

De luxmeter: Hoe nauwkeurig meet mijn luxmeter en hoe kies ik een geschikte luxmeter?

Peter Bracke
Catherine Lootens
Peter Hanselaer
Frédéric Leloup
Wouter Ryckaert



TECHNOLOGIECAMPUS GENT



Hoe nauwkeurig meet mijn luxmeter en hoe kies ik een geschikte luxmeter?



1. Belangrijkste factoren die de nauwkeurigheid bepalen

A. De basisnauwkeurigheid binnen de periode waarvoor de kalibratie geldt.

De basisnauwkeurigheid wordt gespecificeerd en gekalibreerd

- bij 25°C
- bij loodrechte lichtinval
- voor een CIE illuminant A spectrum, dit is \approx gloeilampspectrum van 2856 K.

De opgegeven meetonzekerheid is een relatieve meetonzekerheid = uitgedrukt in %, en het zijn steeds 2σ meetonzekerheden. Dit betekent dat er 95,4% kans is dat:

$$\text{meetwaarde} \times (1 - \text{meetonzekerheid}) \leq \text{werkelijke waarde} \leq \text{meetwaarde} \times (1 + \text{meetonzekerheid})$$

Anders gesteld: er is 2,3% kans dat de werkelijke waarde groter is, en er is 2,3% kans dat de werkelijke waarde kleiner is dan dit interval.

De basisnauwkeurigheid hangt af van de verlichtingssterkte en de kalibratie gebeurt voor minstens 1 verlichtingssterkte (vaak 1000 lux). De meetonzekerheid is dan ook iets groter bij andere verlichtingssterktes en andere temperaturen, maar voor de meeste luxmeters is dit verwaarloosbaar tussen 10 en 10.000 lux en bij kamertemperatuur.

De norm ISO 17025 eist dat een erkend (geaccrediteerd) laboratorium naast de meetwaarde ook de meetonzekerheid publiceert. Deze kan langs vele wegen worden verkregen, waaronder een wiskundige analyse van foutoorzaken (bijdragen) in verschillende fasen van het meetproces, een externe validatie of deelname aan een ringonderzoek.

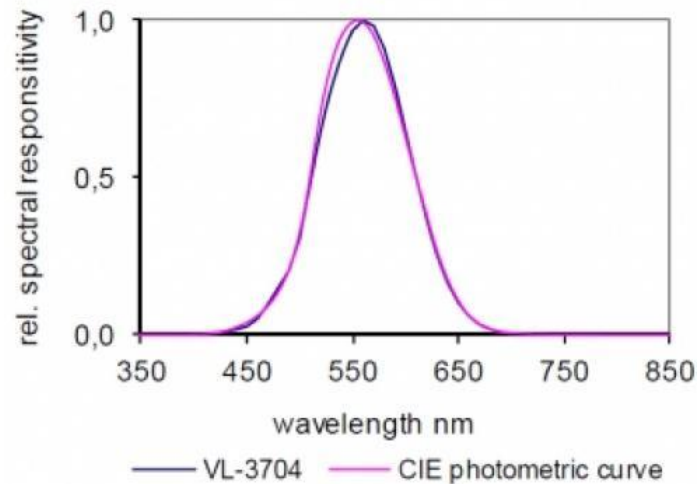
De basisnauwkeurigheid is geldig voor een bepaalde tijdsduur = het kalibratie interval (vaak 1 jaar). Voor een nauwkeurige meting van de verlichtingssterkte is het belangrijk dat een luxmeter gekozen wordt die gekalibreerd is bij aanschaf door een erkend (geaccrediteerd) laboratorium volgens ISO 17025 en dat deze meter regelmatig opnieuw gekalibreerd wordt. Indien de meetonzekerheid minder belangrijk is, dan hoeft een kalibratie niet.

