

Led meten met een luxmeter

Ing. P.K. Smits – Lichtconsult.nl

Inleiding

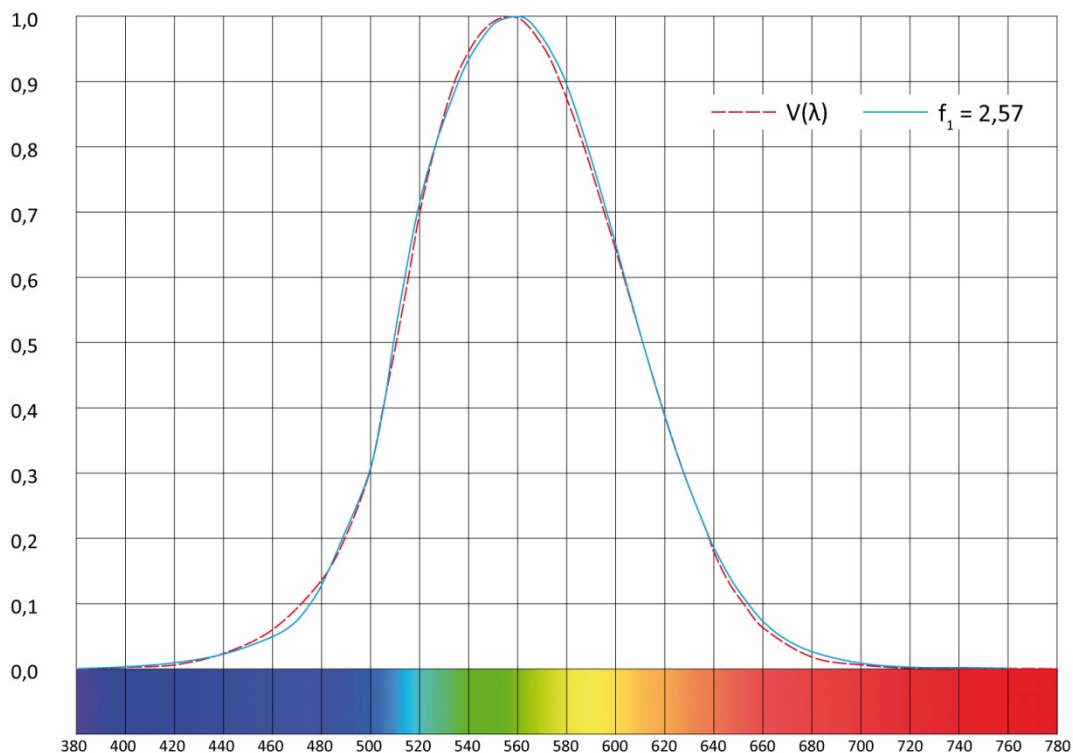
Een steeds vaker gehoorde uitspraak in de verlichtingsindustrie is: “ledverlichting kun je niet meten met een luxmeter”. Een verlichtingsinstallatie met led zou onjuist beoordeeld worden met een luxmeter, of klachten op basis van te lage verlichtingssterktes zouden ongegrond zijn. Een spectrale “mismatch” tussen de led en de gevoeligheid van de luxmeter zou metingen onnauwkeurig maken. Of zelfs leiden tot onjuiste meetresultaten. Helaas veroorzaakt deze onterechte *onliner* veel verwarring. Het is een schoolvoorbeeld van de halve waarheid, die regelmatig een hele leugen wordt.



Afb. 1 – Een klasse A meetcel van de Mobilux luxmeter van het fabricaat Czibula & Grundmann.

Hoe meet een luxmeter?

