
Team 12

Martijn Debeuf	44h
Toon Sauvillers	10000h
Seppe Van Steenbergen	10000h

Inhoudsopgave

1 Inleiding	2
2 Achtergrond	2
2.1 Kleurmodellen en ruimtes	2
3 Methode	3
4 Bevindingen	4
4.1 Kleurruimte	4
4.2 Omgevingsfactoren	5
4.2.1 Omgeving	5
4.2.2 Lichtinval	6
4.2.3 Helderheid scherm	6
5 Besluit	7
5.1 Toepassingen op het project	7
A Percentage verkeerd geïnterpreteerde kleur per kleur	8
B Spectrum plots	12
B.1 RGB plots	12
B.2 Histogrammen	13
B.3 HSL plots	14
B.3.1 3D	14
B.3.2 2D	15

1 Inleiding

Kleurdetectie is een belangrijke component in het identificatie- en detectiealgoritme van de *Screencaster*. Vooral het identificatiealgoritme heeft nood aan een correcte interpretatie van kleur. Om een concretere kennis te verkrijgen binnen dit gebied van het project is een collectie aan beeldmateriaal verzameld. Aan de hand van deze gegevens zullen beslissingen genomen kunnen worden zoals welke kleuren best gebruikt worden. Er zijn verscheidene manieren om kleuren te detecteren. Het verslag behandelt enerzijds de verschillen in kleurruimten. Hierbij wordt vooral dieper ingegaan op HSL en RGB. Anderzijds behandelt het de verschillen in omgeving, belichting en helderheid waarbij gekeken wordt hoe deze effect hebben op het al dan niet juist identificeren van de kleuren.

De focus van dit verslag ligt op hoe deze bevindingen het project kunnen verbeteren. De herkenning gebeurt momenteel op basis van een kleurbereik in HSL. Dit is alreeds uitvoerig besproken in vorige verslagen. In het besluit, meer bepaald subsectie 5.1, wordt dieper ingegaan op de veranderingen die kunnen gebeuren om de schermdetectie te verbeteren.

2 Achtergrond

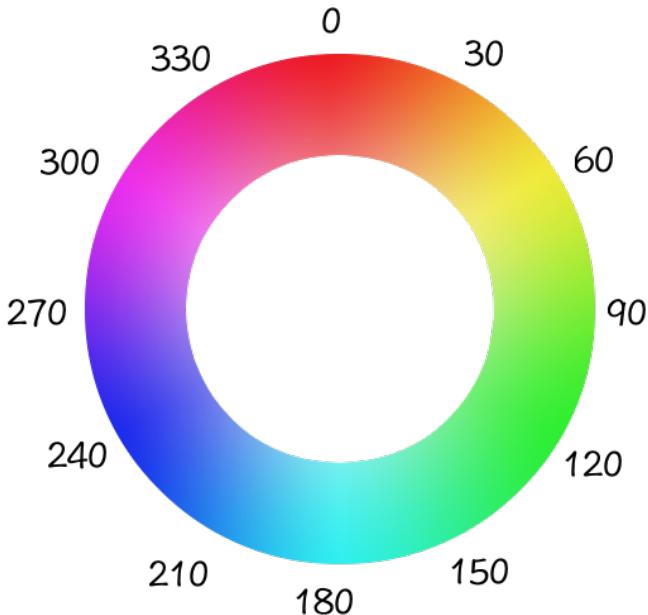
Het onderscheiden en detecteren van verschillende kleuren speelt een belangrijke rol bij het detecteren van schermen. De waarneming van een kleur aan de hand van een foto stemt echter niet altijd overeen met de afgebeelde kleur op een scherm. De voornaamste oorzaken hiervan zijn lichtinval en reflectie. Tijdens detectie moet er dus rekening gehouden worden met deze factoren. De keuze van de kleurruimte zal hierbij essentieel zijn om een goede range op te stellen voor detectie van de verschillende kleuren.

2.1 Kleurmodellen en ruimtes

RGB is een additief kleurmodel waarbij een kleur wordt beschreven aan de hand van de drie primaire kleuren: rood, groen en blauw. Elke kleur wordt gevormd aan de hand van een combinatie van deze drie kleuren. RGB wordt heel veel gebruikt in grafische toepassingen. Wanneer een foto door een computer wordt uitgelezen zal dit ook in RGB-waarden gebeuren. Het RGB-model vormt een niet-lineaire en discontinue ruimte. Deze discontinuïteit maakt het beschrijven van een verandering in tint moeilijk. Daarnaast is het RGB-model gevoelig aan verandering van licht, wat resulteert in een verandering van tint.

HSL en HSV maken allebei deel uit van het cylindrisch model. Deze worden beschreven in drie dimensies: een hoek, die de tint voorstelt gaande van 0° (rood), naar 120° (groen), richting 240° (blauw), om uiteindelijk bij 360° (rood) rond te zijn (zie figuur 1). Een horizontale dimensie, die de saturatie beschrijft en een verticale dimensie, die de lichtheid (HSL) of waarde (HSV) bepaalt. Het voornaamste voordeel van deze modellen over andere modellen is het feit dat ze immuun zijn aan veranderingen in licht. Want deze zitten in een aparte dimensie. Een ander voordeel is de continue tint in de HSV- en HSL-modellen. HSL wordt uiteindelijk boven HSV verkozen door zijn symmetrie voor licht en donker. [?] [?]

CIE is gemaakt door de Commission Internationale de l'Éclairage (CIE). Het was het eerste model dat kleuren wiskundig kan voorstellen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de link tussen de verschillende golflengtes van het visueel spectrum en de manier waarop



Figuur 1: De waarden van de verschillende tinten in HSL. [?]

mensen kleuren waarnemen. Het CIE-model lag ook aan de basis van bijna alle andere kleurmodellen die achteraf ontwikkeld zijn. Het grootste nadeel van het gebruik van dit model is de complexe omzetting van RGB naar CIE. Om deze reden wordt dit model niet verder bekeken.

3 Methode

Voor het onderzoek zijn 689 foto's genomen met drie verschillende smartphones. De gekleurde schermen werden weergegeven op drie verschillende laptops. Er is verder geen onderscheid gemaakt tussen de diverse modellen van schermen en smartphones. Het experiment kan dus uitgevoerd worden met om het even welke laptop en smartphone. De gebruikte kleuren en hun waarden binnen de onderzochte kleurruimten zijn weergegeven in tabel 1. De schermen zijn gefotografeerd onder variërende omstandigheden. Er is een onderscheid gemaakt tussen de hoeveelheid omgeving die meegenomen is in de afbeelding, onderverdeeld in vier categoriën. Elke kleur is gefotografeerd geweest met geen, 10%, 40% en 80% omgeving. Daarnaast werd ook de helderheid van de schermen gewijzigd. De gebruikte standen zijn 25%, 50%, 75% en 100%. Als laatste factor zijn de foto's eens genomen in het donker, dus in afwezigheid van lichtbronnen maar ook eens met artificieel licht. Tijdens de analyse van de afbeelding is dan nog eens onderscheid gemaakt tussen de twee kleurruimten, dit resulteert in een gegevensbank van 1378 afbeeldingen. Meerdere componenten zijn nodig om kleuren te vergelijken. Een gegevensbank opgesteld met *MySQL* en *phpMyAdmin* houdt deze waarden bij. Het onderzoek baseert zich dan op deze verschillende eigenschappen. Als eerste wordt voor elke foto de kleur bijgehouden die weergegeven was op het scherm. Daarnaast is ook de kleur die het programma gedetecteerd heeft van belang. Voor deze twee kleuren wordt ook bijgehouden hoeveel procent van de foto uit die kleur bestaat. Zowel voor HSL als voor RGB kijkt het algoritme naar

Kleur	[R, G, B]	Hue
Rood	[255, 0, 0]	0 en 360
Groen	[0, 255, 0]	120
Blauw	[0, 0, 255]	240
Geel	[128, 128, 0]	60
Cyaan	[0, 128, 128]	180
Magenta	[128, 0, 128]	300
Wit	[255, 255, 255]	$L \leq 10$
Zwart	[0, 0, 0]	$L \geq 90$

Tabel 1: De RGB en hue waarden van de theoretische kleuren.

de kleurafstand. Bij RGB is dit de Euclidische afstand.

$$|RGB| = \sqrt{(R_1 - R_2)^2 + (G_1 - G_2)^2 + (B_1 - B_2)^2}$$

De methode vergelijkt zo elke pixel met de theoretische waarden uit tabel 1. De gedetecteerde kleur is diegene met de kleinste afstand tot de pixel. Voor HSL is ook de Euclidische afstand gebruikt. Echter kijkt deze enkel naar de hue-waarde, voor zwart en wit kijkt het algoritme naar de lichtsterkte. Minder dan tien procent wordt als zwart beschouwd, meer dan negentig als zwart.

$$|HSL| = \sqrt{(H_1 - H_2)^2}$$

Ook de eerder vermelde factoren als omgeving en dergelijke worden mee opgeslagen. Als laatste geeft een boolean nog weer of de kleur effectief correct werd gedetecteerd.

