

## **Test af ”LMK mobile advanced” kamera**

Kai Sørensen, 2. juni 2015

### **Indledning og sammenfatning**

Denne test er et led i et NMF projekt om udvikling af blændingsmåling ved brug af et ”LMK mobile advanced” kamera. Formålet er at afgøre om et sådant kamera har egenskaber, som er tilstrækkeligt gode til denne anvendelse.

Det kamera, som er testet, ejes af Vejdirektoratet, men befinder sig for tiden hos undertegnede. Til kameraet hører der en forholdsvis kraftig PC, hvor kameraets software, LabSoft er installeret. De regneark, der er omtalt i notatet ”Regneark til beregning af synsedsættende blænding” af maj 2015, findes også på denne PC.

Testenes omfang og metoder omtales i afsnit 1.

Der benyttes en PC skærm til at fremstille en jævnt lysende flade, som kan vise gråtoner på en skala fra hvid til sort, eller farver. Kameraet benyttes til at bestemme luminansen af et lille område i fladens midte, og et luminansmeter benyttes til at måle luminansen af samme område. Det antages at luminansmeterets måleværdier er korrekte eller omtrent korrekte, så kameraets egenskaber afsløres ved sammenligning af de to måleværdier.

Luminansmeteret er af typen LMT og udlånt til formålet af DELTA Lys & Optik. Luminansmeteret placeres tæt på kameraet, da fladens luminans tydeligvis afhænger af måleretningen.

Kameraet benyttes med én indstilling, som afspejler en typisk anvendelse af kameraet. Softwaren korrigerer kalibreringen ved andre indstillinger, og det antages at dette sker på tilfredsstillende måde.

Test af kalibrering og linearitet omtales i afsnit 2.

Der påvises en acceptabel kalibrering af kameraet, da det værdier kun er lidt lavere end luminansmeterets.

Desuden påvises det at kameraet med lidt god vilje spænder over et område på tre dekader eller en faktor 1000 fra den laveste til den højeste luminans, der kan måles korrekt.

Dette er tilstrækkeligt til nogle opgaver, som for eksempel måling af retroreflekterende vejtafslørers luminans, men ikke altid til bestemmelse af synsedsættende blænding. Af denne grund beskriver det ovennævnte notat om ”Regneark til beregning af synsedsættende blænding” en metode til at sammensætte to billeder med vist forskellig eksponering til ét billede med en meget stor dynamik.

Til det pågældende kamera hører der tre gråfiltre til reduktion af eksponeringen. Ét af disse påregnes at blive brugt i praksis, hvor dets kalibrering omtales i afsnit 3. Det konkluderes at filtrets kalibrering er korrekt.

En test af kalibreringen over kameraets billedflade omtales i afsnit 4. Det konkluderes at kameraets følsomhed over billedfladen er jævn, så måleværdien for en flade ikke afhænger nævneværdigt af fladens beliggenhed i billedet.

Endelig omtales der en test af kameraets spektrale følsomhed i afsnit 5. Det konkluderes at kameraets spektrale korrektion ikke er særlig god og at der må påregnes fejl af størrelsen op til cirka 10 % ved måling af farvet lys. Dette er dog ikke ødelæggende for kameraets anvendelse til måling af synsedsættende blænding.

## 1. Omfang og metoder

De i det følgende omtalte tests er udført ved brug af en jævnt lysende flade, som er fremkaldt på en skærm til en stationær PC. Den jævnt lysende flade er en tegning af et stort rektangel, som er hvid eller grå på en skala ned til sort, eller rød, grøn eller blå. Tegningen vises i et word dokument og dækker en størst mulig andel af skærmen.

Skærmen er rettet mod kameraet, som er anbragt på et stativ i en afstand på godt 3 m afstand. Opstillingen findes i et mørklagt lokale.

Kameraet er stillet til:

- a. fokus på uendelig,
- b. størst mulig zoom svarende til en brændvidde på 50 mm,
- c. en eksponeringstid på 1 sekund,
- d. en blænde på 10.

