

Technical University of Denmark



Håndholdte spektrometre er smarte, men usikre

Thorseth, Anders

Published in:
Lys

Publication date:
2017

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Thorseth, A. (2017). Håndholdte spektrometre er smarte, men usikre. Lys, (02), 16-17.

DTU Library

Technical Information Center of Denmark

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

HÅNDHOLDTE SPEKTROMETRE ER SMARTERE, MEN USIKRE

Ny teknologi har gjort håndholdte spektrometre mere tilgængelige, men sammen med de mange nye muligheder følger flere fejlkilder

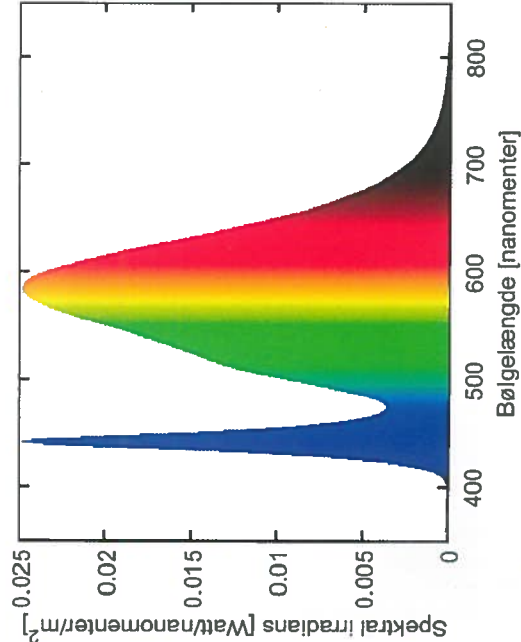
ANDERS THORSETH, PROJEKTLEDER, DTU FOTONIK

Der findes lysmålere, der kan være i lommen, og som på en touchscreen angiver: belysningsstyrke, farvetemperatur, farvegengivelse og farvekoordinater. De er nemme at bruge og koster ikke mere end en bærbar computer. Da især LED-løsninger kan være meget forskelligartede med hensyn til lys- og farvekvalitet, lyder et sådant instrument, som et uundværligt værktøj for enhver, der arbejder med lys. Men træerne vokser ikke ind i himlen, disse nye instrumenter har faldgruber, der gør, at man skal være mere varsom med resultaterne.

I de senere år er det også blevet muligt at købe små praktiske håndholdte spektrometre til en overkommelig pris. Grunden til det er, at et håndholdt spektrometer basalt set er et digitalkamera, der blot opfanger lyset på en lidt anden måde. Hvor et almindeligt digitalkamera måler, hvor meget lys der kommer fra forskellige retninger og viser det som et fotografi, så måler et spektrometer, hvilken del af det synlige spektrum lyset hører til, uanset retning. Det producerer så et "billede" af spektret, der ikke er i to dimensioner, som et fotografi, men kun har én dimension, med en bølgelængdeakse, der dækker det synlige område fra blå (ca. 360 nanometer) til rød (ca. 830 nanometer). Måleresultatet vises ofte som en farvet graf, der minder om den LED-måling, der vises i Figur 1. Netop den grafiske brugerflade er den helt store fordel ved disse instrumenter, fordi det gør det nemt at formidle resultaterne videre til andre lige så snart, man har målt.

Sammenligningen med udviklingen inden for digitalkameraer og smartphones er på mange måder nyttig, da der er klare fællestræk:

- Udviklingen går stærkt, pixelantal, lysfølsomhed, og ikke mindst brugervenlighed er konkurrenceparametre for instrumentproducenterne
- Minispektrometrene er nu så små og billige, at de snart kan indbygges i næsten hvad som helst



Figur 1: Spektrogram fra LED farvet for at illustrere energindholdet i - og farven på de forskellige bølgelængder.

mere tilgængelige, men sammen med de

- Der findes rigtig gode (dyre) produkter, der producerer data i høj kvalitet, og der findes dårlige produkter, der producerer data i lav kvalitet
- Enhederne bliver mindre og mindre, uden at ydelsen nødvendigvis falder

Som enhver med et kamera i sin mobiltelefon ved, så har småt håndholdt udstyr sine begrænsninger. Eksempelvis kan lav belysning, rysten på hånden, for skarpt lys m.v. resultere i ubrugelige billeder. Men jo større og dyrere kamera jo mindre problemer med dårlig billedkvalitet. I denne artikel bruges eksempler fra digitalfotografi for at illustrere pointerne omkring spredt lys og elektronisk støj.