B. Meetonzekerheid vanwege een ander spectrum

Een luxmeter heeft een gekleurde filter voor de detector zodat de combinatie 'filter + spectrale gevoeligheid detector' zo goed mogelijk de $V(\lambda)$ curve benadert. Dit is nooit perfect en de afwijking wordt gedefinieerd met de f_1' waarde ([ISO/CIE 19476:2014](#) = CIE S 023/E:2013, vervangt CIE 69).

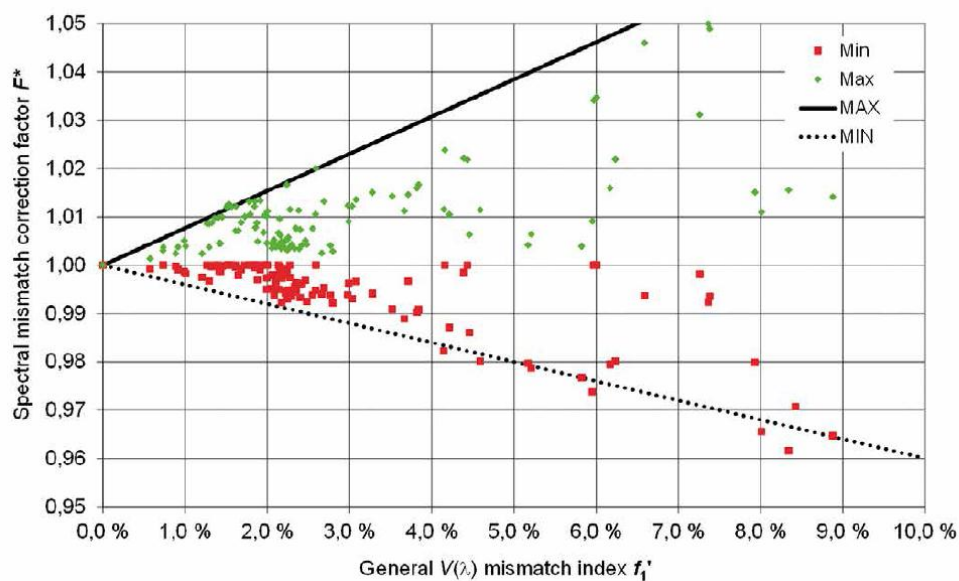
De f_1' waarde wordt opgegeven of er wordt soms verwezen naar DIN 5032-7 waarbij:
class L = 1,5%, class A = 3%, class B = 6%, class C = 9%.

De f_1' waarde kan exacter bepaald worden in een kalibratie.



Figuur 1 Voorbeeld van een DIN 5032-7 class B detector

Indien de lichtbronnen verschillend zijn van een 2856K gloeilamp, dan zal dit resulteren in een bijkomende meetonzekerheid. Welke deze meetonzekerheid is in functie van de f_1' waarde, is bepaald voor het fosfor-type witte ledverlichting en voor het RGB-type witte ledverlichting.



Figuur 2 Correctiefactor voor fosfor-type witte leds en verscheidene f_1' waardes van fotometers (Bron)

De meetonzekerheid ten gevolge van het spectrum is (CIE S 025):

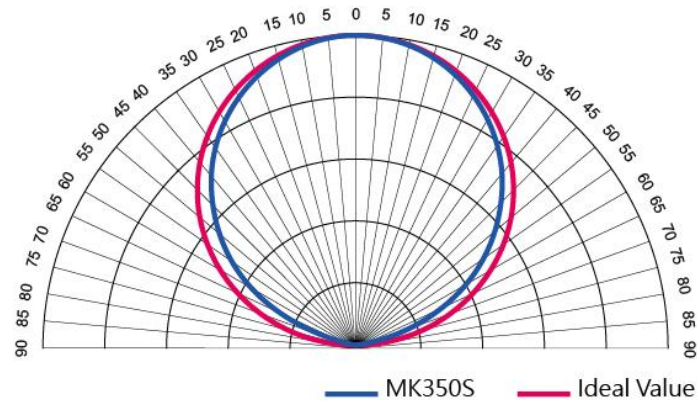
- Voor fosfor-type witte ledverlichting: $0,8 \times f_1'$
- Voor RGB-type witte ledverlichting: $1,4 \times f_1'$

Kies steeds een luxmeter waarvan de f_1' waarde gespecificeerd is. Indien een gekalibreerde luxmeter vereist is voor bepaalde metingen, dan dient ook de f_1' waarde bepaald te worden via een kalibratie en moet rekening gehouden worden met de tijdsduur dat deze kalibratie geldig is.

