

Onderzoeksrapport

Effect van licht op de kleurwaarneming

Opdrachtgever: Royal IHC

Opleiding: Embedded Systems Engineering

Opleverdatum: 3 november 2014

Jelle Spijker

Datum 2 november 2014

Revisie 20141102

Contact gegevens:

Jelle Spijker (495653) – 06-43272644 – Spijker.Jelle@gmail.com

Disclaimer HAN:

Door ondertekening van dit voorblad, bevestigen wij dat het – door ons ingeleverd(e) werkstuk/rapport/scriptie (verder te noemen “product”) – zelfstandig en zonder enige externe hulp door ons is vervaardigd en dat wij op de hoogte zijn van de regels omtrent onregelmatigheden/fraude zoals die vermeld staan in het opleidingsstatuut.

In delen van het product, die letterlijk of bijna letterlijk zijn geciteerd uit externe bronnen (zoals internet, boeken, vakbladen enz.) is dit door ons via een verwijzing conform APA-norm (b.v. voetnoot) expliciet kenbaar gemaakt in het geciteerde tekstdeel (cursief gedrukt).

SAMENVATTING

Analyse en categorisatie van grondmonsters, kan met behulp van visuele eigenschappen, zoals kleur uitgevoerd worden. Hierbij is het belangrijk dat deze kleuren natuurgetrouw wordt opgevangen. In dit onderzoeksrapport wordt onderzocht, welke kunstmatige verlichting een goede vervanger is voor natuurlijk daglicht. Daglicht geeft kleuren natuurgetrouw weer, maar heeft een veranderend spectrum. Dit spectrum verandert afhankelijk van tijdstip, locatie en weersomstandigheden. Om analyses reproduceerbaar uit te voeren, zal er gebruik gemaakt moeten worden van een voorspelbare lichtbron, welke daglicht benaderd.

In dit onderzoeksrapport wordt de volgende onderzoeksvraag gesteld; **Welke kunstmatige lichtbron benaderd kleurweergave van natuurlijk licht, binnen 1[s] van inschakelen, zo nauwkeurig mogelijk?**

Dit onderzoek beoordeeld eerste de aanname dat kleurwaarneming van hetzelfde grondmonster varieert gedurende een dag. Analyse van de hue-waarde van deze metingen toont aan dat deze aanname correct is. Hierna worden vier verschillende kunstmatige verlichtingsbronnen tegen elkaar afgezet. Het eerder gebruikte monster wordt in vier verschillende lichtscenario's geanalyseerd. Drie monsters verlicht met een halogeen lampen en één monster met witte LED's verlicht. De snapshots worden allen genomen, nadat de verlichting 1[s] aanstaat. Dit alles vindt plaats in een afgesloten omgeving. Hieruit komt naar voren dat LED verlichting, daglicht het beste benaderd. Zie onderstaande tabel, waarin de afwijking ten opzichte van het natuurlijke licht wordt weergegeven.

	LED 10000[k]	Halogeen 2800-2900[k]
Mean	1.74 %	90.9 %
Standard Deviation	10.38 %	93.86 %
Coefficient of Variation	11.64 %	32.99 %

Het wordt aangeraden om het kleurenspectrum van de LED verder in kaart te brengen. Witte LED's zijn composities zijn van rode, groene en blauwe LED's, deze stalen individueel een nauwe kleurenspectrums uit. Dit bereikt meestal niet het volledige bereik van natuurlijk daglicht. Bij aanvang van het volgende project is het verstandig deze LED te beoordelen op het kleuren spectrum, eventueel ten opzichte van andere witte LED's.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	4
2	AANPAK VAN HET ONDERZOEK.....	5
2.1	UNIVERSELE TEST VARIABELEN.....	5
2.2	NATUURLIJKE VERLICHTINGSCONDITIES	5
2.3	KUNSTMATIGE VERLICHTINGSCONDITIES.....	6
3	RESULTATEN	8
4	CONCLUSIE EN DISCUSSIE.....	11
5	LITERATUURLIJST	12
	BIJLAGE I. DATASHEET LED 80000 MCD 20 ° 30 MA 3.6 V LED-10-80.000W	13
	BIJLAGE II.DATASHEET USB MICROSCOOP	14
	BIJLAGE III. BEAGLEBONE BLACK LED DRIVER	16
	BIJLAGE IV. MATLAB SCRIPT	17
	BIJLAGE V.HISTOGRAM MATRIX VAN DE VERSCHILLENDE CONDITIES	19

1 Inleiding

Royal IHC is sinds de zeventiende eeuw bezig met de ontwikkeling van het baggerproces. Dit is het verplaatsen van grond onder een waterlichaam. Om dit proces efficiënt te laten verlopen zijn grondeigenschappen belangrijk. Royal IHC heeft aan dhr. Spijker gevraagd om er portable grondmonster analyzer te ontwerpen. Deze dient visuele karakteristieke eigenschappen van grond met behulp van een camera om te zetten naar statistische data. Waaruit een gebruiker conclusie kan extrapoleren.

