarschuwend tot kritiek kan de gebruiker interpreteren als een timer die begint op het moment dat de gebruiker de lijm aanbrengt en eindigt wanneer de lijm gedroogd is.



(a) Informatieve notification.

(b) Waarschuwendende notification.

(c) Kritieke notification.

Figuur 6.2: Voorbeelden van notifications voor de drie niveaus van dringendheid.

(a) Informatieve notification. (b) Overgang van informatief tot waarschuwend (1). (c) Overgang van informatief tot waarschuwend (2). (d) Waarschuwendende notification. (e) Overgang van waar- schuwend tot kritiek (1). (f) Overgang van waar- van- schuwend tot kritiek (2). (g) Kritieke notification.

Figuur 6.3: Voorbeelden van notifications met toenemende dringendheid over alle drie de niveaus van dringendheid.

De kleurovergang werd geïmplementeerd door gebruik te maken van een lineaire interpolatie op RGB-waarden van de kleuren van twee niveaus. Dit soort interpolatie heeft het voordeel dat enkel de uiterste kleuren en een tussentint gebruikt wordt en geen andere kleuren, iets wat interpoleren over HSV bijvoorbeeld wel zou hebben. Figuur 6.3 toont een overgang van informatief naar waarschuwend en uiteindelijk naar kritiek.

Light en dark mode

Zoals vermeld in sectie 6.2.2 was er geen consensus tussen wit en zwart en zijn beide kleuren uiteindelijk geïmplementeerd onder het mom van light mode en dark mode. Light en dark mode werden geïmplementeerd met de kleuren wit en zwart en zijn te zien in figuur 6.4. Ze zijn van toepassing op icoontjes, tekst, progress bar en klok. Het element direct bovenop de achtergrondkleur zal voor light en dark mode respectievelijk wit en zwart hebben. Voor een mogelijks accent, zoals de ticks op de progress bar, wordt de andere kleur genomen.

Doorklikmogelijkheid

Het zou kunnen dat de gebruiker op een kritiek moment een melding krijgt die hem of haar vertelt dat er giftig gas dreigt ingeademd te worden. Op zo'n moment wilt een gebruiker weten wat er te doen staat, wat kan aangereikt worden door een digitale assistent zoals OperatorAssist. Met deze reden werd de doorklikmogelijkheid geïmplementeerd. Wanneer een gebruiker op een notification drukt, dan wordt er extra informatie over deze notification getoond: de betekenis ervan en een eventuele beschrijving of te ondernemen stap binnen het huidige scenario.

De doorklikmogelijkheid is te zien in figuur 6.5. Het icoontje wordt simpelweg vervangen door de betekenis ervan in combinatie met een meer specifieke beschrijving van de situatie.



(a) Light-mode notification.



(b) Dark-mode notification.

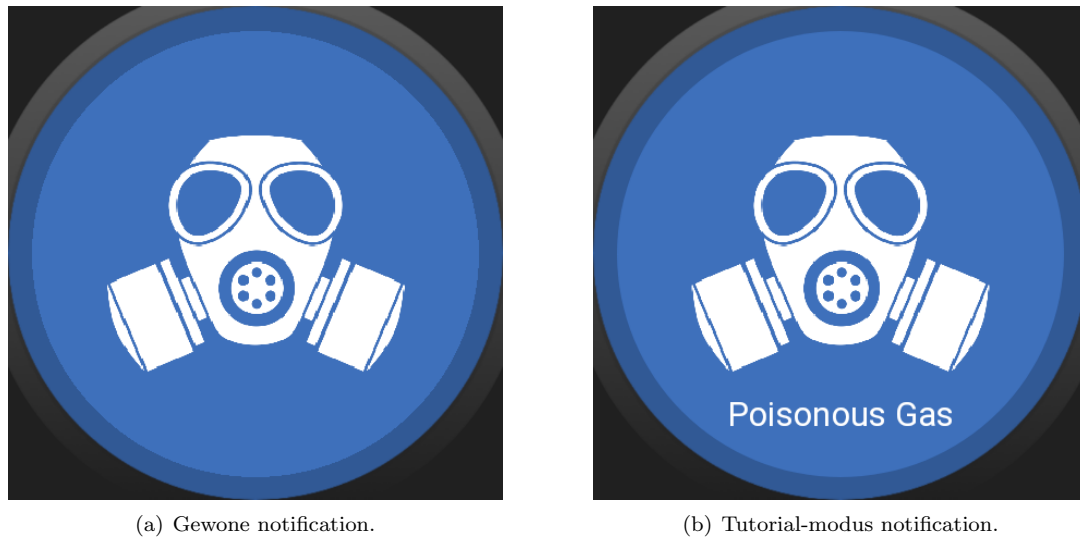
Figuur 6.4: Voorbeelden van notifications in respectievelijk light en dark mode.

(a) Een gewone notification.



(b) Een notification nadat er op geklikt werd. Hierin is de betekenis van het icoon in 6.5(a) te zien alsook een beschrijving/oplossing voor de situatie.

Figuur 6.5: Voorbeelden van notifications met en zonder doorklikmogelijkheid.



Figuur 6.6: Voorbeelden van notifications met tutorial modus respectievelijk uit en aan.

Tutorial modus

Wanneer nieuwe gebruikers willen werken met een digitale assistent zoals OperatorAssist, kan het zijn dat ze niet meteen begrijpen wat de betekenis is van allerlei notifications. De betekenis van bepaalde kleur en vormen zijn vrij universeel gebleken binnen de studie, maar de betekenis en het gebruik van icoontjes zijn dat niet. Hiermee is het handig als gebruikers extra ondersteuning ontvangen van het systeem om bepaalde notification-scenario's succesvol uit te kunnen voeren en dus werd de tutorial modus toegevoegd aan de implementatie.

Tutorial modus werd eenvoudig geïmplementeerd op dezelfde manier waarop dit in de studie werd gedaan, namelijk door tekst onder het icoontje te laten zien. Figuur 6.6 toont een vergelijking van notifications met tutorial modus uit en aan.

Badges en overlays

In plaats van alle informatie op te nemen in een enkel icoontje, kan er ook geopteerd worden om gebruik te maken van badges. Een typische use case hiervoor is het verschil aangeven tussen een notification rond het gebruiken van een gereedschap en het instellen van een gereedschap. Beide notifications gaan over gereedschap, maar er is een betekenisverschil: een badge kan met behulp van een tandwiel duidelijk maken dat het om de instellingen van het afgebeelde gereedschap gaat, zonder gebruik te moeten maken van meerdere icoontjes.

Badges worden binnen het systeem weergegeven rechtsonder de hoofdafbeelding. Dit was ook de locatie waar een badge altijd binnen de studie voorkwam. Verder is de kleur van een badge configureerbaar. In figuur 6.7 wordt een voorbeeld gegeven van een badge die bovenstaande use case duidelijk maakt. Links gaat het enkel over het gebruik van bepaald gereedschap, rechts gaat het over de instellingen ervan.