Udover de ovennævnte indstillinger af kameraet er der nogle faste indstillinger, herunder eksponering af tre billeder i en serie, et ISO tal på 100 og en AEB med maksimal bredde.

Der er valgt fokus på uendelig og størst mulig zoom, fordi kameraet normalt bruges på lang afstand og med denne zoom indstilling. Den til kameraet hørende software korrigerer kalibreringen ved andre fokuseringer, og ved den alternative zoom indstilling til mindst mulig zoom, men der er ikke foretaget nogen test heraf.

Indstillingerne af eksponeringstid og blænde er valgt, så der netop undgås overbelysning ved den jævnt lysende flades maksimale luminans på  $270 \text{ cd/m}^2$ . Den til kameraet hørende software korrigerer kalibreringen ved andre indstillinger, men der er ikke foretaget nogen test heraf

Den jævnt lysende flades luminans bestemmes for et lille område i fladens midtpunkt - både ved brug af et luminansmeter og ved brug af kameraet.

Luminansmeteret er af typen LMT og udlånt til formålet af DELTA Lys & Optik. Det er benyttet med en målevinkel på  $1^\circ$ , fokusering på fladen, sigte mod fladens midte og en position så tæt på kameraet som muligt. Positionen tæt på kameraet er valgt for at undgå effekter af variation af fladens luminans med måleretningen.

For hver optagelse med kameraet indlæses den pågældende serie af billeder til den software (LabSoft), som hører til kameraet, og der dannes et sort/hvidt billede med kalibrerede værdier af luminans. Luminansen i fladens midte opsøges ved brug af en cirkulær cursor med en diameter på  $1^\circ$  (100 pixels).

## 2. Test af kalibrering og linearitet

Kameraet rettes mod den lysende flades midte, hvorved billedet ser ud som vist i figur 1. Der foretages optagelser for en gråskala af fladen spændende fra hvid til sort. For hvert trin på gråskalaen foretages der desuden måling af luminansen ved brug af luminansmeteret.

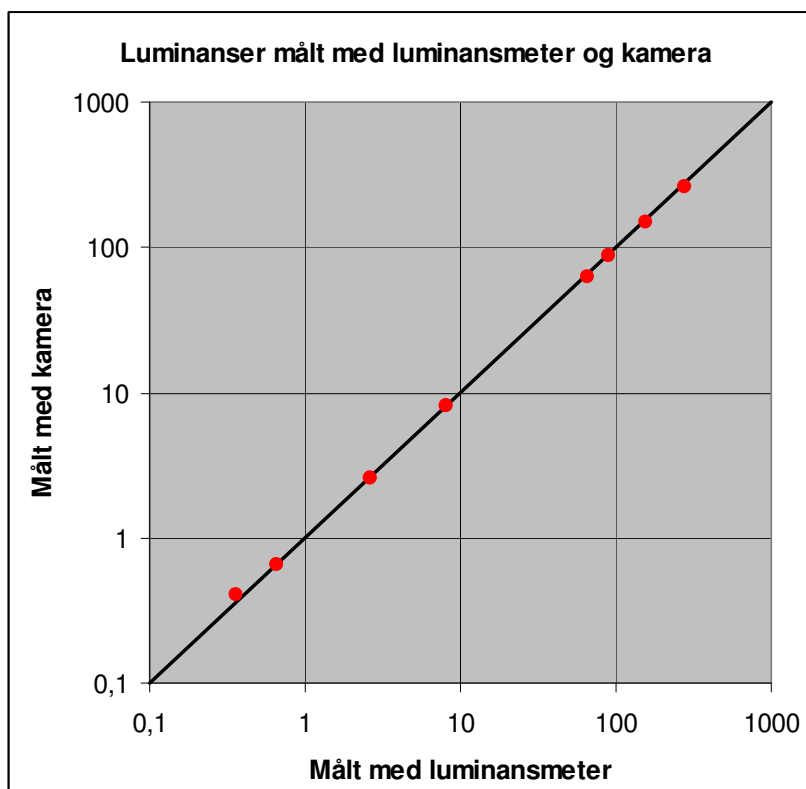
**Figur 1: Billede af en jævnt lysende flade i mørke omgivelser.**



De to sæt af luminanser, som måles med luminansmeteret og kameraet, er sammenstillet i tabel 1 og i figur 1.