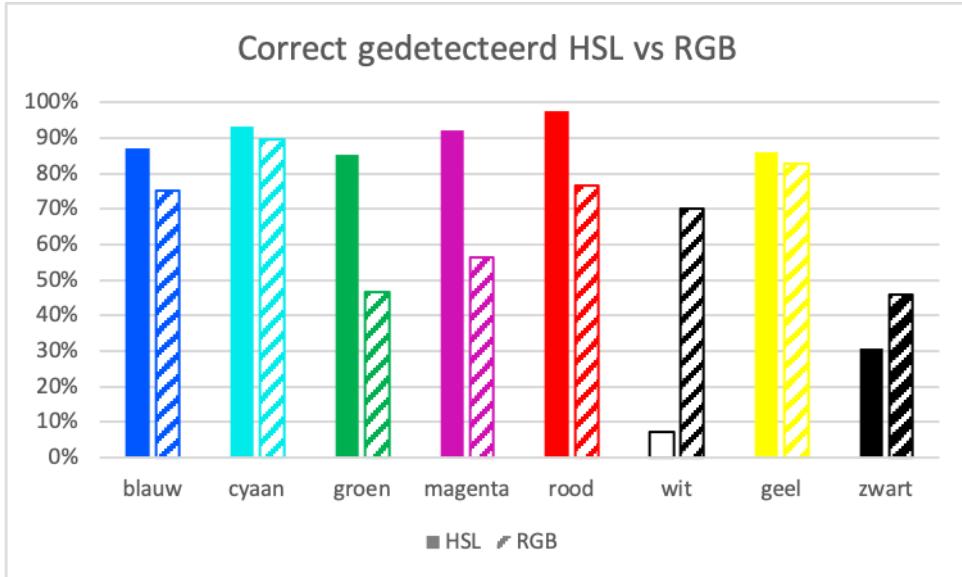
4 Bevindingen

Uit de bekomen data kunnen nu conclusies genomen worden omtrent de manier waarop kleuren gebruikt en geïnterpreteerd worden in het project. Hiervoor kan er gekeken worden naar de geslaagde detecties in het algemeen, gegeven de helderheid van het scherm, de gebruikte kleurruimte, omgeving, belichting en afstand tot de exacte kleur. Indien de kleur niet correct werd gedetecteerd kan nog vergeleken worden welke kleuren er dan volgens het programma te zien zijn.

4.1 Kleurruimte

Detectie van kleuren kan binnen verschillende kleurruimten, in dit onderzoek zijn RGB en HSL gebruikt om de schakeringen te detecteren, in sectie 2 staat meer achtergrond-informatie hieromtrent. Een eerste bemerking in het verschil tussen RGB en HSL is dat HSL een betere detectieratio heeft voor alle kleuren, zie figuur 2. RGB herkent dan weer duidelijk beter het wit en het zwart. Dit verschil is toe te wijzen aan de restrictie op het herkennen van zwart en wit in HSL. De lichtsterkte moet ofwel kleiner dan 10 ofwel groter dan 90 zijn om respectievelijk zwart en wit te detecteren. Het is een strikte restrictie om beiden te herkennen.

Met uitzondering tot geel en cyaan zijn alle kleuren met een verschil van minstens 10% beter herkend door HSL. Bij zowel groen, blauw, magenta als rood is HSL opmerkelijk beter. Deze kleuren gaan over, of leunen aan bij, 90% detectieratio. De detectie van



Figuur 2: Verschil tussen juist gedetecteerde kleuren in HSL en RGB per kleur.

rood leunt zelfs aan tegen de 100%. Om kleuren te herkennen heeft HSL duidelijk een meerwaarde. Wit en zwart herkennen gebeurt best niet met een kleurdetectie, ze zijn vaak geïdentificeerd als een andere kleur, zie sectie ?? omtrent kleuren. Het contrast tussen deze twee is een betere keuze om ze te onderscheiden van elkaar.

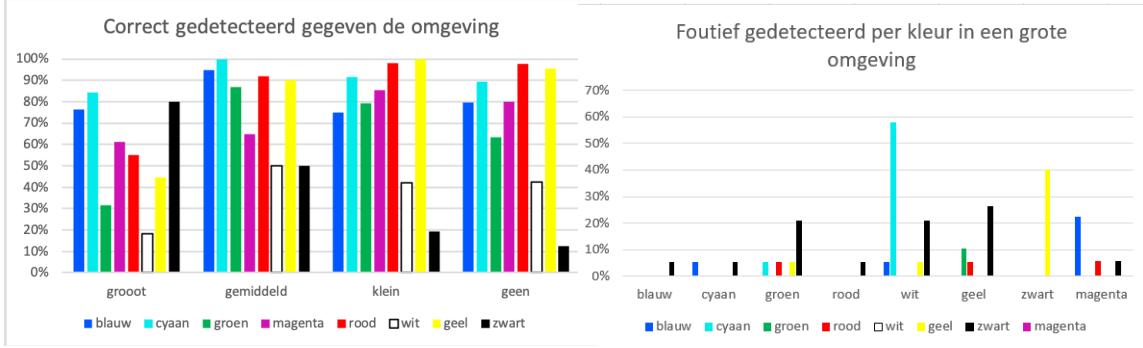
4.2 Omgevingsfactoren

Een van de grote onderzoeksvragen is welke omgevingsfactoren een effect hebben op het herkennen van kleuren. Zo zou de grootte van de omgeving de herkenning positief of negatief kunnen beïnvloeden, meer omgeving betekent namelijk dat de camera meer omgevingslicht binnenkrijgt. Alsook het licht kan een beïnvloedende factor zijn, de foto's behandelen twee soorten lichtinval: geen en artificieel licht. Buitenlicht zal niet besproken worden, de *Screencaster* gaat ervan uit dat de schermen binnenshuis staan. Laatste omgevingsfactor is de helderheid van het scherm zelf. Heeft dit een grote invloed op de detectie? En hebben verschillende factoren een invloed op elkaar?

4.2.1 Omgeving

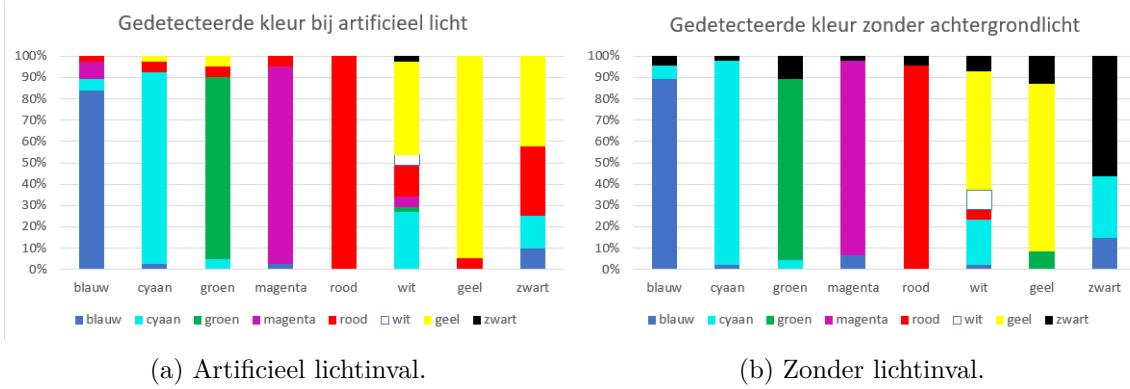
De foto's hebben verschillende groottes van omgeving. De omgeving kan groot ($\approx 80\%$), gemiddeld ($\approx 40\%$), klein ($\approx 10\%$) of niet aanwezig zijn. In figuur 3(a) zijn de bevindingen weergegeven. Per grootte van omgeving is weergegeven hoeveel procent van elke kleur juist werd gedetecteerd.