Spredt lys

Spredt lys (stray light på engelsk) er en generel betegnelse for lys, der på den ene eller anden måde ender et forkert sted og derfor bliver målt til at have en anden styrke eller farve, end det egentlig har. Spredt lys er besværligt at have med at gøre, fordi det oftest er unikt for hvert instrument og ikke kan korrigeres særlig nemt. Figur 2 (a) viser spredt lys i et kamerabillede, hvor det kraftige sollys breder sig ud over billedet og figur 2 (b) en spektrometermåling, hvor det indkomne LED-lys breder sig over 16 nanometer. Som det ses flader lysspredningen skarpe kurver ud, hvilket gør, at farver måles som mindre mættede og mere hvidlige, end de egentlig er. Hvis lysspredningen eller bandpass på den viste LED er fire nanometer, øges fejlen på farvetemperaturen med to Kelvingrader. Hvis lyset spredes udover 16 nanometer, bliver fejlen øget med 70 Kelvin.

Mørkestøj

Mørkestøj stammer fra den naturlige elektroniske støj, der altid er til stede i elektroniske lysmåleinstrumenter. I et digitalkamera kan støjen kun ses, når man fotograferer ved et meget lavt lysniveau, se Figur 3 (a). Som det ses, bliver detaljerne udvisket af støjen. Det samme gælder et spektrometer, hvor resultatet helt kan udviskes af støj, se Figur 3 (b). Mørkestøj bliver ofte kraftigere ved højere temperatur. Det vil sige, at der kan være stor forskel på en måling foretaget, når instrumentet lige er blevet tændt, og på en måling, hvor instrumentet er varmet op. Da spektrometre minder om computere, der udvikler varme, er denne effekt langt større end i et traditionelt luxmeter. Mørkestøjen ændrer sig også med eksponeringstiden, og man skal derfor ideelt set lave en mørkemåling, hver gang man laver en ny måling. Kun i de dyreste instrumenter er denne funktion automatisk. Den viste støj Figur 3 (b) giver f.eks. 170 K i øget usikkerhed på farvetemperaturen.

Et af de nyere skud på stammen er spektrometre, der basalt set kun indeholder to optiske komponenter nemlig et farvefilter og en målechip. Denne konfiguration gør det muligt at lave spektrometre, der kun er til 2 millimeter tykke og derfor kan indbygges alle vegne.



Figur 2 a og b: Spredt lys i et digitalkamera (a) og i en spektrometermåling, hvor indkommen lys spredes ud over 16 nanometer (b).

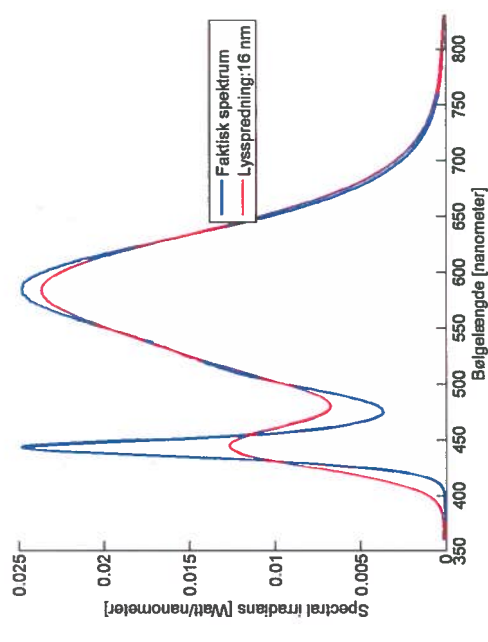


Figur 3 a og b: Foto af en tekst og et billede i meget lav belysning (a), som det ses, forsvinder detaljer og farver i elektronisk støj, sammenholdt med et målt spektrum, der er tilføjst støj (b), og hvor kun den overordnede form kan ses igennem støjen.