Net zoals het mogelijk is om een situatie aan te kondigen waarin een gebruiker een bepaalde actie moet ondernemen, is het mogelijk om aan te kondigen dat de gebruiker een bepaalde actie niet mag ondernemen. Stel hierbij bijvoorbeeld het verschil tussen bepaald gereedschap nemen en aankondigen het verkeerde gereedschap vast te hebben. Dit kan grotendeels gecommuniceerd worden door dezelfde icoontjes, maar met een lichte nuance om het “wel” tegenover “niet” weer te geven. Dit kan bijvoorbeeld gedaan worden door een schuine streep door het icoontje, zoals gezien in de studie.



(a) Notification die meldt een sleutel te gebruiken.

(b) Notification die de gebruiker duidelijk maakt dat hij of zij het verkeerde gereedschap gebruikt.

(c) Notification die de gebruiker duidelijk maakt dat de sleutel verkeerd staat ingesteld.

Figuur 6.7: Voorbeelden van notifications die het gebruik van badges illustreren.

Deze use case is realiseerbaar door gebruik te maken van overlays. Deze laten het toe om een afbeelding over de gehele notification te zetten om hier een extra betekenis aan te geven. Zo is het mogelijk om een schuine streep te plaatsen om de negatie uit te drukken, maar ook andere aanwijzingen zoals uitroeptekens zijn mogelijk. Zie figuur 6.8 voor een voorbeeld van een overlay.

Progress bar

Een progress bar kwam twee keer voor binnen de elicitation studie. Dit is niet bepaald regelmatig, maar er zijn voldoende situaties waarin het toch belangrijk is om een progress bar te kunnen weergeven. Zo is dit een zeer relevant concept binnen OperatorAssist, waar momenteel al op verschillende manieren de voortgang van een assemblage getoond wordt, zoals te zien is in figuur 1.1. Dit kan verder beargumenteerd worden met Nielsen's "Visibility of system status".

Een gebruiker kan ten alle tijde willen weten in welke stap hij of zij zich momenteel bevindt. Hiermee is het handig als ook deze informatie over het systeem wordt geïncorporeerd binnen notifications. Om deze reden werd een optionele progress bar opgenomen. Om zo weinig mogelijk schermruimte in beslag te nemen, werd er gebruik gemaakt van een ronde progress bar die zich tegen de rand van het display bevindt. De ticks op de progress bar geven de stappen aan, de bar gaat tot aan de huidige stap. Dit geheel wordt getoond in figuur 6.9, waar een vergelijking te zien is tussen notifications met progress bars, al dan niet met dark mode.

Klok

Van alle informatie die een smartwatch kan tonen, is de tijd misschien wel de meest essentiële. Dit was ook een opmerking die in de studie voorkwam, met als argumentatie dat een smartwatch nog steeds een klok is en dus de tijd moet tonen. Om deze eenvoudige, maar volledig aanneembare reden is er ook een kleine, digitale klok binnen het systeem geïntegreerd.

Gebruikers kunnen op elk moment behoefte hebben aan het raadplegen van de tijd. De klok wordt bovenaan het display getoond en houdt rekening met de progress bar die al dan niet zichtbaar is. Zie figuur 6.10 voor een vergelijking van een klok met en zonder progress bar.



(a) Informatieve notification die aankondigt om een bepaald materiaal te gebruiken.



(b) Waarschuwend notification die aankondigt het verkeerde materiaal te gebruiken. Het waarschuwend aspect zit ook verpakt in het feit dat de notification nu waarschuwend is, maar expliciet aangeven dat het materiaal verkeerd is, wordt gedaan door de schuine streep.

Figuur 6.8: Voorbeelden van notifications met die het gewenste gebruik van een materiaal aangeven.

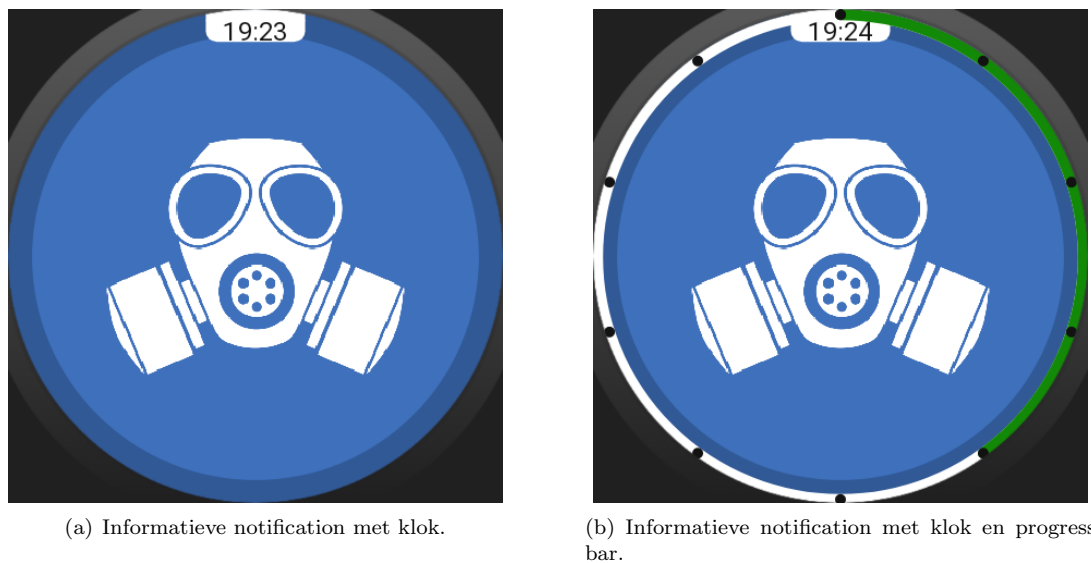


(a) Waarschuwend notification met een light-mode progress bar.



(b) Waarschuwend notification met een dark-mode progress bar.

Figuur 6.9: Voorbeelden van notifications met progress bar. De voortgang is in beide notifications 4 van de 10 stappen.