Een luxmeter meet het licht volgens de ooggevoeligheidskromme $V(\lambda)$. Wit licht is elektromagnetische straling van verschillende golflengten, of eenvoudig gezegd: een verzameling gekleurde lichtstralen. De ooggevoeligheidskromme beschrijft in welke mate het menselijk oog deze kleuren waarneemt. De meetcel van een luxmeter (zie afbeelding 1) bestaat uit een lichtgevoelige diode-cel met filters. Deze filters benaderen zo nauwkeurig mogelijk de ooggevoeligheidskromme. Wat een goede luxmeter niet meet, kan het menselijke oog dus niet zien. Maar de techniek kent grenzen en de meetcel van een luxmeter kan niet perfect overeenkomen met de ooggevoeligheidskromme; er is een kleine afwijking (zie afbeelding 2). De grootte van deze afwijking is één van de criteria in de Duitse norm DIN 5032-7 (de $V(\lambda)$ -adaptatie f_1) die de nauwkeurigheid van de luxmeters en luminantiemeters beschrijft. Bij een klasse A luxmeter mag deze “ooggevoeligheidsafwijking” over het zichtbare spectrum maximaal 3% zijn.



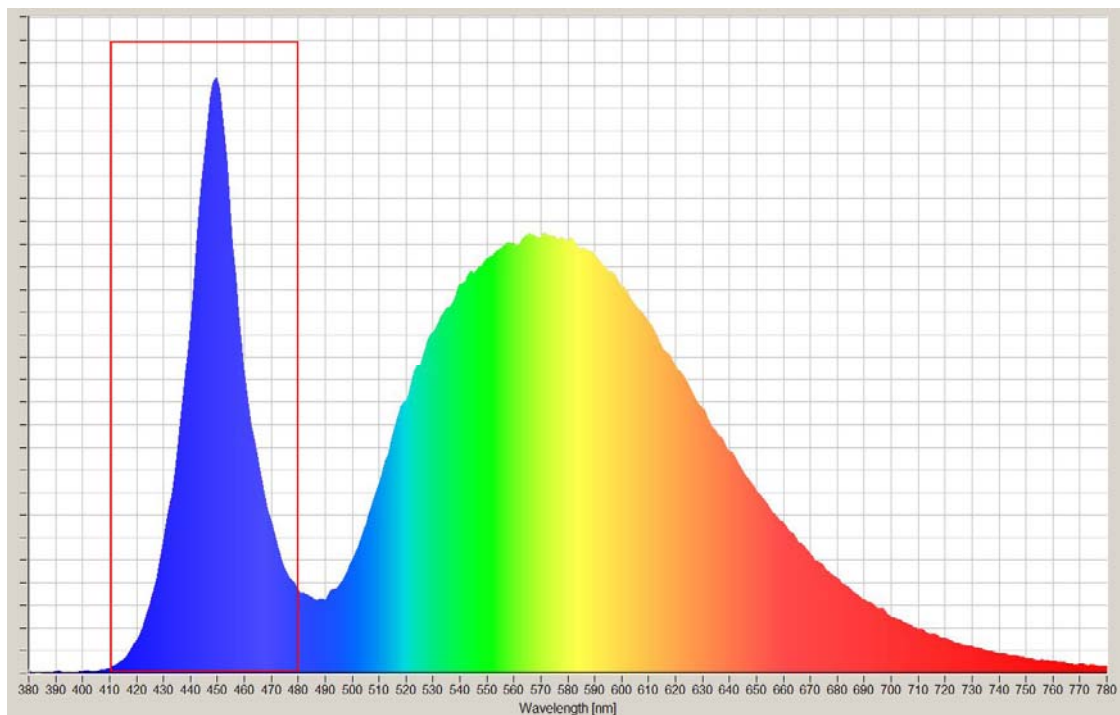
Afb. 2 – De ooggevoeligheidskromme $V(\lambda)$ in het rood en de $V(\lambda)$ -adaptatie f_1 van een luxmeter van het fabricaat Gossen in het blauw. Deze komen heel goed overeen, maar kunnen plaatselijk iets afwijken, zoals bijvoorbeeld tussen de 460nm en 480nm.