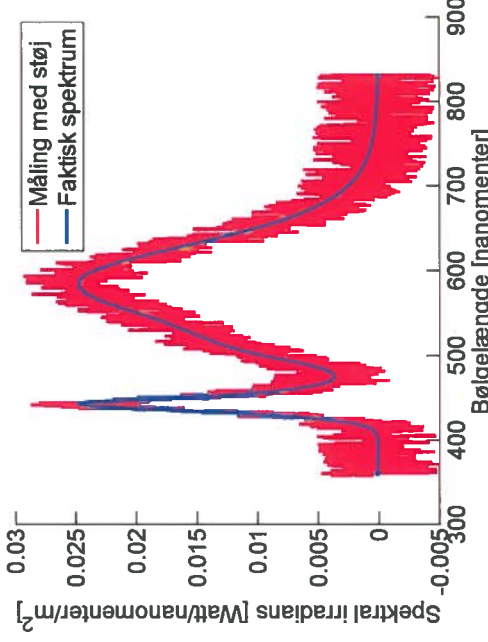
Faldgruber

Andre emner man skal være opmærksom på ved brug af håndholdte spektrometre:

- Tabt kalibrering – Spektrometre er følsomme instrumenter, der relativt nemt kan tabe kalibreringen og måle op imod 25 % forkert.
- Komplexitet – Hvor f.eks. et luxmeter er et relativt simpelt instrument med én sensor indeholder et spektrometer hundrevis af sensorer (pixels), der alle i realiteten skal kalibreres, hvilket kan være dyrt at vedligeholde.
- Opløsning – Den reelle opløsning i et spektrometer er givet ved bredden af den spektrale spredning og ikke mængden af pixels. Det svarer til et digitalkamera med masser af pixels, men hvor alle billeder er en smule uskarpe.
- Temperaturfølsomhed – Spektrometre er følsomme over for temperatursvingninger, så udenørs og indendørs målinger kan give forskellige resultater, hvis man ikke er varsom. Eksempelvis kan nul-niveauet på målingen ændre sig med 5-10 % i de værste tilfælde.
- Mindste lysniveau – nogle minispektrometre melder simpelt hen om nul lys, hvis de kommer under et vist niveau, som kan være relativt højt f.eks. 50 lux.
- Maksimalt lysniveau – Ved høje lysniveauer kan der optræde mætning af sensoren, som man kun vanskeligt kan korrigere for, det dynamiske område er typisk langt mindre end for et luxmeter.



Figur 2 a og b: Spredt lys i et digitalkamera (a) og i en spektrometermåling, hvor indkommen lys spredes ud over 16 nanometer (b).



Figur 3 a og b: Foto af en tekst og et billede i meget lav belysning (a), som det ses, forsvinder detaljer og farver i elektronisk støj, sammenholdt med et målt spektrum, der er tilføjst støj (b), og hvor kun den overordnede form kan ses igennem støjen.

- Flimmer – Måling af flimrende lyskilder, som f.eks. visse LED-lyskilder, kræver, at målingens eksponeringstid er tilpasset "flimmerfrekvensen". Det er ikke altid tilfældet per automatik.
- Fejl i det blå – Støj og fejl er typisk langt større i det blå område end i det grønne og røde. Det vil sige, at farvemålinger kan blive påvirket, så f.eks. farvetemperaturen bliver målt upræcist.
- Software og interface – Brugervenligheden kan være noget forskellig for forskellige mærker, hvilket er vigtigt, når man skal præsentere og behandle de målte data.

Der er altså, udover de smarte features, en del mere at huske på med et minispektrometer end med traditionelle luxmètre, og det kan anbefales, at man gør sig klart, hvad man forventer af nøjagtighed, og hvad man er villig til at betale for. Prisen for et minispektrometer af lav kvalitet er stadig højere end prisen for et luxmeter af høj kvalitet.

Spredt lys som fejlkilde i spektrometre er beskrevet i rapporten "Simulation and correction of stray light in spectrometers" fra Center for LED metrologi (LEDMET), som kan findes på www.ledmet.dk