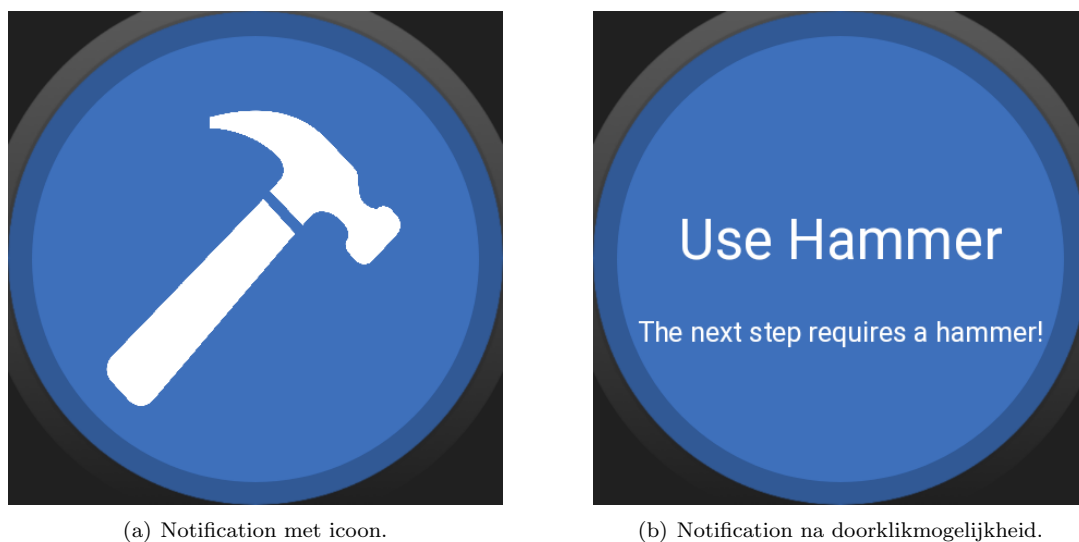
Figuur 6.10: Voorbeelden van notifications met een klok en eventuele progress bar.

6.3.2 Galerij van enkele scenario's

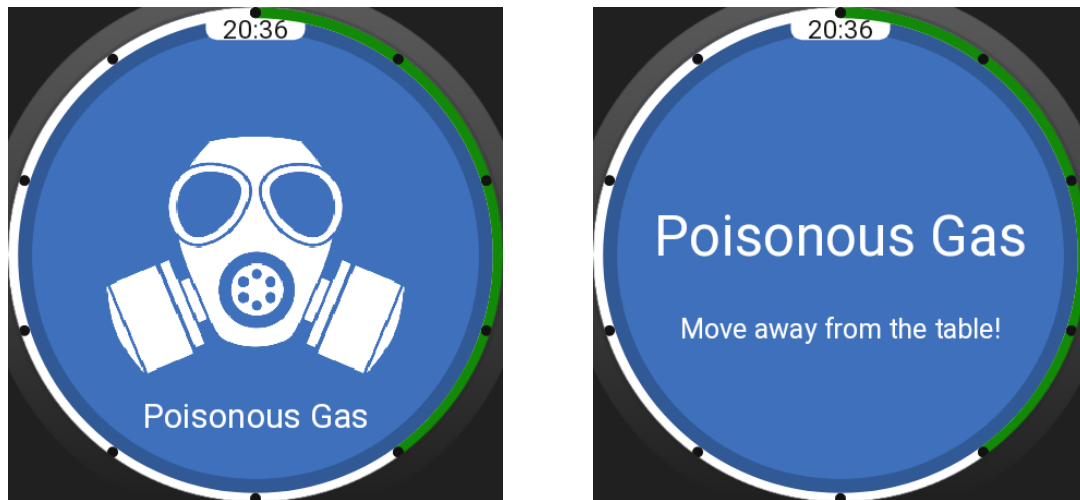
Deze sectie dient om kort enkele scenario's te hernemen uit de studie en de eindresultaten te tonen. Omdat er veel mogelijkheden zijn om eenzelfde notification uit te drukken, onder andere door de user settings en toevoegingen van badges/overlays, zal er telkens een voorbeeld van een mogelijke notification worden gekozen. Voor elk scenario wordt de notification met icoon en doorklikmogelijkheid getoond.

Informatieve scenario's

In deze sectie worden enkele informatieve scenario's hernomen uit de studie ter demonstratie van de implementatie.



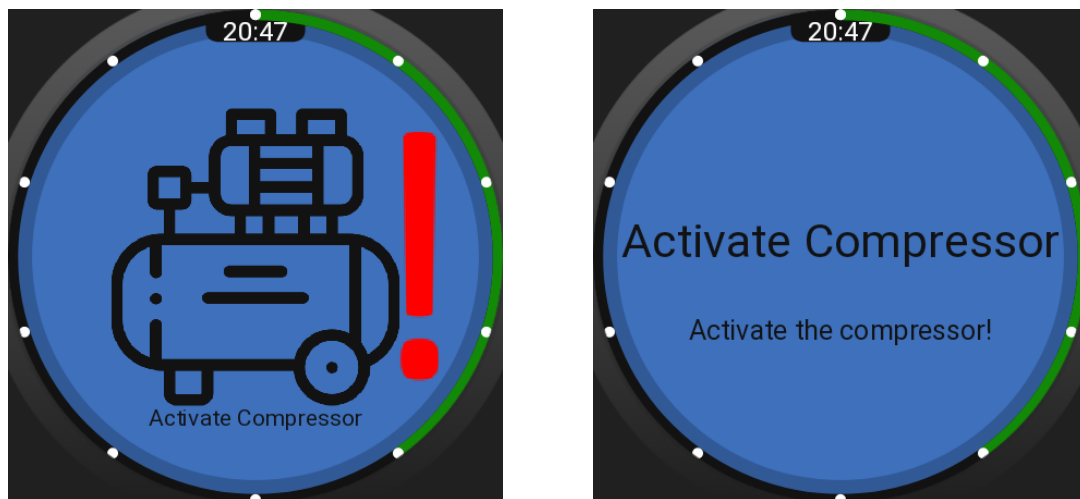
Figuur 6.11: U krijgt als operator een informatieve notification te zien die u vertelt dat u voor de volgende stap een hamer moet gebruiken.



(a) Notification met icon.

(b) Notification na doorklikmogelijkheid.

Figuur 6.12: U krijgt als operator een informatieve notification te zien die u vertelt dat er giftig gas wordt gebruikt in volgende stap.



(a) Notification met icon.

(b) Notification na doorklikmogelijkheid.

Figuur 6.13: U krijgt als operator een informatieve notification te zien die u vertelt dat u bepaalde voorzorgsmaatregelen moet nemen, zoals bijvoorbeeld het aanzetten van een compressor of luchtfilter.

Waarschuwendende scenario's

In deze sectie worden enkele waarschuwendende scenario's hernomen uit de studie ter demonstratie van de implementatie.



(a) Notification met icoon.



(b) Notification na doorklikmogelijkheid.

Figuur 6.14: U krijgt als operator een waarschuwendende notification te zien die u vertelt dat uw gereedschap verkeerd staat ingesteld, zoals bijvoorbeeld het gebruik van een verkeerde boor of schroevendraaier.



(a) Notification met icoon.



(b) Notification na doorklikmogelijkheid.

Figuur 6.15: U krijgt als operator een waarschuwendende notification te zien rond een tijdskritische situatie, bijvoorbeeld lijm die moet drogen.



(a) Notification met icoon.

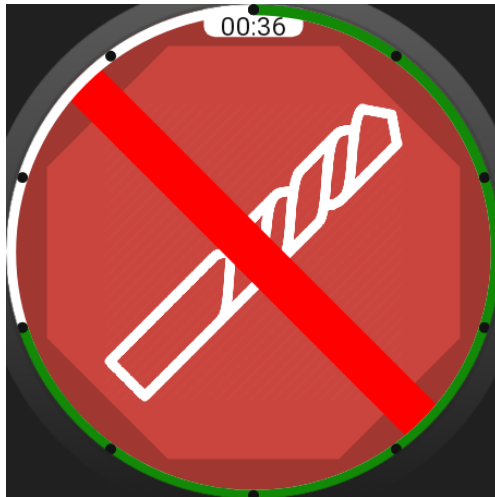


(b) Notification na doorklikmogelijkheid.