ACHTERGROND

Uit eerder onderzoek is gebleken dat de kleur van grond correlaties vertoont met eigenschappen, zoals ijzergehalte en vruchtbaarheid. Het is mogelijk om kleur met een camera te registreren. Hierbij is het van belang dat er een eerlijke kleurwaarneming plaats vindt. Natuurlijk “dag” licht zorgt voor een eerlijke kleurweergave. Maar het kleurenspectrum varieert gedurende een dag. Voor betrouwbare en reproduceerbare analyse resultaten moeten verlichtingscondities controleerbaar uitgevoerd kunnen worden en de kwaliteit van natuurlijk licht evenaren. Het is het belangrijk te onderzoeken welke verlichting hieraan voldoet. Er is een voorselectie van vier lichtbronnen gemaakt, welke in dit rapport onderzocht worden.

BELANG

PROBLEEM

In dit onderzoeksrapport wordt de volgende onderzoeksvraag onderzocht; **Welke kunstmatige lichtbron benaderd kleurweergave van natuurlijk licht, binnen 1[s] van inschakelen, zo nauwkeurig mogelijk?**

ONDERZOEKSVRAAG

Deze onderzoeksvraag wordt beantwoord door toegepaste methodiek te omschrijven. Hierna wordt de aannamen over veranderd dag licht getoetst. Als laatste worden verkregen resultaten van het onderzoek omschreven. Hierna vindt een conclusie en een discussie plaats.

WERKWIJZE

Dit document is als volgt opgezet: In hoofdstuk twee wordt de aanpak van het onderzoek omschreven; Hierna wordt in hoofdstuk drie de resultaten uitgezet; Waar over in hoofdstuk vier een discussie en conclusie gepresenteerd wordt.

STRUCTUUROMSCHRIJVING

2 Aanpak van het onderzoek

In de inleiding wordt de volgende onderzoeksvraag gesteld: **Welke kunstmatige lichtbron benaderd kleurweergave van natuurlijk licht, binnen 1[s] van inschakelen, zo nauwkeurig mogelijk?**

WERKWIJZE

Om bovenstaande onderzoeksvraag te beantwoorden, worden er eerst onderzocht of de kleurwaarneming van een grondmonster, onder natuurlijk licht, varieert gedurende een dag. Hierna wordt dit zelfde monster onder verschillende, kunstmatige verlichtingsbronnen in een gecontroleerde omgeving waargenomen. De resultaten worden ten opzichte van elkaar vergeleken.

2.1 Universele test variabelen

USB MICROSCOOP

Bij iedere test is alleen de verlichtingscondities, veranderd, Alle overige instellingen blijven identiek. Er wordt gebruik gemaakt van een USB microscoop met een $5[Mpix]$ camera en een vergrotingsfactor tussen $20-300x$, zie bijlage II. De lens van de microscoop is geplaatst op een afstand van $30[mm]$ en handmatig scherp gesteld. Het grondmonster verkregen uit de HAN tuin en is gedroogd en fijn gekruimeld.

DATA ACQUISITION

De snapshots worden binnen gehaald in Matlab 2014b met behulp van de image acquisition toolbox. Deze data komt binnen als een RGB matrix en worden met behulp van de vision toolbox geconverteerd naar een HSV matrix. Verdere berekeningen worden uitgevoerd met de hue-waardes.

2.2 Natuurlijke verlichtingscondities

NIET CONSTANT DAGLICHT

Volgens (Chain, Dumortier, & Fontoynt, 2001) geeft daglicht een eerlijk beeld van kleur, maar is het een nadeel dat het spectrum niet constant is. Dit wordt getest door hetzelfde monster op twee verschillende tijdstippen te analyseren.

OMGEVINGSCONDITIES

De natuurlijk verlichte snapshots zijn genomen op 8 en 12 uur 's ochtend op 1 november 2014. De microscoop is geplaatst in een vensterbank achter een raam met dubbel glas, gericht op het zuiden op de 52^{ste} breedtegraad. Volgens (KNMI, 2014) was de globale straling (in $[J/cm^2]$) per uur vak respectievelijk $6[J/cm^2]$ om 8 uur en $42[J/cm^2]$ om 12 uur. Er waren geen secundaire lichtbronnen aanwezig.

2.3 Kunstmatige verlichtingscondities

Er is gebruik gemaakt van onderstaande kunstmatige verlichting:

- 3x LED – 110 [lm] – 10000[k]
- 1x Jumbo halogeen lamp – 630 [lm] – 2800[k]
- 1x LSC halogeen lamp – 370[lm] - 2900[k]
- 1x Philips EcoClassic halogeen lamp 370[lm] – 2800[k]

KUNSTMATIGE

VERLICHTINGSBRONNEN

De microscoop wordt in het midden van een doos van $300[mm] \cdot 300[mm] \cdot 300[mm]$ geplaatst. Deze is aan de binnenkant met wit printpapier van $80[gr]$ bekleed.

GECONTROLEERDE

OMGEVING

De halogeenlampen worden geplaatst boven op de deksel. Het licht wordt door een gat boven de microscoop naar binnen geschoten. Deze lichtbron is geplaatst in een metaalkleurige spot. Deze spot is aangesloten op het lichtnet en worden 1[s] voor het nemen van de snapshot aangezet.

