

TNO-rapport
TM-xxxxx

Titel

Intensiteitsmeter voor verkeerslantaarns 1 oriëntatiefase

TNO Technische Menskunde

auteurs

J. Varkevisser, J. Kroonenburg

Kampweg 5
Postbus 23
3769 ZG Soesterberg

Telefoon 0346 35 62 11
Fax 0346 35 39 77

datum 13 november 2001

@

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2000 TNO

Opdrachtgever : ..Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat Generaal Waterstaat
Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Ing.P.C.Hermsmeyer
Postbus 1031
3000 BA ROTTERDAM

Aantal pagina's : ..16 (incl. bijlagen,
excl. distributielijst)

Inhoud	Bladzijde
Samenvatting.....	3
Summary	4
1 Inleiding.....	5
2 Het vaststellen van de lichtintensiteit.....	5
3 Mogelijke uitvoeringen van de lichtmeter.....	6
3.1 Loodrecht uittredend licht	6
3.1.1 Oplossing met een spiegel.....	8
3.1.2 Oplossing met een diffusor.....	9
3.2 Niet loodrecht uittredend licht.....	9
3.2.1 Toepassing van een afbeeldingslens.....	10
3.2.2 Meting op korte afstand.....	11
3.3 Samenvatting	11
4 Metingen.....	12
4.1 Referentiemetingen.....	12
5 Conclusie.....	14
Referenties.....	15
BIJLAGE.....	16

Samenvatting

Intensiteitsmeter voor verkeerslantaarns

1 oriëntatiefase

J.Varkevisser en J. Kroonenburg

Bij verkeerslantaarns speelt vervuiling en veroudering een rol bij de terugloop van de intensiteit. De Adviesdienst Verkeer en Vervoer, DGR van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat zoekt naar een oplossing om de lichtintensiteit van verkeerslantaarns in de praktijk op een eenvoudige manier te controleren en inzicht te verkrijgen ten aanzien van vervangings-, cq. reinigingsfrequenties.

Dit rapport beschrijft de oriëntatiefase van een project waarin mogelijke meetapparaten worden beschreven die in staat zijn om op een snelle en handzame wijze de intensiteit van de verkeerslantaarn te meten. Er is rekening gehouden met het feit dat het meetapparaat - kortweg VLIC (VerkeersLantaarn IntensiteitControle) genaamd – ook robuust moet zijn. De afmetingen zijn zodanig, dat het in de auto meegenomen kan worden. VLIC kan onafhankelijk van het omgevingslicht de intensiteit van de verkeerslantaarn meten en is geschikt om op een 200, resp. 300 mm lamp geplaatst te worden.

In de oriëntatiefase is gekeken naar de optische eisen die aan de VLIC moeten worden gesteld. Er zijn metingen uitgevoerd aan in de praktijk toegepaste verkeerslantaarns. Daartoe zijn verkeerslantaarns van een belangrijke leverancier aangeschaft, voorzien van diverse lichtbronnen. Er is een aantal mogelijke oplossingen gegeven om een prototype te bouwen.

Summary

Intensitymeter for traffic lights

1 orientation phase

J.Varkevisser and J. Kroonenburg

There is a long time decrease of the intensity of traffic lights due to pollution and ageing. The Transport Research Center of the Ministry of Transport, Public Works and Water Management is searching for a simple solution to measure on the road the light intensity of traffic lights. The reason is to get judgment about replacement and cleaning frequencies.

This report describes the orientation phase of possible apparatus that are capable to measure the intensity of a traffic sign in a short time and in a handy way. To use the apparatus – named TrafficLight Intensity Control (VLIC in Dutch) – outside, this will be also robust. The dimensions are designed on the possibility of normal car transport. VLIC measures the intensity of the traffic light independent of daylight. It is capable to place it on a 200 and 300 mm lamp diameter.

In the orientation phase we looked for the optical requirements. We have done photometric measurements on traffic lights. Therefore we bought several traffic light lamp types to evaluate. A list of possibilities is showed to construct a prototype.

1 Inleiding

Verkeerslantaarns die worden toegepast binnen de bebouwde kom kunnen een lampdiameter hebben van 200 mm. Op de buitenwegen wordt een diameter van 300 mm toegepast. Bij deze lantaarns speelt vervuiling en veroudering een rol bij de terugloop van de intensiteit. De Adviesdienst Verkeer en Vervoer, DGR van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat zoekt naar een oplossing om de lichtintensiteit (candela; cd) van verkeerslantaarns in de praktijk op een eenvoudige manier te controleren en inzicht te verkrijgen ten aanzien van vervangings-, cq. reinigingsfrequenties.