Halve waarheid

Een halve waarheid is dat de spectrale samenstelling van leds anders is dan veel andere lichtbronnen. De spectrale samenstelling van bijvoorbeeld een koelwitte led bevat maxima op golflengten die in mindere mate worden waargenomen door een luxmeter (zie afbeelding 3). Echter bestaat dit verschijnsel bij vrijwel alle kunstlichtbronnen, zoals gloeilampen en fluorescentielampen. Al deze lichtbronnen genereren vermogen op uiteenlopende golflengten, waarbij niet alle golflengten in gelijke mate worden waargenomen door een luxmeter.

Oorzaak

De uitspraak “led kun je niet meten met een luxmeter” vindt zijn oorzaak in het grote aandeel blauw in de spectrale samenstelling van witte leds. Dat zijn immers blauwe leds met een fosforlaag, die samen wit licht produceren. Dit blauwaandeel zou onvoldoende meegenomen worden in een meting met een luxmeter. De afwijking van de ooggevoeligheidskromme zou plaatselijk in dit blauwe golflengtegebied veel groter zijn dan de gemiddelde totale afwijking. Dit is een correcte aanname, maar wat is het verschil en is dit verschil wel noemenswaardig bij functionele verlichting? Wij hebben dit onderzocht en namen de proef op de som. Na het nodige meet- en rekenwerk aan de spectrale samenstelling van diverse lichtbronnen, blijkt het een druppel op een gloeiende plaat.



Afb. 3 – Een diagram van de spectrale samenstelling van een koelwitte led, met in het rode rechthoek een piek in het blauwe golflengtegebied.

Het blauwe golflengtegebied

Het “blauwe” vermogen van de led is dus de moeite waard om nader te onderzoeken. Daarom hebben we het spectrum gemeten van vele lichtbronnen en vervolgens dit vermogensaandeel gekwantificeerd. We hebben gebruikelijke, witte (multichromatische) lichtbronnen onderzocht. We hebben vergeleken hoeveel vermogen er in het blauwe golflengtegebied aanwezig is (van 410nm tot 480nm), ten opzichte van het gehele zichtbare spectrum (van 380nm tot 780nm). Zodoende kunnen we concluderen, dat bijvoorbeeld 21% van het vermogen van de gemeten koelwitte led zich bevindt in het blauw (zie de resultaten van de verschillende lichtbronnen in tabel 1). Toch geeft dit percentage “blauw” nog geen duidelijkheid over het belang hiervan, want ons oog neemt het niet geheel waar. Daarvoor moet het vermogen nog getoetst worden aan de ooggevoeligheidskromme $V(\lambda)$.

| Pos. | Lichtbron | Type ¹ | Kleurtemperatuur (K) | Vermogen ² 380-780nm (W/m ²) | Vermogen 410-480nm (W/m ²) | % 410-480nm |
|------|------------------------|---------------------------|----------------------|--|---|----------------|
| 1 | Gloeilamp | A60 100W E27 | 2.650 | 7,4567 | 0,2512 | 3,37% |
| 2 | Halogeen | QT14 40W/m G9 | 2.650 | 7,1460 | 0,2559 | 3,58% |
| 3 | Spaarlamp | TC-TSE 11W/827 E27 | 2.600 | 7,7050 | 0,4295 | 5,57% |
| 4 | Fluorescentie buislamp | T16 14W/840 | 3.850 | 9,4170 | 1,4680 | 15,59% |
| 5 | Metaalhalide kwarts | HIT-DE 250W/942 | 4.000 | 2,9600 | 0,4404 | 14,88% |
| 6 | Metaalhalide keramisch | HIT-DE-CE 70W/942 | 4.600 | 1,3890 | 0,2788 | 20,07% |
| 7 | Led retrofit | LED QR-CBC51 12V/7W 3000K | 3.150 | 2,6380 | 0,2932 | 11,11% |
| 8 | Ledstrip | LEDSTRIP 24V/5W 3000K | 3.350 | 2,6190 | 0,2887 | 11,02% |
| 9 | Ledstrip koelwit | LEDSTRIP 24V/5W 4000K | 4.550 | 3,3630 | 0,7232 | 21,50% |
| 10 | Ledarmatuur OV | POWERLED 5500K | 5.300 | 0,0207 | 0,0051 | 24,85% |

1. Type aanduiding volgens ZVEI, indien mogelijk.

2. Het vermogen per oppervlak (opvallende straling). De hoeveelheid hangt af van de afstand tussen lichtbron en meetcel.

Tabel 1 – Het spectrale vermogen van diverse lichtbronnen, met in de laatste kolom de verhouding tussen het vermogen in het blauwe golflengtegebied en het totale vermogen.