POSITIE HALOGEENLAMP

De LED verlichting wordt verzorgd door drie LED's van het type 80000 mcd 20° 30mA 3.6V, zie bijlage I. Deze LED's worden aangestuurd door een Beaglebone Black, het elektronica schema is te vinden in bijlage III. Deze drie LED's zijn diffuse gemaakt door ze af te plakken met semi transparant plakband van $500[\mu m]$ dik. De LED's belichten het sample van drie kanten. Deze zijn op een interval van 120° rondom het monster geplaatst en staan onder een hoek van 45° en een afstand van $80[mm]$ gefocust op het monster. Deze LED's worden via de device tree van Linux aan en uitgezet.

OPZET LED VERLICHTING

Distributor ID	Ubuntu
Description	Ubuntu 14.04.1 LTS
Release	14.04
Codename	trusty

BEAGLEBONE BLACK

Hiervoor is onderstaande Linux script (pwm_vision_matlab) geschreven:

```
#!/bin/bash
#sets pwm output pins p9_12 P9_14 en p9_16
echo 50 > /sys/class/gpio/export
echo 51 > /sys/class/gpio/export
echo 60 > /sys/class/gpio/export
echo "out" > /sys/class/gpio/gpio50/direction
echo "out" > /sys/class/gpio/gpio51/direction
echo "out" > /sys/class/gpio/gpio60/direction
echo 0 > /sys/class/gpio/gpio50/value
echo 0 > /sys/class/gpio/gpio51/value
echo 0 > /sys/class/gpio/gpio60/value
```

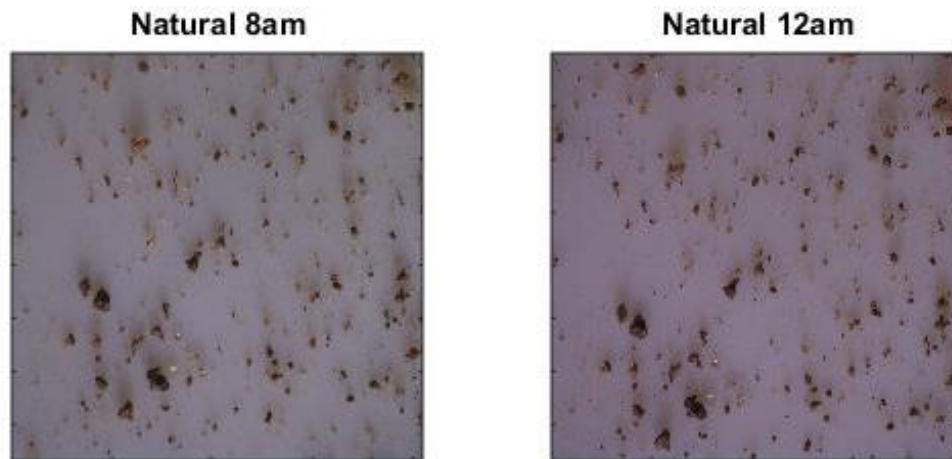
In Matlab wordt er connectie gemaakt met de Beaglebone Black door onderstaande commando's

```
>> bbb = beaglebone_black('192.168.178.20', 'root', ...  
'open');  
>> system(bbb, './pwm_vision_matlab');  
>> system(bbb, 'echo 1 > /sys/class/gpio/gpio51/value ...  
&& echo 1 > /sys/class/gpio/gpio50/value ...  
&& echo 1 > /sys/class/gpio/gpio60/value');
```