De detectie van kleuren gebeurt het beste bij een gemiddelde of kleine omgevingsgrootte. Wanneer de omgeving groot is, scoort de herkenning het slechtst. In figuur 3(b) staat per kleur welke kleur foutief is herkent, enkel en alleen bij een grote omgeving. Wat opvalt is dat vooral zwart als foute kleur naar voren treedt en dan vooral bij groen, wit en geel. Dit is toe te wijzen aan het feit dat met meer lichtinval de schermen donkerder tonen op de foto. Door een grotere omgeving zal de artificiële intelligentie in de camera de focus niet meer op het scherm leggen. Indien zwart niet meer gebruikt zou worden en de restrictie op de lichtsterkte bij HSL niet meer geldt, kan dit probleem opgelost worden, dit vergt echter verder onderzoek.



(a) Per kleur correct gedetecteerd gegeven de omgevingsgrootte. (b) Per kleur de foutief herkende kleur in grote omgeving.

Figuur 3: Grafieken met betrekking tot de omgevingsgrootte.



(a) Artificieel lichtinval.

(b) Zonder lichtinval.

Figuur 4: Gedetecteerde kleur per kleur. (HSL)

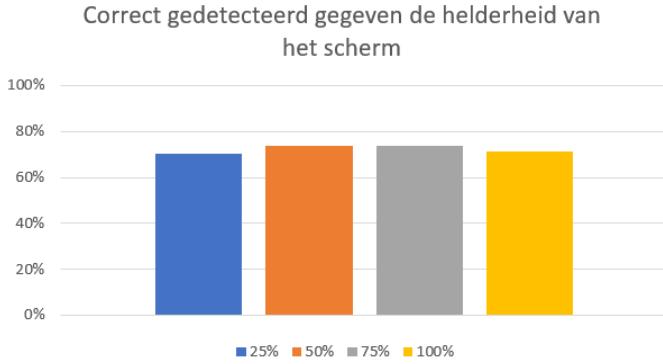
4.2.2 Lichtinval

Twee soorten lichtinval worden behandeld, artificieel licht en helemaal geen lichtinval met andere woorden een donkere kamer. In figuren 4(a) en 4(b) staan de gedetecteerde kleuren per kleur bij respectievelijk artificieel licht en geen lichtinval. Rood komt bij artificieel licht in elke kleur voor, dit is toe te wijzen aan het licht dat een rode schijn achterlaat op de schermen. Zonder achtergrondverlichting komt vooral zwart foutief terug. Dit is te wijten aan het algoritme dat naast het scherm gedetecteerd heeft.

Zwart detecteren is opvallend slecht bij artificieel licht, door de strenge restrictie ($L < 10$) en reflectie wordt deze amper herkend bij artificieel licht. Geel en cyaan komen veel voor bij detectie van wit, ook hier is de strenge conditie ($L > 90$) de oorzaak.

4.2.3 Helderheid scherm

In figuur 5 staat het procent correct gedetecteerde kleur per helderheid van het scherm. De laagste helderheid heeft het slechtste resultaat, kleuren zijn donkerder en minder goed detecteerbaar. Bij de drie andere helderheden zijn geen significant verschillen te merken. De schermhelderheid heeft geen grote invloed op de detectie van de schermen.



Figuur 5: Procent juist gedetecteerde kleur per kleur met gegeven schermhelderheid. (HSL)

5 Besluit

Uit de bevindingen is gebleken dat de interpretatie van kleur sterk afhankelijk is van de manier waarop kleur wordt voorgesteld en de omgevingsfactoren die hierbij aanwezig zijn. Enerzijds speelt de kleurruimte waarin een kleur wordt voorgesteld een grote rol bij de detectie. Van de verschillende kleurruimten die bekeken zijn, is er niet één die eenduidig beter is dan de andere. Beiden hebben hun voordeelen, zo is HSL beter voor de detectie van alle kleuren dan RGB. Maar de detectieratio van zwart en wit is dan wel weer aannoemelijk beter in RGB dan in HSL. Anderzijds spelen omgevingsfactoren ook een belangrijke rol bij de detectie van de kleuren. Hiervoor werd gekeken naar zowel de omgeving, de lichtinval en de helderheid van het scherm. De belangrijkste bevindingen hierbij hebben te maken met de lichtinval en de omgeving. Door lichtinval komt er bij artificieel licht extra rood in de kleuren door de rode schijn die het licht achterlaat. Hoe groter de omgeving, hoe meer de kleuren fout gedetecteerd gaan worden. Dit is te wijten aan het feit dat de camera hierbij op de omgeving gaat focussen in plaats van op het scherm. Tot slot is ook gebleken dat helderheid geen groot effect heeft op de detectie.

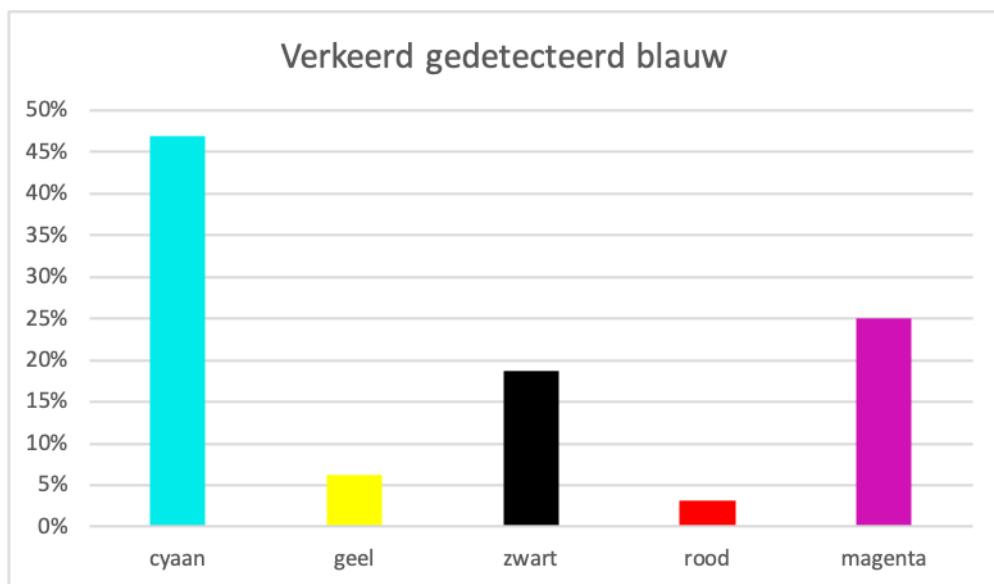
5.1 Toepassingen op het project

Voor het detectiealgoritme kan het best gebruik gemaakt worden van de HSL kleurruimte zoals nu al het geval is. Voor het identificatiealgoritme waarvoor wit en zwart gebruikt wordt, zou beter overgeschakeld worden naar een algoritme dat gebruik maakt van de RGB kleurruimte. Ook is het beter om bij deze twee kleuren te kijken naar contrastovergangen. Omdat binnen HSL enkel gekeken werd naar de S- en L-waarde indien zwart of wit gedetecteerd werd, zullen deze twee parameters achterwege gelaten worden. Om kleuren te detecteren zal dus enkel nog rekening gehouden worden met de H-waarden.