Vervolgens hebben we het vermogen gecorrigeerd per nanometer golflengte op basis van de ooggevoeligheid. Na het uitvoeren van deze correctie blijkt dat het integrale vermogen van het blauwe vermogensaandeel in het ledspectrum slinkt tot minder dan 2% van het totale vermogen (zie tabel 2). Verder blijkt hetzelfde verschijnsel op te treden bij vele andere (koelwitte) lichtbronnen, zoals fluorescentie buislampen en metaalhalide gasontladingslampen. In dit voorbeeld kan een meetfout met de luxmeter, mocht deze überhaupt in enige mate optreden, nooit groter zijn dan de eerder genoemde 2%. Deze afwijking valt in het niet vergeleken bij andere foutkansen als gevolg van bijvoorbeeld netspanningsvariaties, ongekalibreerde luxmeters, grote temperatuursverschillen of schokken door het laten vallen van een meetcel.

| Pos. | Lichtbron | Type ¹ | Kleurtemperatuur (K) | Vermogen $V(\lambda)$ (W/m ²) | Vermogen $V(\lambda)$ 410-480nm (W/m ²) | % $V(\lambda)$ 410-480nm |
|------|------------------------|---------------------------|----------------------|--|--|-----------------------------|
| 1 | Gloeilamp | A60 100W E27 | 2.650 | 1,6627 | 0,0139 | 0,84% |
| 2 | Halogeen | QT14 40W/m G9 | 2.650 | 1,5370 | 0,0141 | 0,92% |
| 3 | Spaarlamp | TC-TSE 11W/827 E27 | 2.600 | 4,0780 | 0,0105 | 0,26% |
| 4 | Fluorescentie buislamp | T16 14W/840 | 3.850 | 4,7980 | 0,0573 | 1,19% |
| 5 | Metaalhalide kwarts | HIT-DE 250W/942 | 4.000 | 1,1360 | 0,0187 | 1,65% |
| 6 | Metaalhalide keramisch | HIT-DE-CE 70W/942 | 4.600 | 0,5374 | 0,0101 | 1,88% |
| 7 | Led retrofit | LED QR-CBC51 12V/7W 3000K | 3.150 | 1,2430 | 0,0103 | 0,83% |
| 8 | Ledstrip | LEDSTRIP 24V/5W 3000K | 3.350 | 1,2640 | 0,0139 | 1,10% |
| 9 | Ledstrip koelwit | LEDSTRIP 24V/5W 4000K | 4.550 | 1,6500 | 0,0316 | 1,91% |
| 10 | Ledarmatuur OV | POWERLED 5500K | 5.300 | 0,0101 | 0,0002 | 1,66% |

1. Type aanduiding volgens ZVEI, indien mogelijk.

2. Het vermogen per oppervlak (opvallende straling). De hoeveelheid hangt af van de afstand tussen lichtbron en meetcel.

Tabel 2 – Het spectrale vermogen van diverse lichtbronnen gecorrigeerd volgens de ooggevoeligheidskromme $V(\lambda)$, met in de laatste kolom de verhouding tussen het gecorrigeerde vermogen in het blauwe golflengtegebied en het totale gecorrigeerde vermogen.

Conclusie

Een witte led kan dus gemeten worden met een luxmeter, net als elke andere lichtbron. De mogelijk optredende verschillen zijn klein, komen bij alle kunstlichtbronnen voor en vallen binnen de gestelde toleranties. Een actueel gekalibreerde luxmeter is en blijft het praktische en betaalbare meetinstrument om de verlichtingssterkte te meten, ook voor led.