**Tabel 1: Sammenstilling af luminanser målt med luminansmeter og kamera.**

Gråskala	Målt med luminansmeter	Målt med kamera	Procent forskel
Hvid	270	264	-2,2 %
Grå 1	154	150	-2,6 %
Grå 2	91	88	-3,3 %
Grå 3	66	63	-4,5 %
Grå 4	8,2	8,1	-1,2 %
Grå 5	2,65	2,60	-1,9 %
Grå 6	0,65	0,66	1,5 %
Sort	0,36	0,40	11,1 %



**Figur 1: Sammenstilling af luminanser målt med luminansmeter og kamera.**

Det ses at kameraets luminansværdier i de fleste tilfælde er nogle få procent lavere end luminansmeterets. Der er derfor en vis forskel i kalibreringerne, som dog kan regnes for at være lille i lysteknisk sammenhæng.

Undtagelsen er de små værdier for "Grå 6" og især for "Sort", hvor kameraets værdier er de højeste. Det skyldes formentligt støj, som er ensidigt positiv og gør sig gældende i de svagest belyste billeder.

Dermed spænder kameraet ved de givne indstillinger ned til cirka 0,4 cd/m<sup>2</sup>. Desuden spænder kameraet ved de givne indstillinger op til mindst den højeste luminans på 270 cd/m<sup>2</sup>. Kameraet spænder nok også op til noget højere luminanser, indtil der indtræder overbelysning og dermed mætning af måleværdierne.

Dette er et eksempel på at kameraet med lidt god vilje spænder over et område på tre dekader, eller en faktor 1000 fra den laveste til den højeste af de luminanser, der kan måles korrekt.

Hvorledes dette område placeres på en skala af luminanser afhænger af indstillingerne, og flyttes nedad ved øget eksponeringstid og opad ved øget blændetal. For eksempel flyttes området en faktor 2 nedad, når eksponeringstiden fordobles, og cirka en faktor 2 opad, når blændetallet øges ét trin i serien 4; 5,6; 8; 11; 16 og 22.

### 3. Test af kalibreringen af et gråfilter

Det pågældende kamera er udstyret med tre gråfiltre, som tjener til reduktion af eksponeringen ved isætning foran linsen. De tre gråfiltre har kalibrerede værdier af deres transmittans på henholdsvis 4,9 %, 0,84 % og 0,077 %.

Dette svarer til at målte luminansværdier skal multipliceres med en faktor på henholdsvis 20,3; 119,1 og 1292, når de respektive filtre anvendes. Denne multiplikation udføres af softwaren, men brugeren skal selv angive hvilket filter, der eventuelt er brugt.

Det er formentligt kun aktuelt at anvende det første filter, som sammen med den højeste værdi af blændetallet på 22 fører til dækning af luminanser op til 30.000 cd/m<sup>2</sup> - eller endnu højere hvis eksponeringstiden reduceres til under ét sekund.

Kameraet anvendt med dette filter påmonteret til endnu en bestemmelse af den ovennævnte lysende flades højeste luminans på 270 cd/m<sup>2</sup>. Der blev fundet en uændret værdi, hvorfor det konkluderes at filterets kalibrering er korrekt.