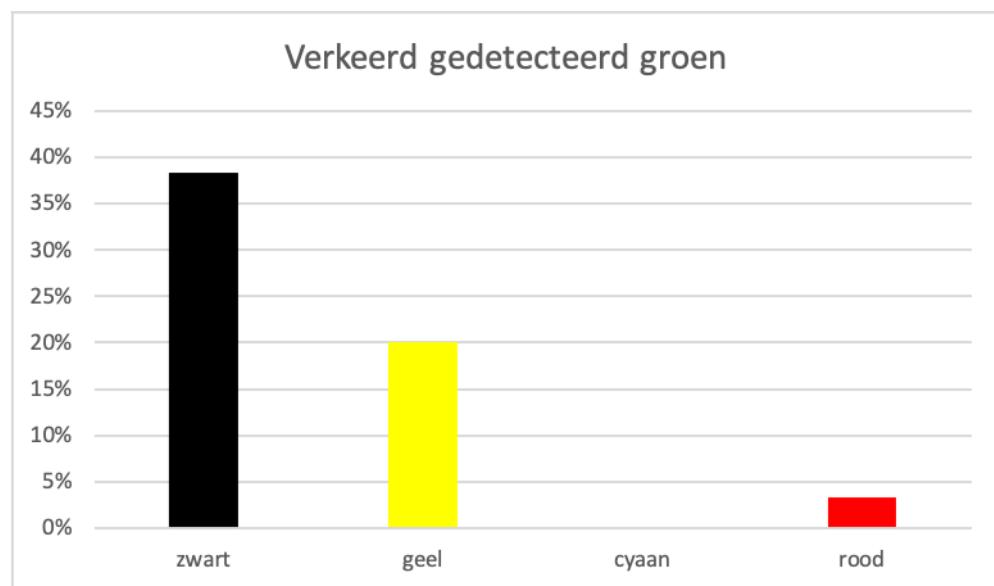
De keuze voor de drie kleuren die weergegeven worden op het detectiescherm valt op rood, groen en blauw. Deze drie kleuren hebben een grote detectieratio en de omgevingsfactoren hebben het minste invloed op deze kleuren. In de praktijk was dit al als beste kleurencombinatie naar voren gekomen. Dit onderzoek heeft dit alleen maar bevestigd.

Aan de hand van de bevindingen omtrent de omgevingsfactoren, is gebleken dat de foto's zo dicht mogelijk bij de opstelling moeten getrokken worden. Dit zal verzekeren dat de omgeving minimaal is. Natuurlijk moet de hele opstelling wel binnen de foto passen.

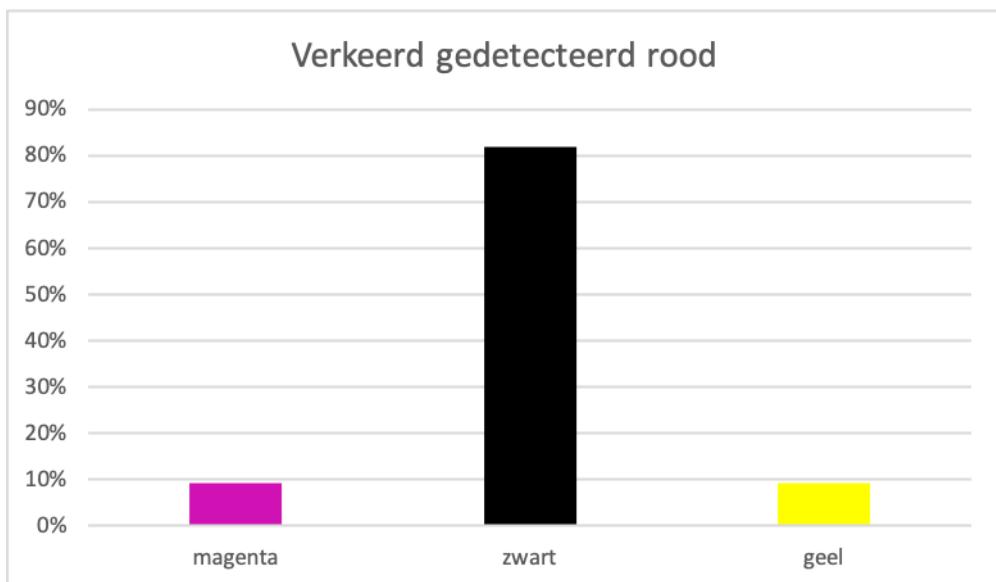
A Percentage verkeerd geïnterpreteerde kleur per kleur



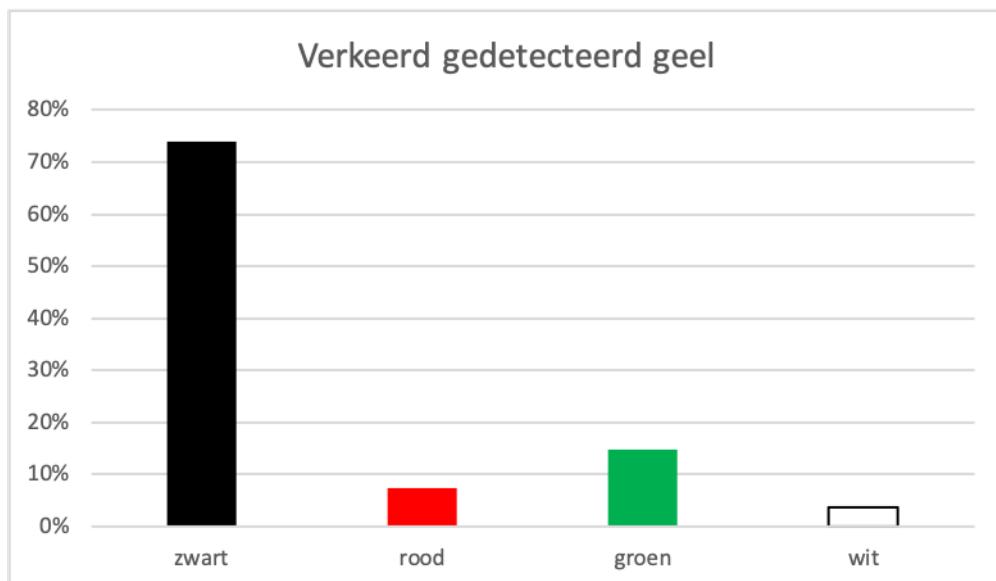
Figuur 6: Percentage van de verkeerd gedetecteerde kleuren bij een blauw scherm.



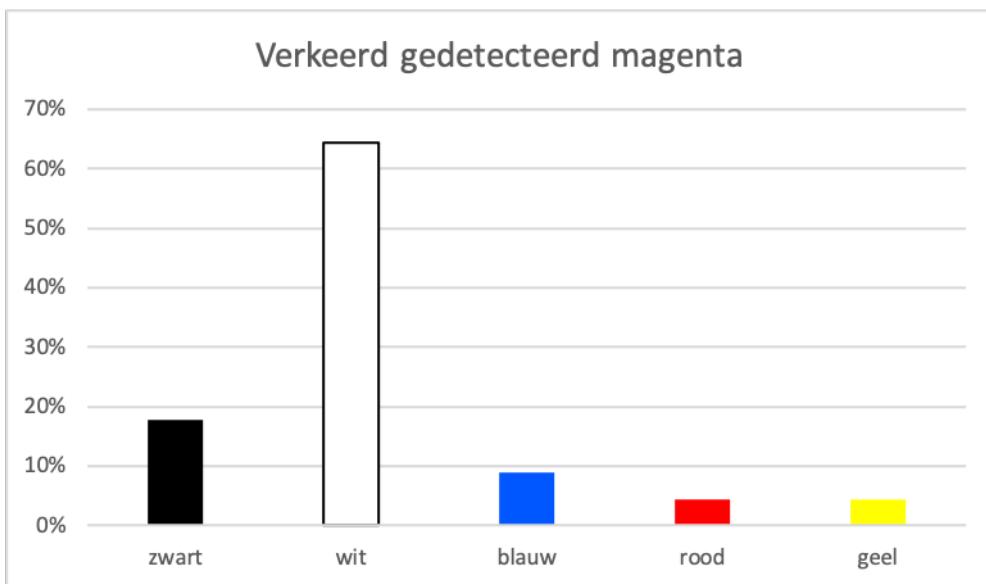
Figuur 7: Percentage van de verkeerd gedetecteerde kleuren bij een groen scherm.