In de oriëntatiefase wordt de grondslag gelegd voor de ontwikkeling van een prototype meetapparaat dat in staat is op een snelle en handzame wijze de intensiteit van de verkeerslantaarn te meten. Het meetapparaat, kortweg VLIC (VerkeersLantaarn IntensiteitControle) genaamd, moet een robuust apparaat zijn. De afmetingen moeten zodanig zijn, dat het in de auto meegenomen kan worden. VLIC moet binnen korte tijd (enkele seconden) de verlichtingssterkte (lux; lx) meten loodrecht op de middenas van de lamp (de meting is daarmee onafhankelijk van de kleur van de lamp). De verlichtingssterkte wordt vervolgens met een factor vermenigvuldigd om de intensiteit (candela; cd) te berekenen. Het apparaat functioneert onafhankelijk van het omgevingslicht en is geschikt om op een 200, resp. 300 mm lamp geplaatst te worden. De op deze wijze bepaalde intensiteit komt overeen met de intensiteit zoals die door de norm voorgeschreven keuring in het laboratorium wordt gemeten.

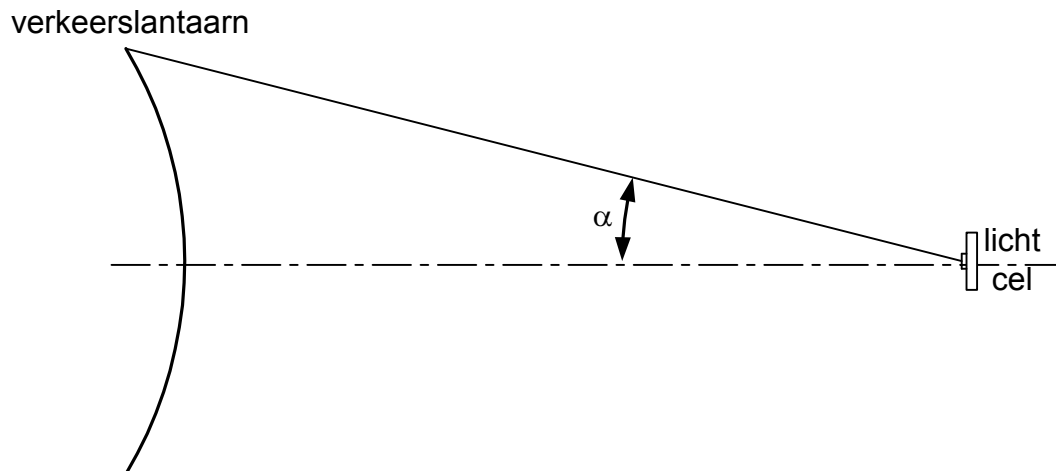
2 Het vaststellen van de lichtintensiteit

De intensiteit van de verkeerslantaarn wordt in het laboratorium bij duisternis bepaald met behulp van een luxmeter. Deze wordt op een zodanige afstand van de lantaarn geplaatst dat de kwadratenwet voor puntbronnen opgaat (NEN 12368). Daarbij geldt $I = E \cdot r^2$.

E gemeten verlichtingssterkte in lx
r afstand luxmeter tot lantaarn in m
I lichtsterkte in cd

Een toegestane meetfout wordt door de norm niet opgegeven. Voor een betrouwbare meting geldt echter dat de diameter d van de lantaarn klein moet zijn ten opzichte van de meetafstand. Bij de metingen houden wij $r \geq 100 \cdot d$ aan.

Een absolute intensiteitsmeter VLIC, die universeel bruikbaar is voor alle soorten verkeerslantaarns, is te realiseren met een luxmeter die op grote afstand wordt geplaatst. Een meter die ook buiten bruikbaar moet zijn kan slechts beperkt van omvang zijn, mag geen buitenlicht opvangen en moet makkelijk te vervoeren zijn. Daarom zal een concessie moeten worden gedaan aan de meetafstand. Bij een meting die op korte afstand wordt uitgevoerd treden enige fouten op zoals in Figuur 1 is aangegeven.



Figuur 1. Als de lichtcel op een korte afstand van de verkeerslantaarn wordt geplaatst zullen meetfouten optreden vanwege het niet loodrecht opvallend licht op de lichtcel.