Figuur 6.16: U krijgt als operator een waarschuwende notification te zien dat de stof die u op punt staat te gebruiken een gevaarlijke, bijvoorbeeld bijtende stof is.

Kritieke scenario's

In deze sectie worden enkele kritieke scenario's hernomen uit de studie ter demonstratie van de implementatie.



(a) Notification met icoon.



(b) Notification na doorklikmogelijkheid.

Figuur 6.17: U krijgt als operator een kritieke notification te zien die u vertelt dat u een verkeerde boor aan het gebruiken bent.



(a) Notification met icoon.



(b) Notification na doorklikmogelijkheid.

Figuur 6.18: U krijgt als operator een kritieke notification te zien die u vertelt dat er een risico is tot vergiftiging door giftig gas.



(a) Notification met icoon (optie 1).

(b) Notification met icoon (optie 2).

(c) Notification na doorklikmogelijkheid.

Figuur 6.19: U krijgt als operator een kritieke notification te zien die u vertelt dat er een risico is tot ontploffing.

6.4 Conclusie

In dit hoofdstuk werd de laatste stap binnen het proces van deze masterproef gezet en met een ook de laatste onderzoeksvraag opgelost, namelijk “Hoe kunnen deze instanties van visuele elementen worden gecombineerd tot een geschikt systeem voor assisterende smartwatch notifications?”.

Dit hoofdstuk vertrok vanuit de codebase van OperatorAssist, waar de implementatie rechtstreeks binnen gebeurde. In deze codebase werd een framework geconstrueerd om notifications eenvoudig weer te kunnen geven. Deze weergave gebeurt op een scherm dat alleen op de smartwatch getoond wordt. Het framework voorziet verschillende functionaliteiten waarvan eerder in de masterproef werd vastgesteld dat ze een meerwaarde bieden voor smartwatch notifications voor digitale assistenten. Allerlei concepten die eerder al in de design space uit hoofdstuk 4 en de studie uit hoofdstuk 5 aan bod kwamen, werden eerst gebundeld in design guidelines en vervolgens aan dit framework toegevoegd. De design guidelines geven aan welke visuele elementen en eigenschappen de notifications moeten hebben, en suggereren waar mogelijk ook specifieke instantiaties. Andere eigenschappen van geschikte notifications worden geabstraheerd in het framework op basis van de design guidelines. Het resultaat is een systeem dat geschikt is voor assisterende smartwatch notifications.

Hoofdstuk 7

Conclusies

Digitale apparaten komen vandaag de dag overal voor en hun gebruik zal alleen maar toenemen. Met deze toename van apparaten komt ook een toename van notifications, wat uiteindelijk zorgt voor een overdosis aan informatie voor de gebruiker. Deze uitdaging zien we ook bij digitale assistenten en vormde de focus van deze masterproef. Kortom draaiden de onderzoeksvragen rond welke concepten een meerwaarde bieden bij informatieoverdracht, welke visuele elementen en instantiaties hiervan essentieel zijn bij notifications en hoe deze visuele elementen gecombineerd kunnen worden tot een compleet geheel. Dit alles werd in de context gedaan van een multimodale, multi-device digitale assistent uit het Flanders Make SBO project “OperatorAssist”.

Om te weten te komen welke concepten een meerwaarde bieden bij het overbrengen van informatie binnen zo’n digitale assistent, ben ik begonnen met een brede, algemene exploratie rond multimodale interactie en multimodale systemen. Later kwamen hier ook notifications als concept bij, om de brede focus omtrent informatieoverdracht in te perken en concreter in te vullen. Hierna werd uiteindelijk de nadruk gelegd op de smartwatch als medium voor notifications binnen een multimodaal systeem. Deze exploratie leverde een overzicht van heel wat interessante concepten en werd aangevuld met een exploratie van visuele elementen in het dagelijks leven.

Na de nodige literatuur hierover verwerkt te hebben, resteerde een onderzoek naar deze visuele elementen om de bevindingen te structureren en op de proef te stellen. Hier kwam het tot de twee voornaamste aspecten binnen deze masterproef waar ik nog weinig tot geen ervaring mee had: een design space en studie. Beide waren buiten mijn expertise, wat mij de opportuniteit gaf om nieuwe ervaringen op te doen. Uit de literatuur en een onderzoek naar het gebruik van visuele elementen in het dagelijks leven, volgde de onderbouwde design space. Deze design space geeft een selectie van visuele elementen die in theorie als combinatie geschikt moeten zijn voor notifications op smartwatches, waarmee meteen de tweede onderzoeksvraag beantwoord werd.

Gebruik makend van de design space en enkele scenario’s binnen OperatorAssist werd dan iteratief een studie opgebouwd om tot specifieke instantiaties van de design space te komen en het geheel te verifiëren. Om geschikte visuele elementen voor assisterende notifications te realiseren, werd er gekozen voor een tweedelige studie, bestaand uit elicitation en verification. De volledig vrije input van de deelnemers tijdens de elicitation study bood enorm veel inzichten. De verification study die erop volgde, zorgde dan weer voor een goede dosis gestructureerde data wat de analyse van het geheel vergemakkelijkte. Er werd gekeken naar notifications voor drie niveaus: informatief, waarschuwend en kritiek. Hierbij kwam voor de visuele elementen kleur en vorm per niveau naar boven dat een blauwe cirkel, een geel-oranje driehoek en rode achthoek de duidelijkste variaties waren voor de drie niveaus. Rond icoontjes waren de conclusies veel uitgebreider. Samengevat zijn minimalistische icoontjes die de situatie zo eenvoudig mogelijk

uitbeelden of die behoren tot een standaard typisch het meest geliefd. Voor animaties waren de voornaamste bevindingen dat de mate van beweging in een animatie evenredig is met de dringendheid van de notification, alsook dat een pulse de meest geschikte animatie is voor een niveau. De animaties specifiek aan een scenario, zaten typisch verwerkt in het icoontje. Tot slot werden op basis van de resultaten enkele design guidelines geformuleerd voor het maken van smartwatch notifications voor digitale assistenten. Gebruik makend van deze richtlijnen werd een implementatie gerealiseerd, wat uitmondde in een systeem voor assiserende smartwatch notifications binnen OperatorAssist.