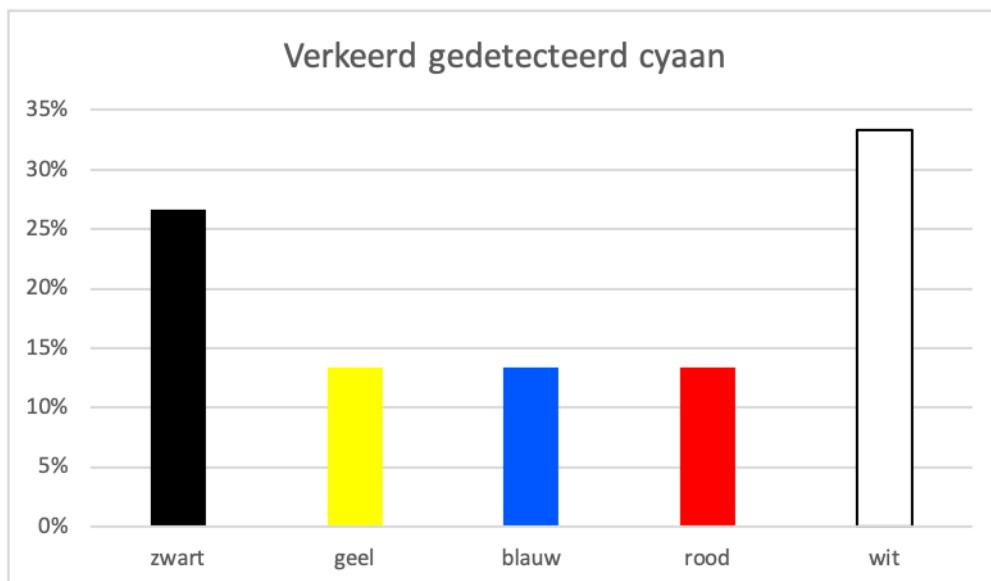
Figuur 8: Percentage van de verkeerd gedetecteerde kleuren bij een rood scherm.



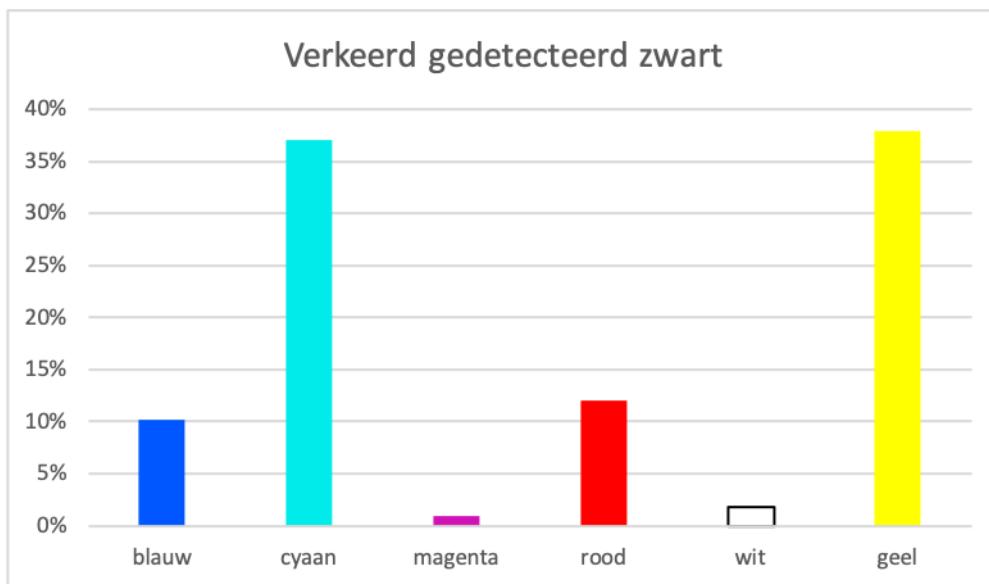
Figuur 9: Percentage van de verkeerd gedetecteerde kleuren bij een geel scherm.



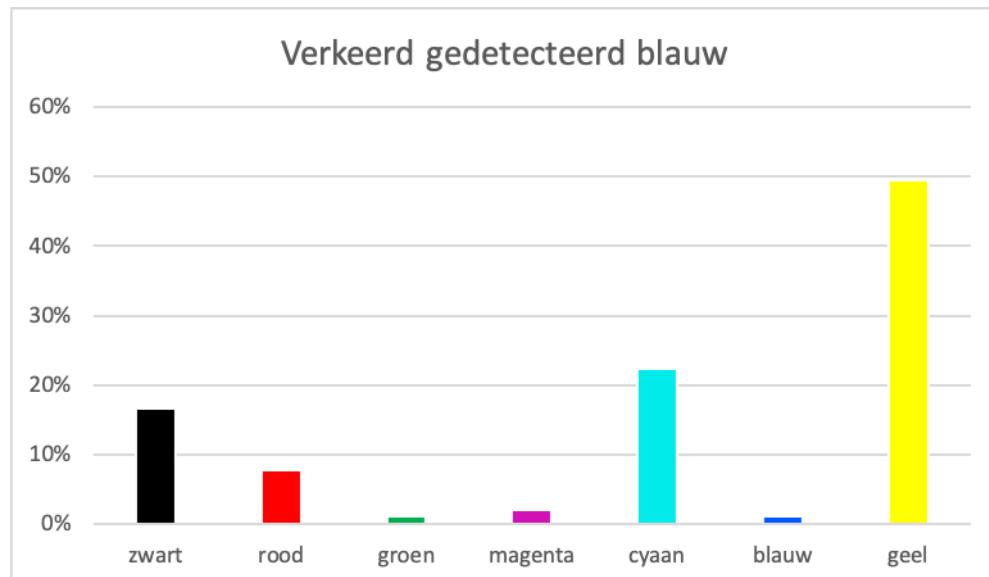
Figuur 10: Percentage van de verkeerd gedetecteerde kleuren bij een magenta scherm.



Figuur 11: Percentage van de verkeerd gedetecteerde kleuren bij een cyaan scherm.



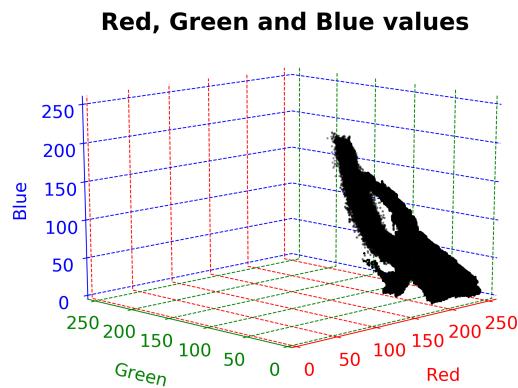
Figuur 12: Percentage van de verkeerd gedetecteerde kleuren bij een zwart scherm.



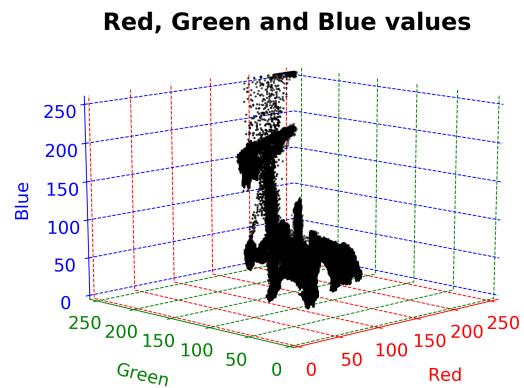
Figuur 13: Percentage van de verkeerd gedetecteerde kleuren bij een wit scherm.