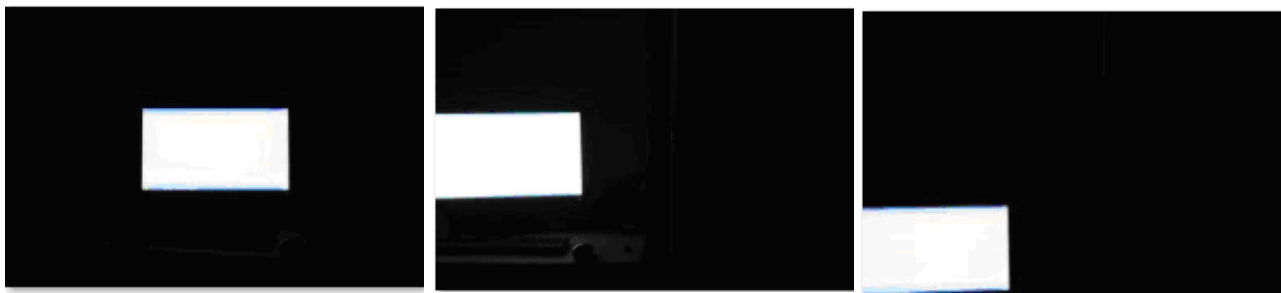
Note: Det er en yderligere betragtning at gråfiltre med meget lav transmittans forvrænger kameraets spektrale følsomhed og dermed udgør fejlkilder ved måling af farvet lys.

### 4. Test af kalibreringen over kameraets billedflade

Den ovennævnte lysende flade med en maksimal luminans på 270 cd/m<sup>2</sup> blev også brugt til en test af kalibreringen over kameraets billedflade. Hertil blev kameraet først sigtet mod fladens centrum og derefter rettet så den lysende flade optræder forskellige steder i kamerabilledet.

Note Ved denne fremgangsmåde er der sikkerhed for at den lysende flades luminans måles i omtrent samme retning.

Figur 3 viser eksempler på sådanne positioner i kamerabilledet, mens tabel 2 angiver samtlige anvendte positioner og de målte luminanser for hver enkelt position. Luminanserne blev i alle tilfælde bestemt i den lysende flades centrum.



Figur 3: Eksempler på positioner af en lysende flade i kamerabilledet.

**Tabel 2: Luminanser for forskellige positioner af en lysende flade i kamerabilledet i cd/m<sup>2</sup>.**

Positioner i kamera billedet	Målt med luminansmeter	Målt med kamera	Procent forskel
Centrum	270	258	-4,4 %
Midt til venstre	270	260	-3,7 %
Midt til højre	270	260	-3,7 %
Nederst til venstre	270	262	-3,0 %
Øverst til venstre	270	260	-3,7 %
Nederst til højre	270	265	-1,9 %
Øverst til højre	270	256	-5,2 %
Middel	270	260	-3,7 %

Det ses at den luminans, som måles med kameraet, ikke varierer synderligt med den lysende flades position i billedet. Det konkluderes derfor at kameraets følsomhed over billedfladen er jævn.

### 5. Test af kameraets spektrale følsomhed

Den ovennævnte lysende flade blev også brugt til en test af kameraets spektrale følsomhed, idet den blev anvendt med farverne hvid, rød, grøn og blå. Figur 4 viser lysende flader af farverne rød, grøn og blå, mens tabel 3 sammenfatter luminanser målt med luminansmeter og kamera.



**Figur 4: Farvede lysende flader i kamerabilledet.**

**Tabel 3: Luminanser for lysende flader med forskellige farver i cd/m<sup>2</sup>.**

Farve	Målt med luminansmeter	Målt med kamera	Procent forskel
Hvid	270	258	-4,4 %
Rød	67	75	11,9 %
Grøn	46	43	-6,5 %
Blå	5,1	4,5	-11,8 %
Middel			-2,7 %

Det ses at der er forholdsvis store forskelle mellem luminanserne for rød, grøn og blå. Umiddelbart kan det derfor konkluderes at luminansmeteret og kameraet har forskellige spektrale følsomheder.

Da luminansmeteret er af høj kvalitet, uden dog at være perfekt på dette punkt, må det konkluderes at det er kameraets spektrale korrektion, der ikke er særlig god. Derfor må der påregnes fejl af den størrelsesorden, der fremgår af tabel 2, ved måling af farvet lys.

Det er skuffende, fordi farvekorrektionen foretages i softwaren på baggrund af farvebilleder, og formentligt kunne være bedre.