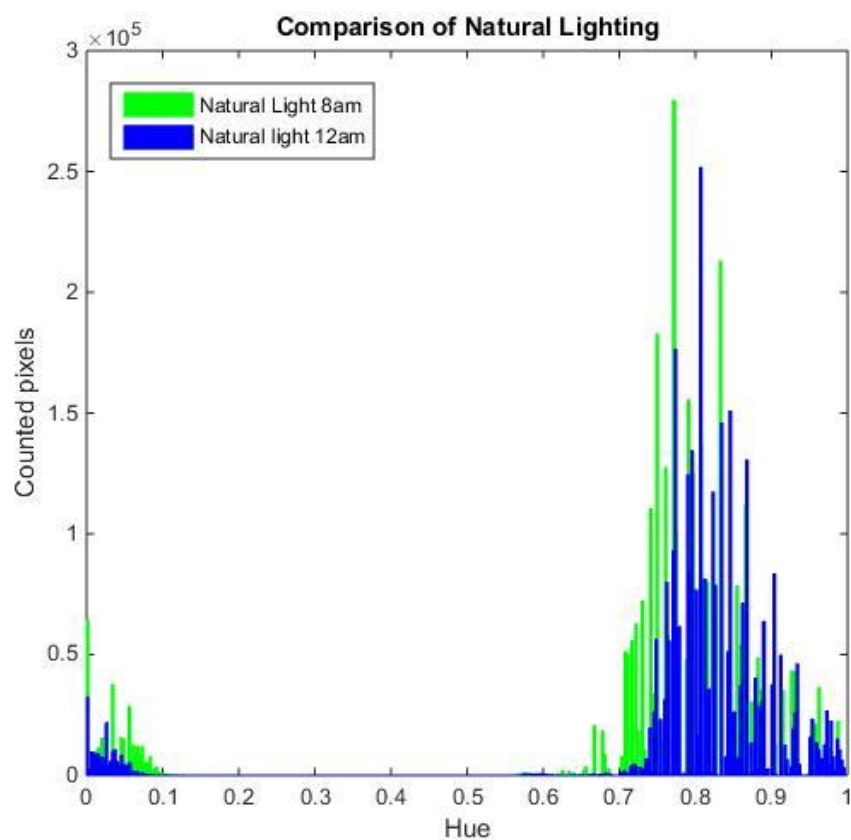

3 Resultaten

Als eerst wordt de aanname getest over veranderend daglicht. Hiervoor zijn twee snapshot genomen, van het zelfde grondmonster op verschillende momenten van een dag. Hieronder zijn deze images weergegeven. Op het eerste gezicht is een kleur verschil te constateren. Dit wordt verduidelijkt met een histogram van de hue-waardes, tezamen weergegeven.

NATUURLIJK LICHT



Figuur 1 Vergelijking van hetzelfde monster op verschillende tijdstippen



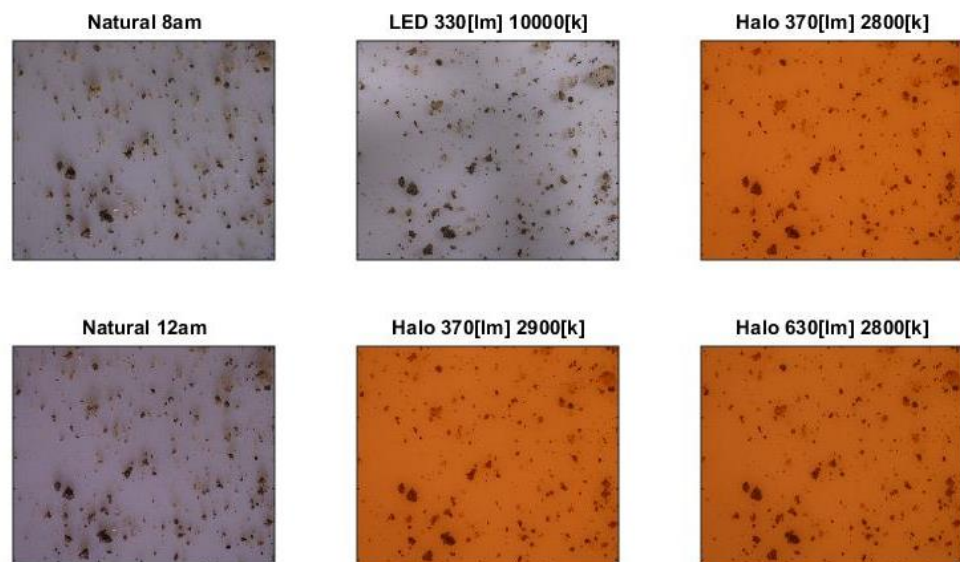
Figuur 2 Histogram van de monsters

VERANDEREND DAGLICHT

Zodra deze monsters naast elkaar gezet worden in een histogram is er duidelijk een significant verschil zichtbaar. Hierbij is het tijdstip en daarom waarschijnlijk het lightspectrum van het daglicht veranderd. Dit kan drastisch en snel gebeuren, gedurende een dag, maar ook geleidelijk en langzaam veranderen, afhankelijk van de locatie op aarde of het jaargetij.

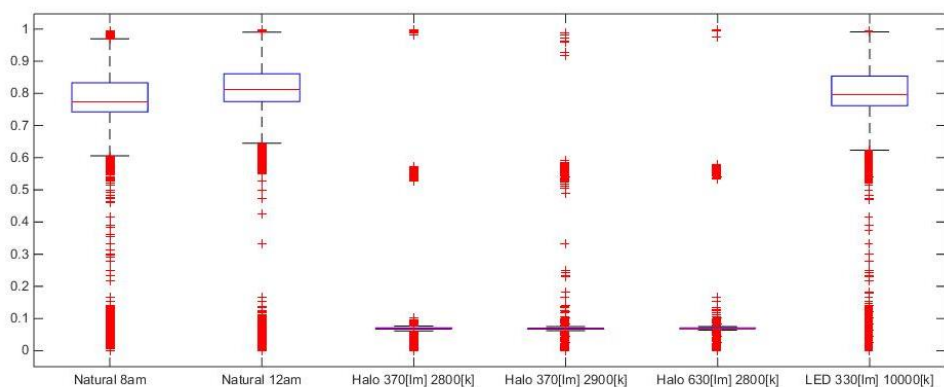
DAGLICHT VS. KUNSTLICHT

Als natuurlijke verlichte monsters afgezet worden tegenover de kunstmatig verlichte monster, wordt op het oog duidelijk dat de drie halogenen verlichting monster, welke tussen 2800[k] en 2900[k] licht uitstralen, er rood ogen. Terwijl het monster welke met LED verlichting is, redelijk natuurlijk oogt. Als een matrix van de hue-waardes van ieder monster tegenelkaar wordt afgezet, zie bijlage V, valt op dat het LED monster zich net als het natuurlijke licht verhoudt, ten opzichte van de rest.