B Spectrum plots

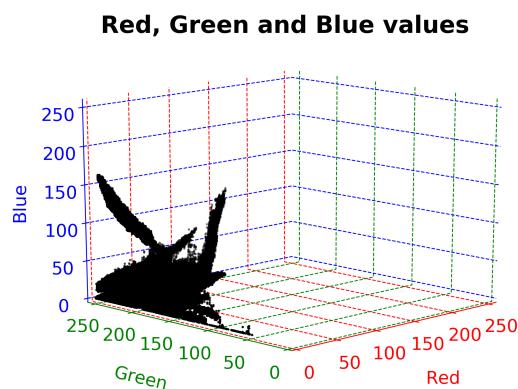
B.1 RGB plots



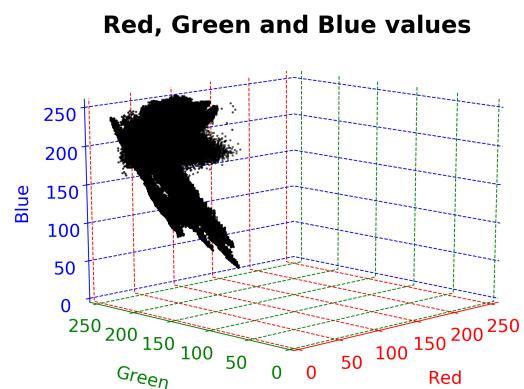
Figuur 14: RGB plot voor de kleur rood.



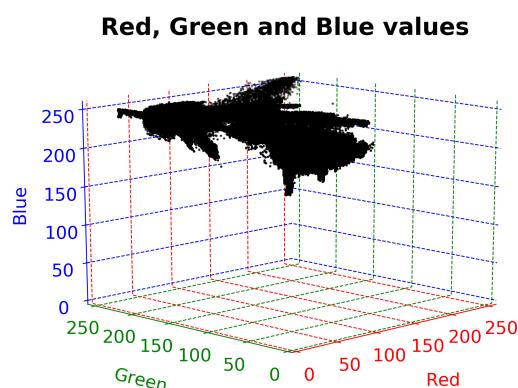
Figuur 15: RGB plot voor de kleur geel.



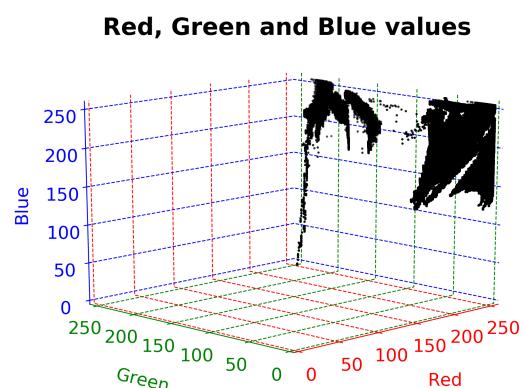
Figuur 16: RGB plot voor de kleur groen.



Figuur 17: RGB plot voor de kleur cyaan.

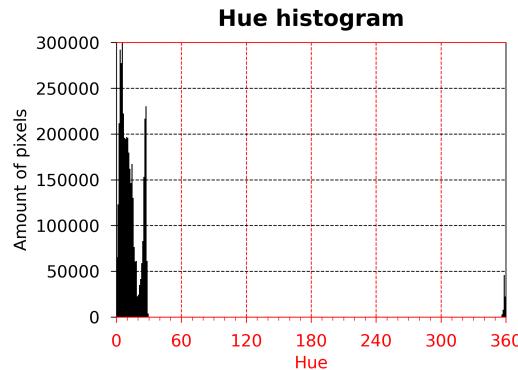


Figuur 18: RGB plot voor de kleur blauw.

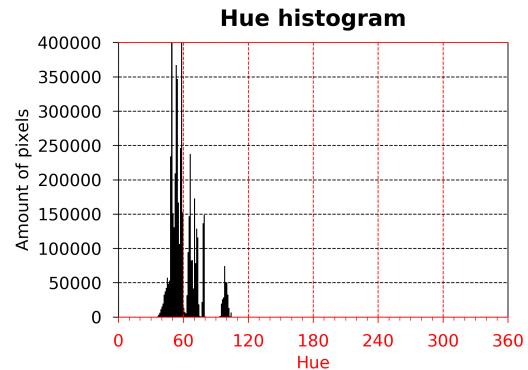


Figuur 19: RGB plot voor de kleur magenta.

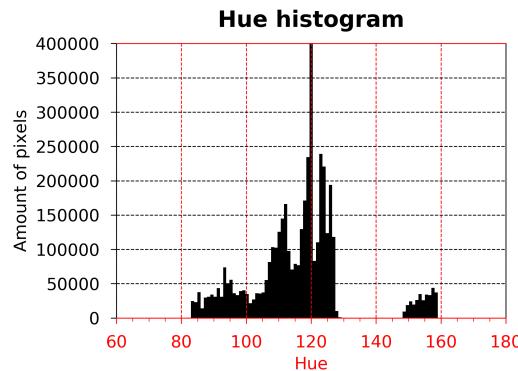
B.2 Histogrammen



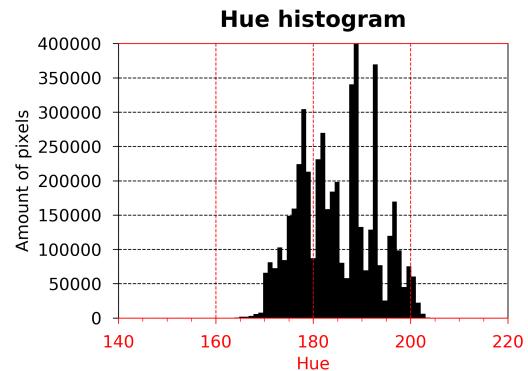
Figuur 20: Histogram van de tint in functie van het aantal waargenomen pixels voor de kleur rood.



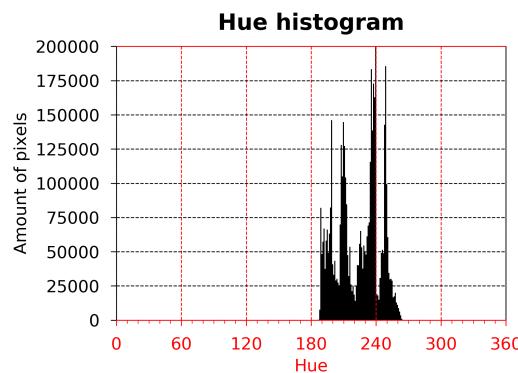
Figuur 21: Histogram van de tint in functie van het aantal waargenomen pixels voor de kleur geel.



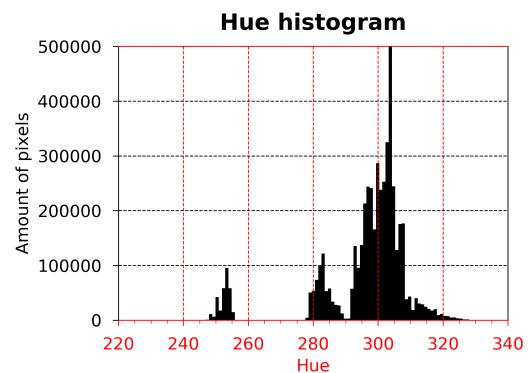
Figuur 22: Histogram van de tint in functie van het aantal waargenomen pixels voor de kleur groen.



Figuur 23: Histogram van de tint in functie van het aantal waargenomen pixels voor de kleur cyaan.



Figuur 24: Histogram van de tint in functie van het aantal waargenomen pixels voor de kleur blauw.

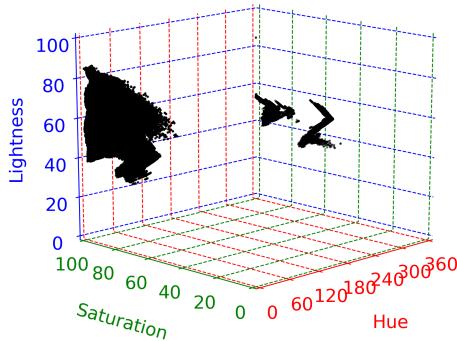


Figuur 25: Histogram van de tint in functie van het aantal waargenomen pixels voor de kleur magenta.