Naast de behaalde resultaten zijn er ook enkele aspecten die nog verder uitgebouwd kunnen worden. Een eerste onderdeel dat al meermaals is opgedoken is de kwestie van multimodale feedback. De uiteindelijke implementatie bevat momenteel trillingen en geluiden, maar zonder dat hier diepgaande onderbouwing voor is. De focus van de studie lag voornamelijk op het visuele aspect van notifications. Over dit visuele aspect valt echter ook iets te zeggen: een volgende stap in het werk zou een soort van acceptance study moeten zijn. De implementatie is nu opgebouwd uit geabstraheerde resultaten die uit de studies kwamen. De manier waarop deze resultaten uiteindelijk gecombineerd werden kan wel beredeneerd worden op basis van de resultaten van de studie, maar het eindresultaat is nog niet formeel geëvalueerd in een real-life context.

Ik heb veel geleerd tijdens het afleggen van deze masterproef. Een eerste concrete kennismaking had ik in de zomer voor de aanvang van deze masterproef door de enkele weken vakantiewerk in EDM, waarin ik met heel wat concepten en apparaten, waaronder smartwatches, kennis maakte. Verder werd ik binnen de masterproef heel wat ervaring rijker in het gestructureerd verwerken van allerlei literatuur. Verder maakte ik zoals eerder aangehaald kennis met twee nieuwe concepten: het aflijnen van een design space en het uitvoeren van een studie. Voor de studie in bijzonder ben ik buiten mijn comfort zone moeten gaan en heb ik mijn sociale vaardigheden kunnen bijschaven. Verder was een elicitation study een concept dat ik niet eerder was tegengekomen, maar het gaf heel interessante resultaten. Bij de implementatie heb ik leren werken met de frameworks en technologieën die gebruikt worden binnen OperatorAssist en in bijzonder het tekenen van de notifications binnen het systeem.

Niet onbelangrijk te vermelden is dat ik na het hele proces ook meer weet waar mijn interesses al dan niet liggen. Al ben ik dan heel wat hands-on praktische HCI-kennis rijker, toch heb ik het eerder abstracte deel van mijn andere interesses zoals AI wel gemist. Een mooie symbiose vinden van de twee zou ideaal zijn. Een manier waarop dit mogelijk zou kunnen zijn, is door slimme notifications. Omdat de uiteindelijke focus meer op het visuele aspect van notifications is komen te liggen, werden concepten uit de literatuurstudie rond attention management en interruption overload uit sectie 3.1 niet verder uitgediept. Als future work zou het interessant zijn om dit aspect van de masterproef verder te onderzoeken en te bundelen tot een sterker geheel.

Bijlage A

Appendix

A.1 Verification study form

Notification Design Space Studie

Het doel van deze studie: te weten komen welke visuele elementen helpen om de juiste boodschap over te brengen aan de gebruiker in context van een digital assistant. De resultaten van deze studie zullen bijdragen tot de nieuwe generatie van digital assistants voor operatoren in de maakindustrie. Binnen de context van deze studie kan een operator gezien worden als een persoon die een fysieke component moet assembleren en de digital assistant als een systeem dat de operator hierbij begeleidt. De visuele elementen die u gaat evalueren, maken deel uit van een notification-systeem voor een digitale assistent, ontworpen voor een smartwatch.

Voor de notifications zijn er drie verschillende niveaus van dringendheid:

- **Informatief:** niet dringend, ter informatie. Bijvoorbeeld een notification die simpelweg de huidige tijd weergeeft of die de operator laat weten dat de component geassembleerd is.
- **Waarschuwing:** nog niet dringend. De operator moet aandachtig zijn, maar verkeert niet in direct gevaar. Bijvoorbeeld een notification die tijdskritische informatie overbrengt, zoals lijm die droogt, of die de operator waarschuwt dat zij/hij bepaalde voorzorgsmaatregelen moet treffen qua veiligheid.
- **Kritiek:** heel dringend. De operator moet meteen actie ondernemen! Bijvoorbeeld een notification die meldt dat er een imminent risico tot ontploffing of elektrocutie is, of die aangeeft dat de component schade zal oplopen indien de operator niet onmiddellijk ingrijpt.

De visuele elementen die gebruikt zullen worden:

- Kleur
- Vorm
- Icoon
- Animatie

* Indicates required question

Persoonlijke gegevens

1. Leeftijd *

Mark only one oval.

- 18-24
 25-34
 35-44
 45-54
 55-64
 65+

2. Geslacht *

Mark only one oval.

- M
 V
 Andere
 Zeg ik liever niet.

Elicitation study

Design space: Kleur - informatief

Geef voor elke kleur aan in welke mate deze volgens u een informatieve notification weergeeft.

3. Rood *



Mark only one oval.

- Slecht
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- Goed

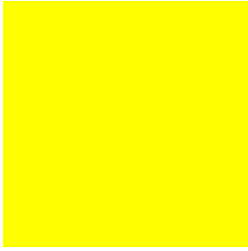
4. Oranje *



Mark only one oval.

- Slecht
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- Goed

5. Geel *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

6. Groen *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

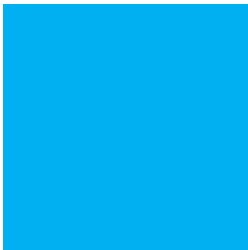
3

4

5

Goed

7. Blauw *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

8. Paars *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

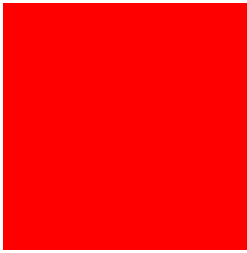
Goed

9. Andere suggestie:

Design space: kleur - waarschuwing

Geef voor elke kleur aan in welke mate deze volgens u een **waarschuwende** notification weergeeft.

10. Rood *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

11. Oranje *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

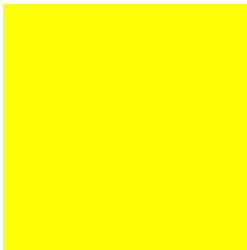
3

4

5

Goed

12. Geel *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

13. Groen *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

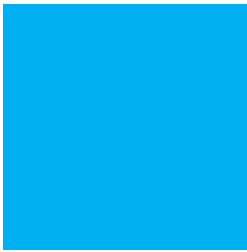
3

4

5

Goed

14. Blauw *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

15. Paars *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

16. Andere suggestie:

Design space: kleur - kritiek

Geef voor elke kleur aan in welke mate deze volgens u een **kritieke** notification weergeeft.

17. Rood *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

18. Oranje *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

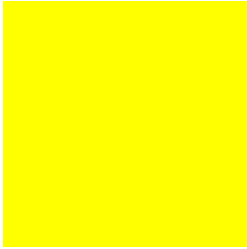
3

4

5

Goed

19. Geel *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

20. Groen *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

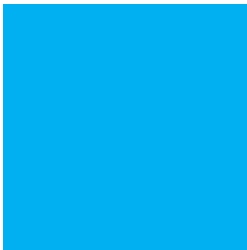
3

4

5

Goed

21. Blauw *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

22. Paars *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

23. Andere suggestie:

Design space: vorm

In deze sectie wordt er gevraagd om voor elk van de drie verschillende niveaus enkele vormen te rangschikken. De bedoeling is dat u aangeeft welke vorm het best overeenkomt met het gegeven niveau. Hierbij is **rang 1 de vorm die het beste** met het gegeven niveau overeenkomt.