Figuur 3 Samples van verschillende verlichting condities

In de onderstaande box plots zijn de hue-waardes weergegeven van de verschillende monsters.

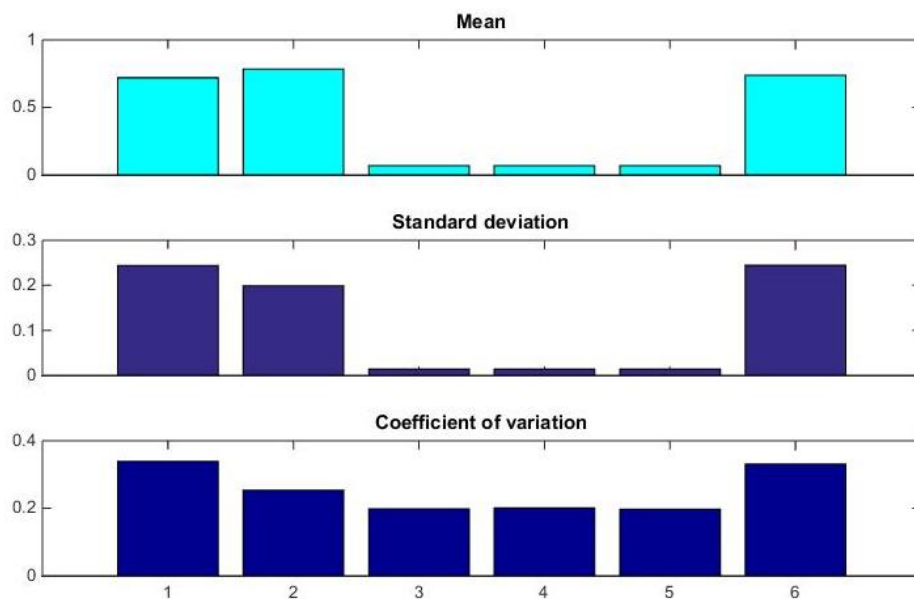


Figuur 4 Box plot van de verschillende monsters met whiskers

Deze box plot toont verder aan dat de LED verlichting het natuurlijke licht benaderd. Het is duidelijk dat de mediaan van LED verlichting die van het natuurlijke licht zeer nauwkeurig nadert. Tevens zijn de het 1^e en het 3^e kwartiel nagenoeg gelijk. Dit zelfde geldt voor de minimum en maximum.

LED LICHT BENADERD
DAGLICHT

Door naar het gemiddelde, de standard afwijking en de variatiecoëfficiënt van de verschillende samples te kijken worden verder verduidelijk dat de LED verlichting de meest gelijkende natuurlijke lichtbron is, ten opzichte van de overige kunstmatig lichtbronnen.



Figuur 5 Statistische vergelijking van de monsters

In de tabel hieronder wordt de groep halogeenlampen en LED verlichting afgezet tegen het natuurlijke licht. Hierin wordt weergegeven in hoeverre deze lichtbron afwijkt van het natuurlijke licht.

	LED 10000[k]	Halogeen 2800-2900[k]
Mean	1.74 %	90.9 %
St.dev	10.38 %	93.86 %
Coef. Var.	11.64 %	32.99 %

4 Conclusie en discussie

ACHTERGROND

Grond kan met behulp van visuele eigenschappen gecategoriseerd worden. Uit eerder uitgevoerd literatuuronderzoek is duidelijk geworden dat kleur zich goed leent voor visuele analyses van grondmonsters. Daglicht geeft een eerlijk beeld van kleuren, maar dit licht is niet constant in zijn karakteristieke kleurenspectrum.

ONDERZOEKSVRAAG

Om reproduceerbaarheid van analyses te garanderen wordt er in dit onderzoeksrapport de volgende onderzoeksvraag onderzocht; **Welke kunstmatige lichtbron benaderd kleurweergave van natuurlijk licht, binnen 1[s] van inschakelen, zo nauwkeurig mogelijk?**

TOTSTANDKOMING RESULTAAT

Deze vraag is behandeld door eerst de methodiek van het onderzoek te omschrijven. Hierna wordt de aanname van het inconsistent kleurwaarnemen onder daglicht getoetst. Dit wordt gedaan door hetzelfde monster twee keer te analyseren op verschillende tijdstippen. Hierbij zat er vier uur tussen het nemen van de snapshots. Er wordt een verschil in de kleurwaarneming waargenomen.

Door gebruik te maken van kunstmatige verlichting in een afgesloten omgeving wordt deze variatie beperkt. Het is het wel belangrijk dat bij gebruik van kunstmatig licht, waarneming van kleuren nagenoeg gelijk is aan die van natuurlijk licht. Er worden vier verschillende kunstmatige lichtbronnen onderzocht: drie halogeen lampen en één LED lamp, bestaande uit drie afzonderlijke LED's welke tegelijk gefocust staan op het monster.