De lichtcel¹ die de verlichtingssterkte meet heeft per definitie een cosinusvormige richtingsgevoeligheid. Het loodrecht opvallend licht wordt onverzwakt gemeten. Het licht afkomstig van de rand van de verkeerslantaarn valt met een hoek α op de lichtcel en wordt gewogen met een factor $\cos(\alpha)$. Naarmate de meetafstand kleiner wordt zal de bijdrage aan de verlichtingssterkte van het licht naar de randen toe afnemen. Bovendien hangt het van de uitstralingskarakteristiek van de lantaarn af in hoeverre niet loodrecht uitgestraald licht bijdraagt aan de totale intensiteit. Door de lantaarn zowel op grote als op korte afstand te meten kan een correctiefactor worden vastgesteld. Verwacht mag worden dat deze correctiefactor per type lantaarn verschilt.

De VLIC is bedoeld om de teruggang in intensiteit van een bepaalde verkeerslantaarn over een lange periode vast te stellen. Met deze meter wordt geen absolute vergelijkingsmeting gedaan tussen lantaarns. Of de meetwaarde volgens de norm tot stand komt is niet van belang. Wel moet vastgesteld worden of de meetwaarde een bepaald minimum onderschrijdt. Een ijking die ten grondslag ligt aan een meting op grote afstand is noodzakelijk. Omdat de verschillende lantaarnuitvoeringen in meer en in mindere mate parallel licht uitstralen zal per type een andere correctiefactor moeten worden toegepast op de meetwaarde.

3 Mogelijke uitvoeringen van de lichtmeter

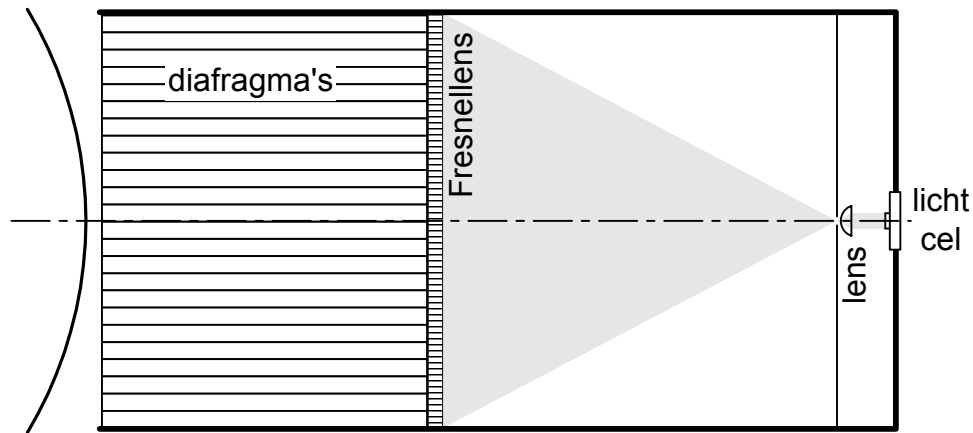
De VLIC moet een robuust en makkelijk hanteerbaar instrument zijn. Hieronder zijn een aantal mogelijke optische principes weergegeven. De voor dit doel aangeschafte luxmeter lichtcel heeft een diameter van 10 mm.

3.1 Loodrecht uittredend licht

De benadering van een lichtmeting op grote afstand kan worden bereikt met de meter zoals afgebeeld in Figuur 2. Hiermee wordt alleen het licht dat de verkeerslantaarn loodrecht uittreedt

via een Fresnellens gefocuseerd in het optisch midden van de lens. Op deze plaats bevindt zich een diafragma met daarachter een tweede lens met een korte brandpuntsafstand. De hieruit uittredende evenwijdige lichtbundel wordt op een lichtcel geworpen. Een dergelijk lenzenstelsel wordt collimator genoemd. De Fresnellens, als eerste lens van de collimator, is een gefragmenteerde platte lens met diametrale groeven. De groeven komen qua helling overeen met

verkeerslantaarn



Figuur 2. Het loodrecht uittredende licht van de verkeerslantaarn wordt via diafragma's en een collimator die bestaat uit een Fresnellens en een kleine lens loodrecht op de lichtcel geworpen.

de bolling van een normale lens. Het licht concentreert zich ter plaatse van het diafragma. Een tweede lens maakt een lichtbundel van loodrecht uittredend licht met een diameter die kleiner is dan de diameter van de lichtcel. Een Fresnellens wordt uit praktische overwegingen gekozen. Deze lens is plat en licht van gewicht. Een overeenkomstige glaslens zou niet alleen kostbaar zijn, maar ook een fors gewicht toevoegen aan de gehele constructie.