Informatief

24. Rangschik de volgende vormen naargelang de vorm die het best een **informatieve** notification weergeeft. *



Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Cirkel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Driehoek (punt vanboven)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Driehoek (punt beneden)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vierkant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vierkant (gedraaid)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zeshoek	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Achthoek	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ster	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

27. Andere suggestie:

Kritiek

28. Rangschik de volgende vormen naargelang de vorm die het best een **kritieke** notification weergeeft. *



Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Cirkel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Driehoek (punt vanboven)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Driehoek (punt beneden)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vierkant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vierkant (gedraaid)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zeshoek	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Achthoek	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ster	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

25. Andere suggestie:

Waarschuwing

26. Rangschik de volgende vormen naargelang de vorm die het best een **waarschuwend** notification weergeeft. *



Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Cirkel	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Driehoek (punt vanboven)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Driehoek (punt beneden)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vierkant	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vierkant (gedraaid)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Zeshoek	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Achthoek	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ster	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29. Andere suggestie:

Design space: icon

In deze sectie wordt er gevraagd om een icoon te kiezen voor het gegeven scenario. Dit icoon zal getoond worden **bovenop en in combinatie met een van de vormen en kleuren**.

Voor elk scenario zullen er drie mogelijkheden worden getoond. Gelieve voor elk scenario de mogelijkheid aan te duiden die er het best bij past. Indien geen van de gevallen goed past bij het gegeven scenario, gelieve een alternatief te geven als vierde mogelijkheid. Dit alternatief mag gebaseerd zijn op de voorgaande iconen, maar u mag ook iets helemaal nieuw creëren.

Uiteindelijk wordt er bij elke vraag ook gevraagd waarom u deze keuze heeft gemaakt om te weten te komen wat er precies voor zorgt dat dit icoon bij dit scenario past.

30. Welk icoon vindt u het duidelijkst om een **tijdskritische** notification te geven? *

Mark only one oval.

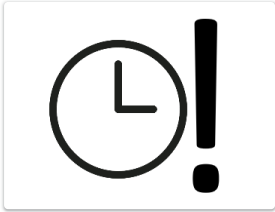


1



2

Other: _____



3

31. Waarom? *

34. Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker bepaalde **voorzorgsmaatregelen moet nemen**? *

Mark only one oval.



1



2

Other: _____



3

35. Waarom? *

32. Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification omtrent een **gevaarlijke substantie** te geven? *

Mark only one oval.



1



2

Other: _____



3

33. Waarom? *

36. Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker het **verkeerde materiaal gebruikt**? *

Mark only one oval.



1



2

Other: _____



3

37. Waarom? *

38. Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker het verkeerde gereedschap gebruikt? *

Mark only one oval.



1



2

Other: _____



3

39. Waarom? *

42. Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij risico op ontploffingen? *

Mark only one oval.



1



2

Other: _____



3

43. Waarom? *

40. Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven indien de gebruiker het gereedschap verkeerd heeft ingesteld? *

Mark only one oval.



1



2

Other: _____



3

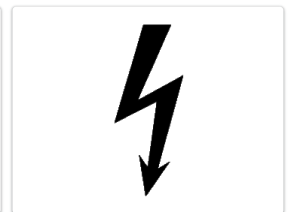
41. Waarom? *

44. Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij risico op electrocutie? *

Mark only one oval.



1



2

Other: _____



3

45. Waarom? *

46. Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij **risico op inademen van giftige gassen**? *

Mark only one oval.



1



2

Other: _____



3

47. Waarom? *

48. Welk icoon vindt u het duidelijkst om een notification te geven bij een algemeen **risico op gevaar tot een persoon**? *

Mark only one oval.



1



2

Other: _____



3

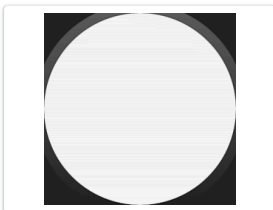
49. Waarom? *

Design space: animatie

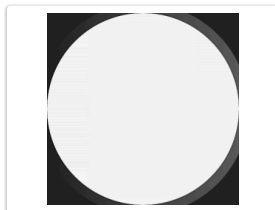
In deze sectie wordt er gevraagd welke animatie een extra meerwaarde zou bieden, aanvullend bij de vorige visuele aspecten (kleur, vorm en icoon), gegeven een bepaald niveau.

50. Welk van volgende animaties heeft een meerwaarde bij het weergeven van een **informatieve** notification? *

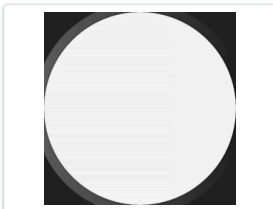
Check all that apply.



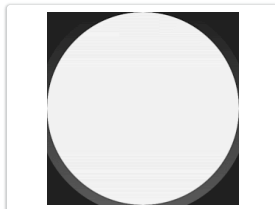
Top to bottom



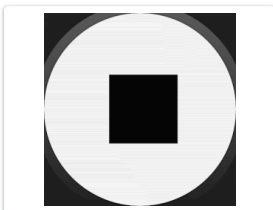
Right to left



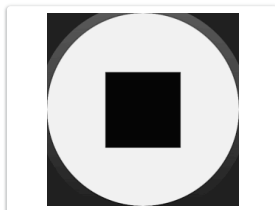
Left to right



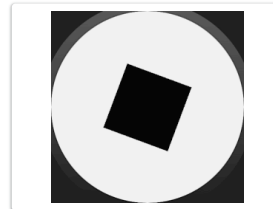
Bottom to top



Vibrate



Pulse

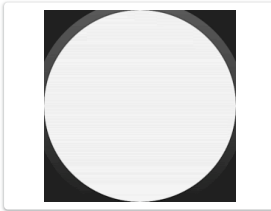


Spin

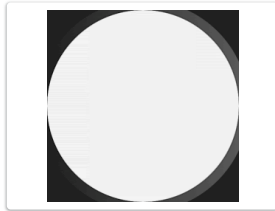
Geen animatie

51. Welk van volgende animaties heeft een meerwaarde bij het weergeven van een **waarschuwend**e notification? *

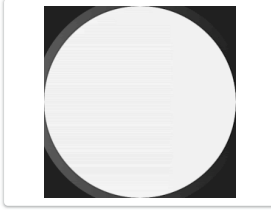
Check all that apply.