B.3 HSL plots

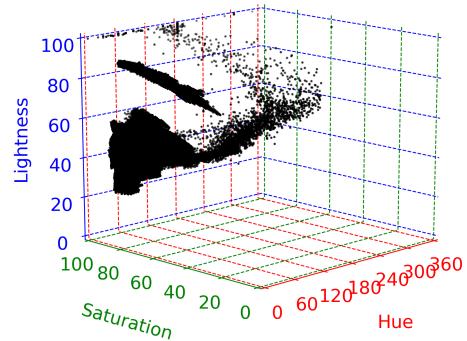
B.3.1 3D

Hue, Saturation and Lightness values



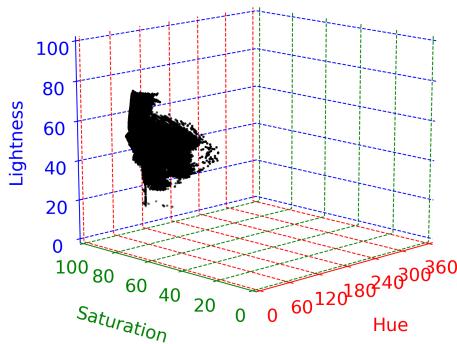
Figuur 26: HSL plot voor de kleur rood.

Hue, Saturation and Lightness values



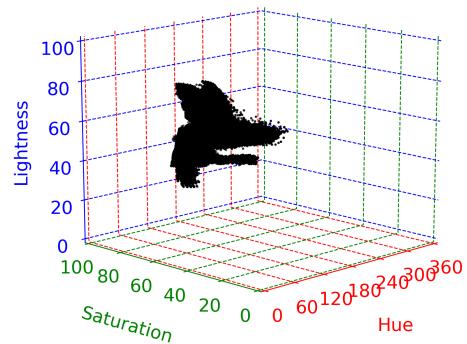
Figuur 27: HSL plot voor de kleur geel.

Hue, Saturation and Lightness values



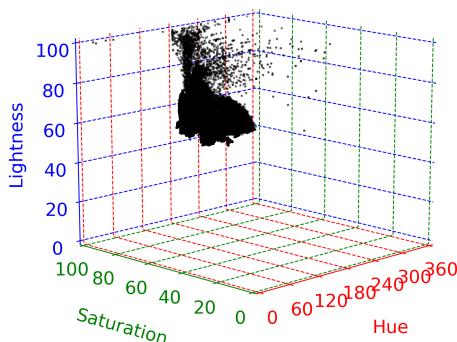
Figuur 28: HSL plot voor de kleur groen.

Hue, Saturation and Lightness values



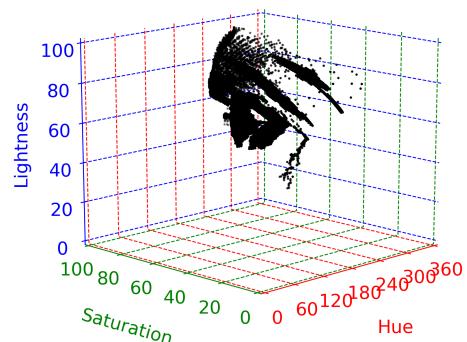
Figuur 29: HSL plot voor de kleur cyaan.

Hue, Saturation and Lightness values



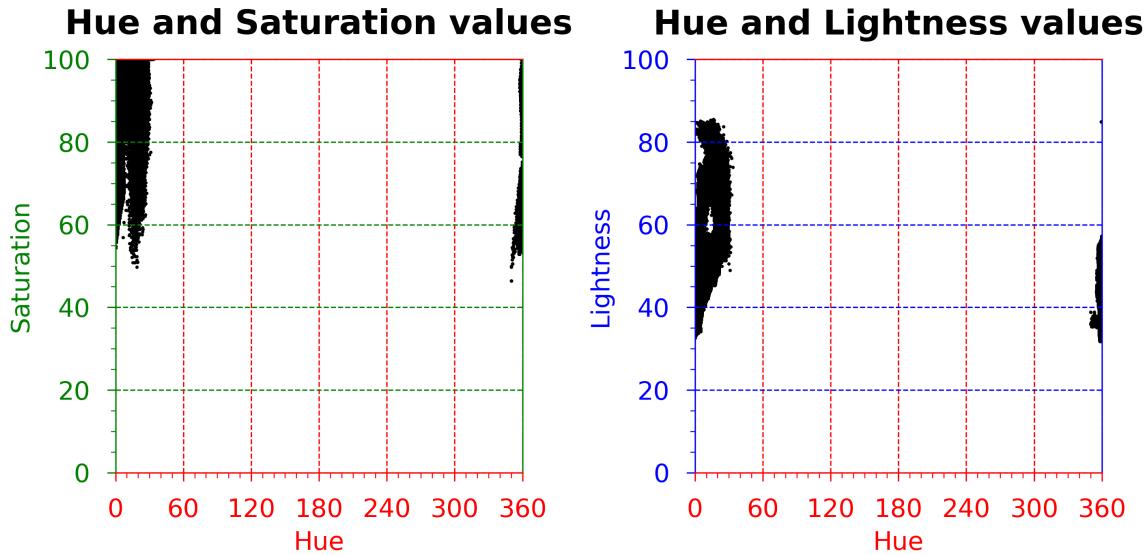
Figuur 30: HSL plot voor de kleur blauw.

Hue, Saturation and Lightness values

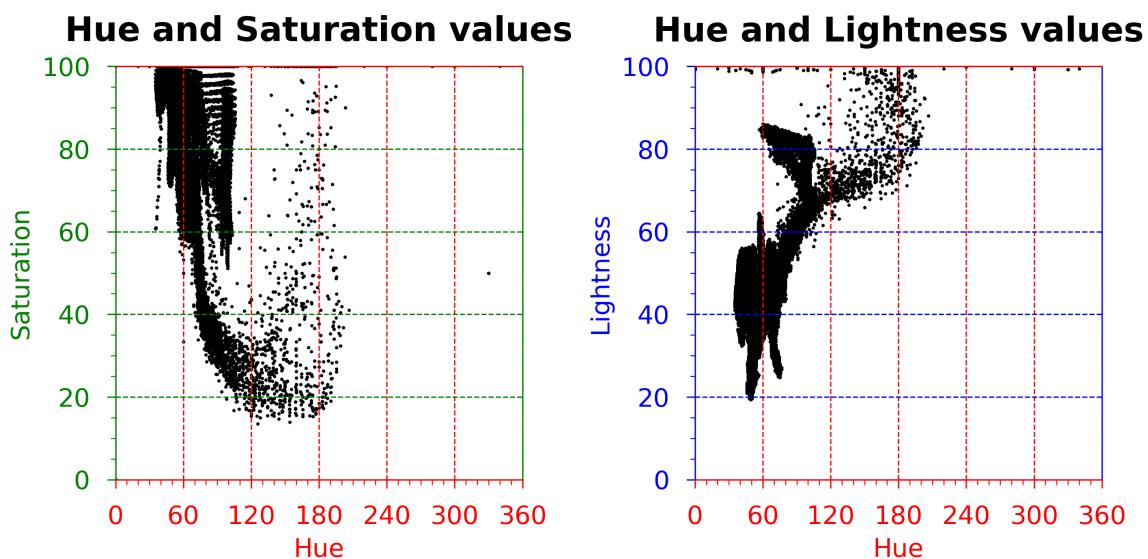


Figuur 31: HSL plot voor de kleur magenta.