Theoretisch is het voldoende om alleen een collimator toe te passen. Toch is ook gekozen voor diafragma's om uitsluitend het loodrecht uittredende licht uit de verkeerslantaarn op de collimator aan te bieden. Deze diafragma's kunnen worden geconstrueerd door het toepassen van een reeks achter elkaar gegroepeerde identieke geperforeerde platen. De onderlinge afstand van de platen moet zo worden ingesteld dat schuin invallend licht de lens niet bereikt. De constructie van de diafragma's is zodanig dat de verhouding tussen de diameter van de gaten in de diafragma's en de totale lengte waarover de platen zijn verdeeld $\geq 1:100$ is. Dit komt overeen met loodrecht uittredend licht, gemeten op grote afstand. Uitgaande van diafragramagaten met een diameter van 3 mm, wordt de lengte van het systeem minstens 300 mm.

Er zijn enkele redenen om ook diafragma's te betrekken in het ontwerp:

- a. Zonder diafragma's vult de ruimte tussen de Fresnellens en het volgende diafragma zich geheel met licht, waardoor mogelijk een meetfout ontstaat door lichtreflecties.

¹ Als lichtcel is een gecalibreerde luxmeter toegepast. Zie voor specificaties de Bijlage.

- b. De Fresnellens is een benadering van een ideale lens. Door de herhaalde groeven zal er mogelijk wat licht dat vanuit andere richtingen dan loodrecht op de lens valt toch terechtkomen op de tweede lens.

Een nadeel van de diafragma's is dat er relatief veel licht verloren gaat. Verder moet goed worden afgeschermd tegen vervuiling. Dit wordt bereikt met de plaatsing van een stofdicht venster voor de diafragma's of de Freshnellens.

De verhouding tussen de brandpuntsafstanden van de lenzen bepaalt de lengte van de collimator. Indien de lichtcel voor ongeveer 86 % van de diameter wordt belicht zijn de verhoudingen tussen

de brandpuntsafstanden van de lenzen bekend
$$\frac{0,86 \cdot d_{\text{lichtcel}}}{d_{\text{Fresnellens}}} = \frac{f_{\text{lens lichtcel}}}{f_{\text{Fresnellens}}}$$

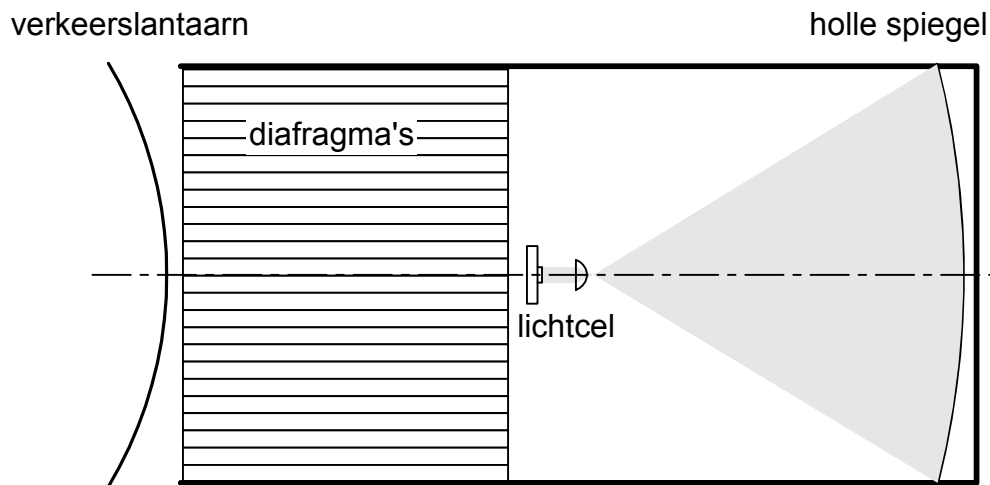
In Tabel 1 zijn de fysieke afmetingen van de collimator gegeven met behulp van in de handel verkrijgbare lenzen voor twee afmetingen van de verkeerslantaarn en bij een diameter van de lichtcel van 10 mm.