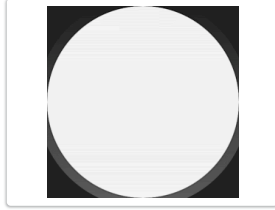
Top to bottom



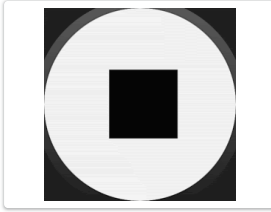
Right to left



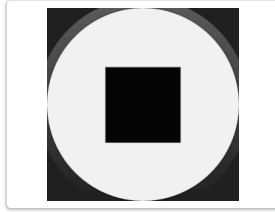
Left to right



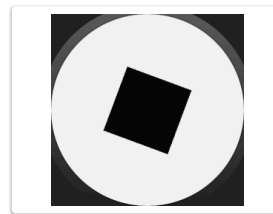
Bottom to top



Vibrate



Pulse

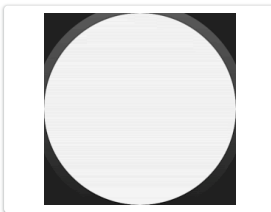


Spin

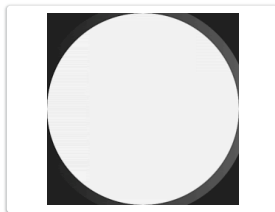
Geen animatie

52. Welk van volgende animaties heeft een meerwaarde bij het weergeven van een **kritieke** notification? *

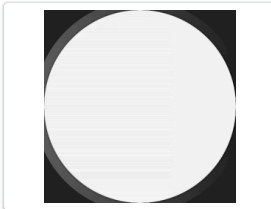
Check all that apply.



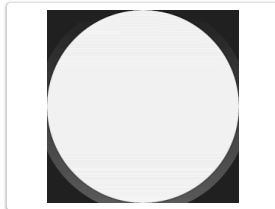
Top to bottom



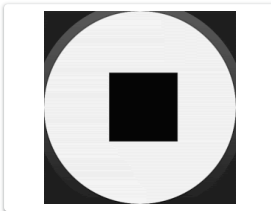
Right to left



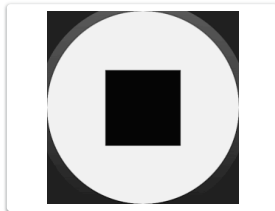
Left to right



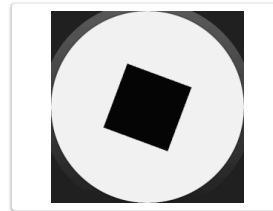
Bottom to top



Vibrate



Pulse



Spin

Geen animatie

Design space: andere elementen

Welk van volgende technieken zou nog een extra meerwaarde kunnen bieden?

53. Het veranderen van een vorm om aan te geven dat een notification overgaat van waarschuwend tot kritiek. *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

54. Waarom? *

55. Een kleurovergang om aan te geven dat een notification overgaat van waarschuwend tot kritiek. *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

56. Waarom? *

57. Een pulse om aan te geven dat het niveau van dringendheid omhoog gaat. *



Mark only one oval.

Slecht

1

2

3

4

5

Goed

58. Waarom? *

59. Het opdrijven van de snelheid van andere animaties naargelang de notification dringender wordt. *

Mark only one oval.

Ja

Nee

Elicitation study: revisie

Einde: opmerkingen

60. Heeft u nog een opmerking?

This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

Bibliografie

- [Adamczyk and Bailey, 2004] Adamczyk, P. D. and Bailey, B. P. (2004). If not now, when? the effects of interruption at different moments within task execution. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 271–278.
- [Aerospace, 2020] Aerospace, M. (2020). Why do airplanes have red and green lights?
- [Amazon, 2023] Amazon (2023). Amazon alexa.
- [Anderson et al., 2018] Anderson, C., Hübener, I., Seipp, A.-K., Ohly, S., David, K., and Pejovic, V. (2018). A survey of attention management systems in ubiquitous computing environments. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 2(2):1–27.
- [Android, 2022a] Android (2022a). Notifications on wear os.
- [Android, 2022b] Android (2022b). Notifications overview.
- [Android, 2022c] Android (2022c). Toast overview.
- [Bailey et al., 2001] Bailey, B. P., Konstan, J. A., and Carlis, J. V. (2001). The effects of interruptions on task performance, annoyance, and anxiety in the user interface. In *Interact*, volume 1, pages 593–601.
- [Britch et al., 2023] Britch, D., Gechev, I., and J, C. (2023). What is .net maui?
- [Concepts, 2023] Concepts (2023). Concepts. Online.
- [Cutolo, 2022] Cutolo, M. (2022). This is why traffic lights are red, yellow and green.
- [Design, 2022a] Design, A. (2022a). Message.
- [Design, 2022b] Design, A. (2022b). Modal.
- [Design, 2022c] Design, A. (2022c). Notification.
- [Flutter, 2022a] Flutter (2022a). Alerdialog class.
- [Flutter, 2022b] Flutter (2022b). Simpledialog class.
- [Flutter, 2022c] Flutter (2022c). Snackbar class.
- [for Europe, 2006] for Europe, U. N. E. C. (2006). Assessment of capacity of commonwealth of independent states and southeast european countries to produce mdg relevant statistics.
- [Geurts and Sankaran, 2018] Geurts, E. and Sankaran, S. (2018). Exploring the design of visual cues on smartwatches to trigger actions related to physical activities.
- [Google, 2023] Google (2023). Google assistant.
- [Gutwin et al., 2017] Gutwin, C., Cockburn, A., and Coveney, A. (2017). Peripheral popout: The influence of visual angle and stimulus intensity on popout effects. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 208–219.

- [Ibanez, 2012] Ibanez, N. (2012). How to read traffic signs: Recognizing shapes and colors.
- [IO, 2022a] IO, M. (2022a). Banners.
- [IO, 2022b] IO, M. (2022b). Dialogs.
- [IO, 2022c] IO, M. (2022c). Snackbars.
- [Iqbal and Horvitz, 2007] Iqbal, S. T. and Horvitz, E. (2007). Disruption and recovery of computing tasks: field study, analysis, and directions. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 677–686.
- [Ishige and Imai, 2020] Ishige, T. and Imai, J.-i. (2020). Peripheral notification that does not interfere with user’s concentration by interactive projection. In *2020 Joint 11th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 21st International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS-ISIS)*, pages 1–5. IEEE.
- [Kahuha, 2021] Kahuha, E. (2021). How to choose levels of logging.
- [Kim et al., 2018] Kim, A., Choi, W., Park, J., Kim, K., and Lee, U. (2018). Interrupting drivers for interactions: Predicting opportune moments for in-vehicle proactive auditory-verbal tasks. *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, 2(4):1–28.
- [Kobayashi and Yamada, 2013] Kobayashi, K. and Yamada, S. (2013). Shape changing device for notification. In *UIST ’13 Adjunct*.
- [LG, 2020] LG (2020). [g4] – small led light in top left corner.
- [LG, 2021] LG (2021). What is the notification led on my lg g7?
- [Li and Chundi, 2019] Li, H. and Chundi, H. K. (2019). Using tactile and multimodal notifications on smart watches in clinical settings. In *Proceedings of the International Symposium on Human Factors and Ergonomics in Health Care*, volume 8, pages 161–163. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA.
- [Liu et al., 2014] Liu, Y., Jia, Y., Pan, W., and Pfaff, M. S. (2014). Supporting task resumption using visual feedback. In *Proceedings of the 17th ACM conference on Computer supported cooperative work & social computing*, pages 767–777.
- [log4j, 2023] log4j (2023). Welcome to log4j 2!
- [Lonvick et al., 1980] Lonvick, C. M., Harrington, D., and Turner, S. (1980). Security issues in network event logging (syslog).
- [Luyten et al., 2016] Luyten, K., Degraen, D., Rovelo Ruiz, G., Coppers, S., and Vanacken, D. (2016). Hidden in plain sight: An exploration of a visual language for near-eye out-of-focus displays in the peripheral view. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 487–497.
- [Mairena et al., 2019] Mairena, A., Gutwin, C., and Cockburn, A. (2019). Peripheral notifications in large displays: Effects of feature combination and task interference. In *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–12.
- [Mark et al., 2008] Mark, G., Gudith, D., and Klocke, U. (2008). The cost of interrupted work: more speed and stress. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 107–110.
- [Matsui and Nakamura, 2018] Matsui, K. and Nakamura, S. (2018). Influence on time evaluation by presenting visual stimulus in peripheral vision. *J. Inf. Process. Soc. Japan*, 59(3):970–978.