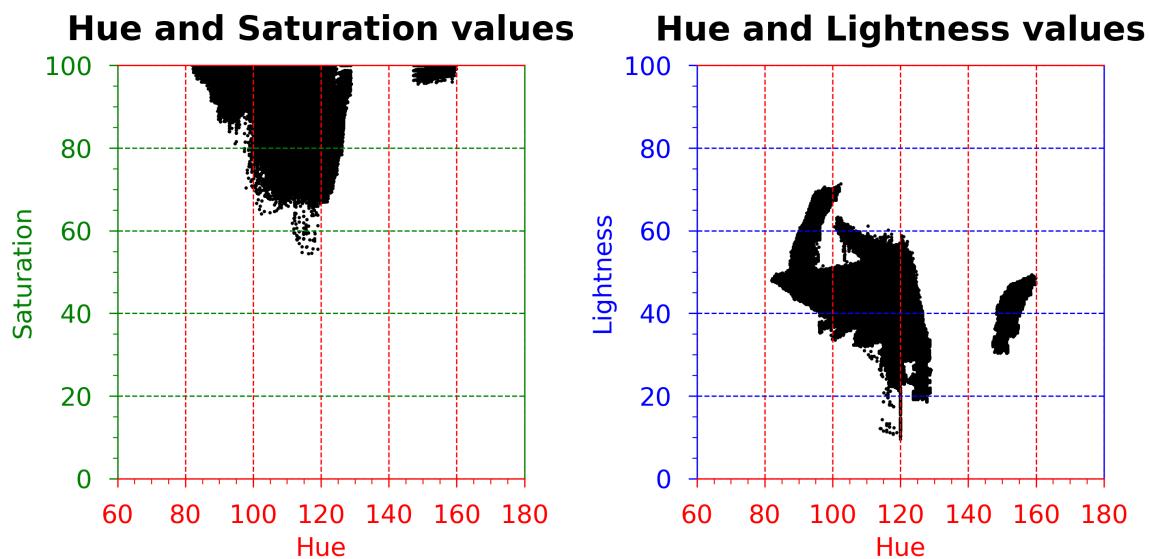
B.3.2 2D



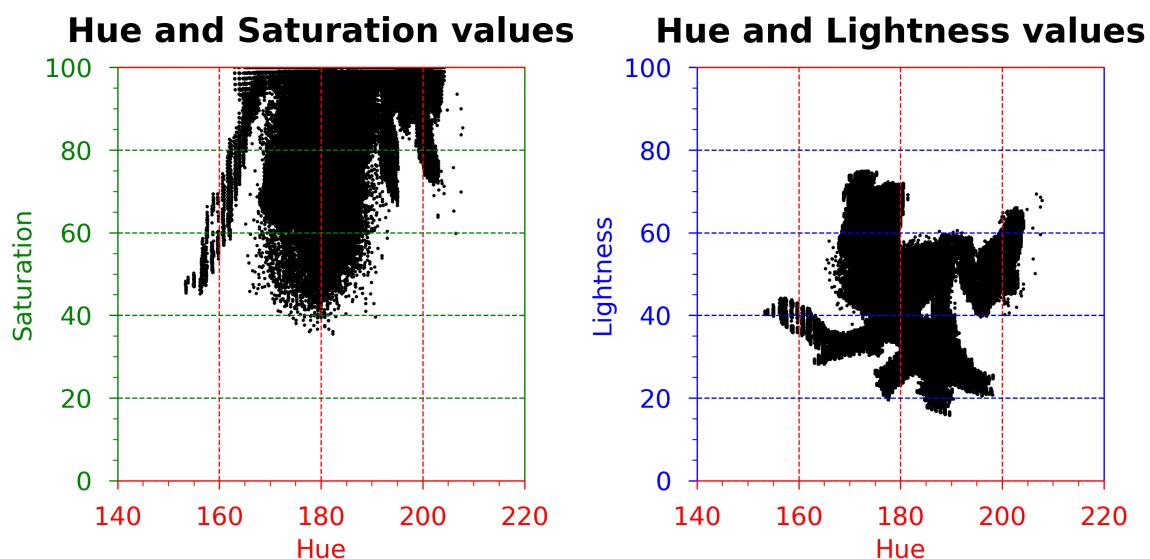
Figuur 32: Scatter plots in functie van tint en saturatie, alsook in functie van tint en lichtheid voor de kleur rood.



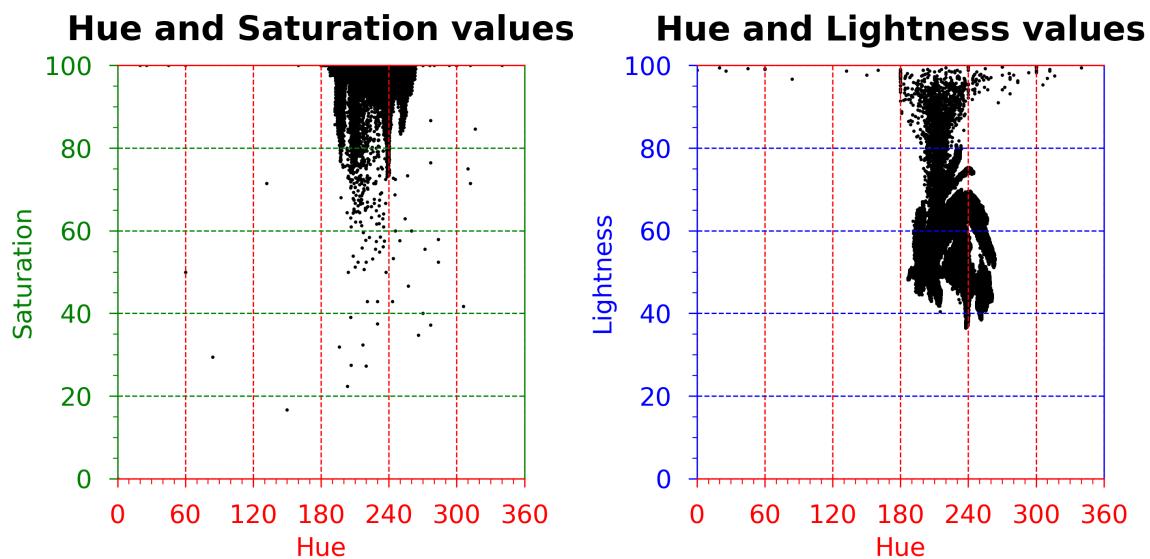
Figuur 33: Scatter plots in functie van tint en saturatie, alsook in functie van tint en lichtheid voor de kleur geel.



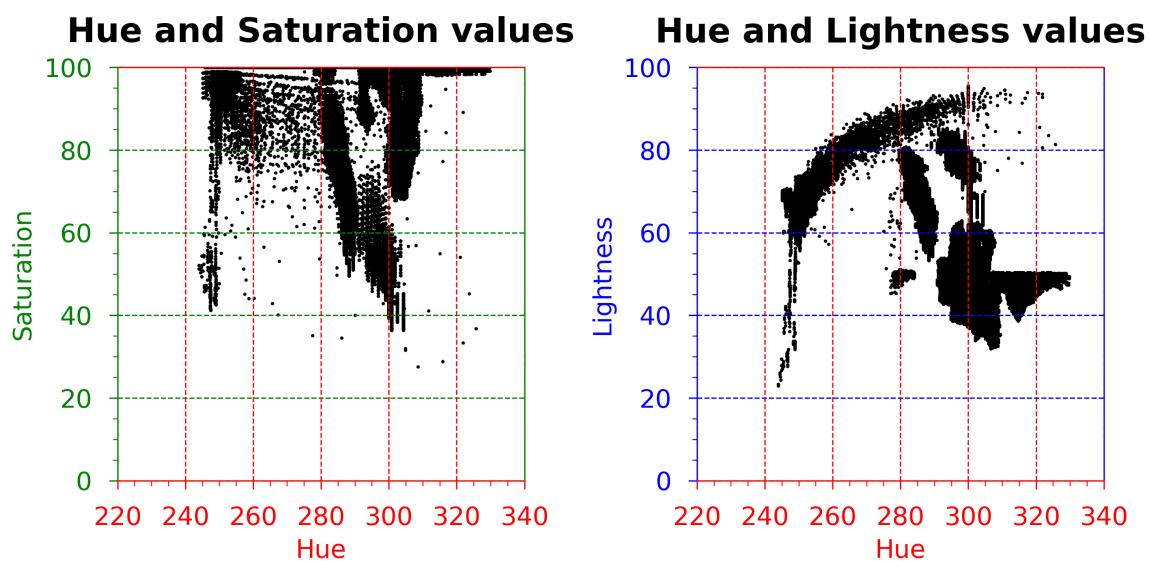
Figuur 34: Scatter plots in functie van tint en saturatie, alsook in functie van tint en lichtheid voor de kleur groen.



Figuur 35: Scatter plots in functie van tint en saturatie, alsook in functie van tint en lichtheid voor de kleur cyaan.



Figuur 36: Scatter plots in functie van tint en saturatie, alsook in functie van tint en lichtheid voor de kleur blauw.



Figuur 37: Scatter plots in functie van tint en saturatie, alsook in functie van tint en lichtheid voor de kleur magenta.