C. Meetonzekerheid vanwege niet-loodrechte lichtinval



Indien de lichtstralen niet loodrecht invallen op het meettoestel, dan moet de lichtmeter een gevoeligheid vertonen die overeenkomt met $\cos(\text{hoek})$ (hoek t.o.v. loodrechte inval). Dit is nooit perfect en de afwijking wordt gedefinieerd met de f_2 waarde (CIE S 023, vervangt CIE 69).



Figuur 3 Voorbeeld van een cosinus afwijking

De f_2 waarde wordt opgegeven of er wordt soms verwezen naar DIN 5032-7 waarbij:
class A = 1,5%, class B = 3%, class C = 6%.

In een ruimte komt het licht uit verschillende richtingen op een taakoppervlak, via meerdere verlichtingstoestellen, uitgestrekte bronnen en reflectie van wanden, plafond, meubilair... De bijdrage van boven af is dominant voor de verlichtingssterkte bij o.a. kantoren, gangen, klaslokalen en buiten bij een bewolkte hemel.

De meetonzekerheid ten gevolge van een top-dominante lichtinval is $\text{dan}^1 = f_2 + 1\%$

Kies steeds een luxmeter waarvan de f_2 waarde gespecificeerd is. Indien een gekalibreerde luxmeter vereist is voor bepaalde metingen, dan dient ook de f_2 waarde bepaald te worden via een kalibratie en moet rekening gehouden worden met de tijdsduur dat deze kalibratie geldig is.

Het totaal van de meetonzekerheden

Aangezien de meetonzekerheden niet gecorreleerd zijn, worden ze niet opgeteld maar volgt het totaal uit de wortel van de som der kwadraten:

Vb. Relatieve meetonzekerheid voor fosfor-type witte ledverlichting
$$= \sqrt{(\text{basis meetonzekerheid})^2 + (0,8 \times f_1')^2 + (f_2 + 1\%)^2}$$

De totale meetonzekerheid zal echter nog iets groter zijn omdat een aantal kleinere meetonzekerheden niet meegenomen zijn.

¹ <https://doi.org/10.1177/1477153515612243>

2. Praktische voorbeelden

Typische DIN 5032-7 class B luxmeter

Basis nauwkeurigheid = 3%; $f_1' = 6\%$; $f_2 = 3\%$

Een luxmeter met deze specificaties is reeds verkrijgbaar vanaf €100.

Relatieve meetonzekerheid voor fosfor-type witte ledverlichting =
 $\sqrt{(3^2 + (0,8 \times 6)^2 + (3 + 1)^2)} = 6,93\%$

Typische DIN 5032-7 class A luxmeter

Basis nauwkeurigheid = 3%; $f_1' = 3\%$; $f_2 = 1,5\%$

Relatieve meetonzekerheid voor fosfor-type witte ledverlichting =
 $\sqrt{(3^2 + (0,8 \times 3)^2 + (1,5 + 1)^2)} = 4,58\%$

De beste realiseerbare waardes

Basis nauwkeurigheid = 0,8%; $f_1' = 0,8\%$; $f_2 = 1,5\%$

Relatieve meetonzekerheid voor fosfor-type witte ledverlichting =
 $\sqrt{(0,8^2 + (0,8 \times 0,8)^2 + (1,5 + 1)^2)} = 2,7\%$

De totaal meetonzekerheid kan nog groter zijn door andere oorzaken zoals de temperatuurcoëfficiënt, niet-lineariteit e.d.

Presentatie:

Een [goede presentatie](#) over lichtmetingen is door Mike Clark van Gigahertz-Optik gegeven op het LED EVENT 2016 in Mechelen.