RESULTAAT

Deze lichtbronnen worden met hun hue-waarde tegen elkaar en het natuurlijke licht afgezet. Hieruit komt naar voren dat de gekozen halogeen lampen, met een kleurtemperatuur van 2800-2900[k] weinig overeenkomsten hebben met natuurlijk licht. Hierbij is een afwijking 90.9% op een gemiddelde waarde en 93.86% op een standard afwijking, afgezet tegen het natuurlijke licht. LED verlichting met een kleurtemperatuur van 10000[k] benaderd het natuurlijke licht goed. Hierbij is een afwijking van 1.74% op een gemiddelde waarde en 10.38% op een standard afwijking.

DISCUSSIE

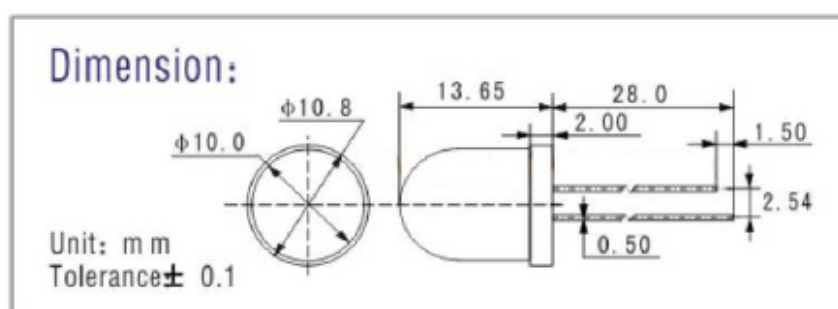
Hierbij moet wel de volgende kanttekening gemaakt worden dat witte LED verlichting altijd compositie zijn van een rode, blauwe en groen LED's. Deze hebben allemaal een relatief nauw kleurenspectrum. Omdat een eerlijke kleurweergave afhankelijk is een vol en goed verdeeld kleurenspectrum wordt er aangeraden om verder onderzoek te verrichten naar het kleurenspectrum van de LED verlichting, eventueel afgezet tegen dat van daglicht en alternatieve LED lampen.

5 Literatuurlijst

Chain, C., Dumortier, D., & Fontoynont, M. (2001). Consideration of daylight's colour. *Energy and Buildings*, 33(3), 193–198. doi:10.1016/S0378-7788(00)00081-5

KNMI. (2014, January 11). Klimatologie: Uurgegevens van het weer in Nederland. Retrieved from <http://www.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/#no>

Bijlage I. Datasheet LED 80000 mcd 20 ° 30 mA 3.6 V LED-10-80.000W



Notes:

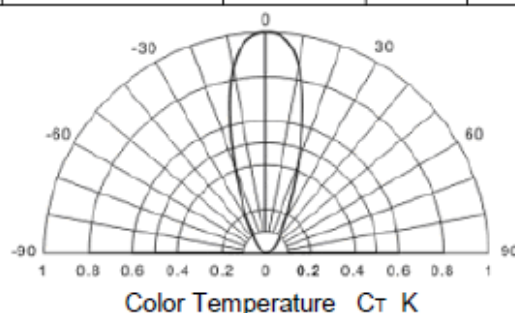
- 1000mcd = 1 mcd, 1000mcd = 1 cd
- All dimensions are in millimeter
- Clean only in isopropanol, ethanol, Freon TF (or equivalent)
- If forming is required, it must be done before soldering. Form pin leads by securing under 5mm from body and bedding with radio pliers or the equivalent to avoid pressure on resin. When the LED is mounted into a P.C. board, pitch spacing should be aligned to prevent any stress to the resin. Any unsuitable stress applied to resin may break bonding wire in LED, which will cause failure.
- Protruded resin under flange is 1.5mm Max.
- Specifications are subject to change without notice.

Absolute Maximum Rating

Parameter	Maximum Rating	Unit
DC forward current	30	mA
Peak forward current Pulse width Max. 10ms duty ratio Max. 1/10	100	mA
Reverse Voltage	5	V
Power dissipation	100	mW
Operating Temperature Range	- 40 °C to +85 °C	
Storage Temperature Range	-40 °C to +100 °C	
Lead Soldering Temperature [4mm From Body]	260 °C for 5 seconds	

Electro-Optical Characteristics (Ta=25 °C)

Parameter	Radiant	Test Condition	Symbol	Min.	Typ	Max.	Unit
Forward Voltage		If=20mA	V _{DD}	2.8	3.6	4.0	V
Color Temperature		If=20mA	C _T			10000	K
Luminous Intensity		If=20mA	I _v	80		110	cd
Reverse Current		V _r =5V	I _r			100	μA
Viewing Angle		If=20mA	2 θ 1/2		20		deg



DigiMicro Profi



PC Digital Mikroskop mit 5 Mio. Pixel, 300-fachem Zoom und spezieller Software für genaue Messungen

Digital Mikroskop mit bis 300-facher Vergrößerung, 5 Mio. Pixel Auflösung

Das DigiMicro Profi verfügt über eine Dual-Axis-Linse. Der Focus-Bereich ist 100mm bis unendlich. Durch den präzise einstellbaren Standfuß gelangen auch schwierige Aufnahmen. Zur weiteren Ausstattung gehören 8 weiße LEDs für die Beleuchtung des Objekts und eine Spezialsoftware für hochpräzise Messungen.