- [Morris et al., 2010] Morris, M. R., Wobbrock, J. O., and Wilson, A. D. (2010). Understanding users' preferences for surface gestures. In *Proceedings of graphics interface 2010*, pages 261–268. Canadian Information Processing Society.
- [Neshati et al., 2019] Neshati, A., Leboe-Mcgowan, L., Leboe-Mcgowan, J., Serrano, M., Irani, P., et al. (2019). G-sparks: Glanceable sparklines on smartwatches. In *45th Conference on Graphics Interface (GI 2019)*, pages 1–9.
- [Nielsen, 1994] Nielsen, J. (1994). Heuristic evaluation. *Usability Inspection Methods*.
- [Nielsen, 2020] Nielsen, J. (2020). 10 usability heuristics for user interface design.
- [Nothing, 2023a] Nothing (2023a). Let's talk about nothing.
- [Nothing, 2023b] Nothing (2023b). Nothing phone (1).
- [Okoshi et al., 2015a] Okoshi, T., Ramos, J., Nozaki, H., Nakazawa, J., Dey, A. K., and Tokuda, H. (2015a). Attelia: Reducing user's cognitive load due to interruptive notifications on smart phones. In *2015 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, pages 96–104.
- [Okoshi et al., 2015b] Okoshi, T., Ramos, J., Nozaki, H., Nakazawa, J., Dey, A. K., and Tokuda, H. (2015b). Reducing users' perceived mental effort due to interruptive notifications in multi-device mobile environments. In *Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, pages 475–486.
- [Paessler, 2021] Paessler (2021). It explained: Syslog.
- [Papanastasiou et al., 2019] Papanastasiou, S., Kousi, N., Karagiannis, P., Gkournelos, C., Papavasileiou, A., Dimoulas, K., Baris, K., Koukas, S., Michalos, G., and Makris, S. (2019). Towards seamless human robot collaboration: integrating multimodal interaction. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105:3881–3897.
- [Paul et al., 2015] Paul, C. L., Komlodi, A., and Lutters, W. (2015). Interruptive notifications in support of task management. *International Journal of Human-Computer Studies*, 79:20–34.
- [Poppinga et al., 2014] Poppinga, B., Heuten, W., and Boll, S. (2014). Sensor-based identification of opportune moments for triggering notifications. *IEEE Pervasive Computing*, 13(1):22–29.
- [Richter, 2017] Richter, F. (2017). What smartwatches are actually used for. <https://www.statista.com/chart/10783/use-cases-for-smartwatches/>.
- [Rosenholtz et al., 2012] Rosenholtz, R., Huang, J., Raj, A., Balas, B. J., and Ilie, L. (2012). A summary statistic representation in peripheral vision explains visual search. *Journal of vision*, 12(4):14–14.
- [Rovelo Ruiz et al., 2014] Rovelo Ruiz, G. A., Vanacken, D., Luyten, K., Abad, F., and Camahort, E. (2014). Multi-viewer gesture-based interaction for omni-directional video. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 4077–4086.
- [Safaei et al., 2017] Safaei, B., Monazzah, A. M. H., Bafroei, M. B., and Ejlali, A. (2017). Reliability side-effects in internet of things application layer protocols. In *2017 2nd International Conference on System Reliability and Safety (ICSRS)*, pages 207–212. IEEE.
- [Samsung, 2023] Samsung (2023). What do the notification light colours mean on my samsung galaxy smartphone?
- [Smith and Atchison, 1997] Smith, G. and Atchison, D. A. (1997). *The eye and visual optical instruments*. Cambridge University Press.

- [Smith, 2022] Smith, S. B. (2022). This is the reason why road signs are designed in different shapes.
- [Tarasewich et al., 2003] Tarasewich, P., Campbell, C. S., Xia, T., and Dideles, M. (2003). Evaluation of visual notification cues for ubiquitous computing. In *UbiComp 2003: Ubiquitous Computing: 5th International Conference, Seattle, WA, USA, October 12-15, 2003. Proceedings 5*, pages 349–366. Springer.
- [Thompson, 1985] Thompson, R. F. (1985). *The brain: An introduction to neuroscience*. WH Freeman/Times Books/Henry Holt & Co.
- [Toreini et al., 2022] Toreini, P., Langner, M., Maedche, A., Morana, S., and Vogel, T. (2022). Designing attentive information dashboards. *Journal of the Association for Information Systems*, 23(2):521–552.
- [Tufte, 2001] Tufte, E. R. (2001). The visual display of quantitative information.
- [tutorialspoint, 2023] tutorialspoint (2023). log4j - logging levels.
- [UHasselt, 2021] UHasselt (2021). Project r-12004.
- [UI, 2022a] UI, M. (2022a). Alert.
- [UI, 2022b] UI, M. (2022b). Dialog.
- [Vastenburger et al., 2008] Vastenburger, M. H., Keyson, D. V., and De Ridder, H. (2008). Considerate home notification systems: a field study of acceptability of notifications in the home. *Personal and Ubiquitous Computing*, 12:555–566.
- [Wallmyr et al., 2019] Wallmyr, M., Sitompul, T. A., Holstein, T., and Lindell, R. (2019). Evaluating mixed reality notifications to support excavator operator awareness. In *Human-Computer Interaction—INTERACT 2019: 17th IFIP TC 13 International Conference, Paphos, Cyprus, September 2–6, 2019, Proceedings, Part I 17*, pages 743–762. Springer.
- [Ware, 2019] Ware, C. (2019). *Information visualization: perception for design*. Morgan Kaufmann.
- [Williamson and Cummins, 1983] Williamson, S. J. and Cummins, H. Z. (1983). *Light and color in nature and art*, volume 1. Wiley New York.
- [Zijlstra et al., 1999] Zijlstra, F. R., Roe, R. A., Leonora, A. B., and Krediet, I. (1999). Temporal factors in mental work: Effects of interrupted activities. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 72(2):163–185.