Wie funktioniert das DigiMicro Profi

DigiMicro Profi arbeitet wie eine Digitalkamera, die Objekte werden vergrößert, fotografiert oder gefilmt und die Bilder über den USB-Anschluss sofort in den Computer oder Laptop übertragen. Mit 5.0 Millionen Pixel Bildauflösung hält das DigiMicro Profi selbst kleinste Details im Bild fest.

Anwendungsbereiche – ideal auch zum Einsatz in Industrie und Forschung

Es eröffnen sich über die digitale Technologie völlig neue und spannende Anwendungsmöglichkeiten. DigiMicro Profi eignet sich nicht nur für Schule oder Hobby, sondern auch in Forschung und Beruf, z.B. bei industrieller Oberflächenprüfung. Mit nur einem Knopfdruck können von einem Mikroskop aufgenommene Bilder und Videos gespeichert, archiviert oder per E-Mail an Freunde, Bekannte oder auch Geschäftspartner gesendet werden.



DigiMicro Profi

Technische Spezifikation

Allgemeines

- Anschluss über USB 2.0
- Stromversorgung über USB Anschluss
- Arbeitet mit Windows XP, Windows Vista, Windows7, Mac ab 10.6 (Messsoftware arbeitet nur unter Windows)

Kameradetails

- CMOS-Bildsensor 5,0 Mega Pixel
- Bildauflösung 5M, 3M, 1.3M, VGA
- Video Bildauflösung 5M, 3M, 1.3M, VGA
- Vergrößerung von ca. 20-, 200- und 300-fach
- AVI Videoformat

Ausstattung

- Software mit Kalibrierfunktion für genaue Messungen von Abständen und Flächen im vergrößerten Gegenstand
- Dual Axis 27X & 100X Mikroskop Linse
- Beleuchtung: 8 weiße LEDs
- Einstellbarer und arretierbarer Standfuß

Gehäuse

- Abmessungen:
Mikroskop: 110x35mm
Standfuß: 175x140x110mm
- Farbe: Schwarz

Lieferumfang

- DigiMicro Profi, Standfuß, USB-Kabel, Bedienungsanleitung, Software

DigiMicro Profi
Artikel Nr.: 52144
EAN 4011942521443



dnt Drahtlose Nachrichtentechnik Entwicklungs- und Vertriebs GmbH
Voltastr. 4
D-63128 Dietzenbach, Germany

Phone +49 (0) 60 74 / 37 14 0
Fax +49 (0) 60 74 / 37 14 37

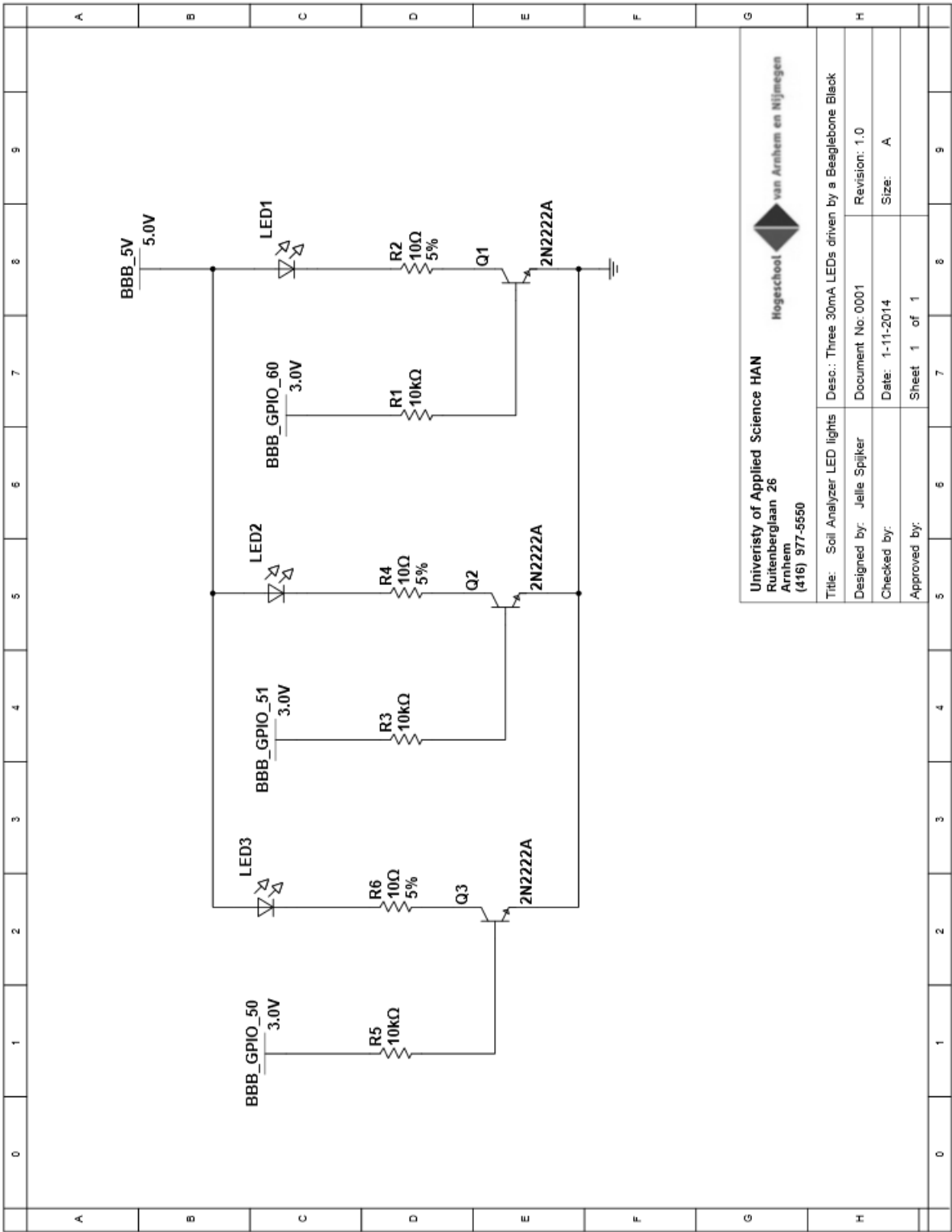
E-Mail dnt@dnt.de
Internet <http://www.dnt.de>



© 2012 dnt GmbH
Alle Rechte vorbehalten / all rights reserved
Technische Daten können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.
Alle Marken- und Produktnamen sind Warenzeichen der jeweiligen Halter.
All brand and product names are trademarks of their respective holders.

09.02.2012

Bijlage III. Beaglebone Black LED driver



Bijlage IV. Matlab script

```
clear;
load('acqTest.mat');
hcsc = vision.ColorSpaceConverter;
hcsc.Conversion = 'RGB to HSV';

plotDaylightImage;

HSV_nat8hr = step(hcsc, double(Inat_8hr));
H_nat8hr = HSV_nat8hr(:,:,1);
hvect_8hr = H_nat8hr(:);

HSV_nat12hr = step(hcsc, double(Inat_12hr));
H_nat12hr = HSV_nat12hr(:,:,1);
hvect_12hr = H_nat12hr(:);

figure; rose(hvect_8hr, 360);
hold on;
rose(hvect_12hr, 360);

plotImages;

HSV_H3701m2800K = step(hcsc, double(Ihal_3701m_box_2800k));
H_H3701m2800K = HSV_H3701m2800K(:,:,1);
hvect_H3701m2800K = H_H3701m2800K(:);

HSV_H3701m2900K = step(hcsc, double(Ihal_3701m_box_2900k));
H_H3701m2900K = HSV_H3701m2900K(:,:,1);
hvect_H3701m2900K = H_H3701m2900K(:);

HSV_H6301m2800K = step(hcsc, double(Ihal_6301m_box_2800k));
H_H6301m2800K = HSV_H6301m2800K(:,:,1);
hvect_H6301m2800K = H_H6301m2800K(:);

HSV_L3301m10000K = step(hcsc, double(Iled_3301m_box_10000k));
H_L3301m10000K = HSV_L3301m10000K(:,:,1);
hvect_L3301m10000K = H_L3301m10000K(:);

x = [hvect_8hr hvect_12hr hvect_H3701m2800K hvect_H3701m2900K hvect_H6301m2800K
hvect_L3301m10000K];
%gplotmatrix(x, []);
boxplot(x, {'Natural 8am' 'Natural 12am' 'Halo 370[1m] 2800[k]' 'Halo 370[1m] 2900[k]' 'Halo
630[1m] 2800[k]' 'LED 330[1m] 10000[k]'});

%calculate the means
m(1) = mean(hvect_8hr);
m(2) = mean(hvect_12hr);
m(3) = mean(hvect_H3701m2800K);
m(4) = mean(hvect_H3701m2800K);
m(4) = mean(hvect_H3701m2900K);
m(5) = mean(hvect_H6301m2800K);
m(6) = mean(hvect_L3301m10000K);
m = m';

%calculate the standard deviation
s(1) = std(hvect_8hr);
```

```

s(2) = std(hvect_12hr);
s(3) = std(hvect_H3701m2800K);
s(4) = std(hvect_H3701m2900K);
s(5) = std(hvect_H6301m2800K);
s(6) = std(hvect_L3301m10000K);
s = s';

%Calculate the Coefficient of variation
cv = s./m;
cv = cv';

subplot(3,1,1);
bar(m);
set(gca,'XTickLabel','');
subplot(3,1,2);
bar(s);
set(gca,'XTickLabel','');
subplot(3,1,3);
bar(cv);

```

Published with MATLAB® R2014b

Bijlage V. Histogram matrix van de verschillende condities