Tabel 1. Indien een collimator wordt toegepast leidt een configuratie met onderstaande lenzen noodzakelijk tot een hanteerbare grootte van de meter bij gebruik van een lichtcel met een diameter van 10 mm.

diameter lens verkeerlantaarn mm	netto diameter mm	brandpuntsafstand Fresnellens mm	brandpuntsafstand lens lichtcel mm	totale optische lengte, inclusief diafragma's mm
200	190	419	19	738
300	280	610	19	929

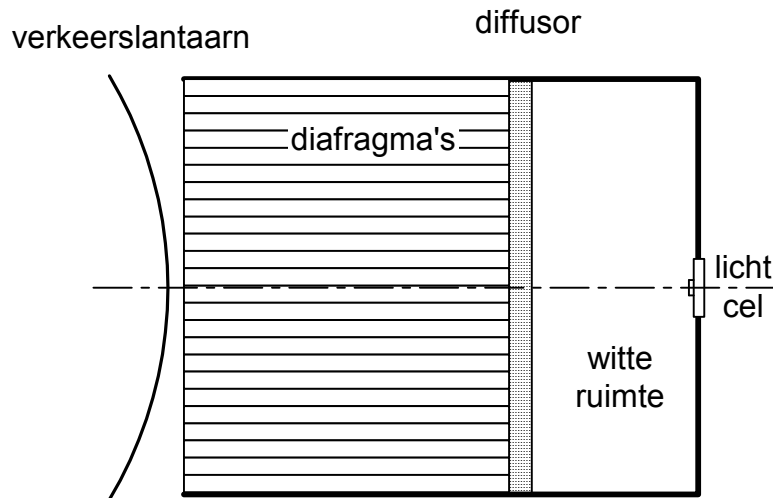
3.1.1 Oplossing met een spiegel

Een oplossing met een holle spiegel is om de lichtcel plus tweede lens even voorbij het brandpunt te plaatsen. Deze mogelijkheid is een alternatief voor de meter in 3.1 (Figuur 3). In combinatie met de diafragma's kan een kortere lichtweg worden bereikt. Het nadeel is dat een spiegel kwetsbaar is en de spiegelende eigenschappen op den duur kunnen afnemen. De lichtcel blokkeert een deel van het uittredend licht.



Figuur 3. Een benadering van de lichtmeting op grote afstand vindt plaats met parallel uittredend licht uit de verkeerslantaarn en een holle spiegel die de bundel via een tweede lens op een lichtcel werpt.

3.1.2 Oplossing met een diffusor



Figuur 4. Een benadering van de lichtmeting op grote afstand vindt plaats met parallel uitredend licht uit de verkeerslantaarn en een diffuus stralende ruimte waarin een lichtcel is aangebracht.

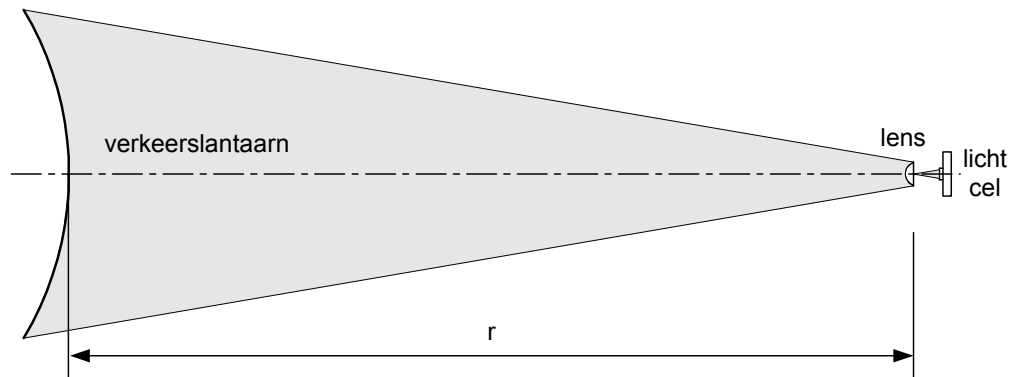
Een variant op het principe van 3.1 is om na de diafragma's een diffusor te plaatsen. Deze straalt het parallel ingevangen licht in alle richtingen gelijkmatig uit. Achter de diffusor bevindt zich een afgesloten witte reflecterende ruimte met daarin de lichtcel. De meter meet alleen het parallel uittredende licht van de lantaarn (Figuur 4). De lengte van deze meter kan relatief kort zijn. Dezelfde voor en nadelen als genoemd onder 3.1 gelden ook hier. Bovendien zal de witte ruimte op den duur verkleuren, waardoor meetfouten ontstaan. Een ander nadeel is dat er weinig licht op de lichtcel valt en dus een gevoelige versterker achter de lichtcel moet worden toegepast.

3.2 Niet loodrecht uittredend licht

Als niet loodrecht uittredend licht wordt gemeten, kan de constructie sterk worden vereenvoudigd. Het nadeel van een dergelijk systeem is dat een meetfout wordt gemaakt omdat alleen het licht in het midden correct wordt gemeten en het concentrische licht minder gewicht heeft. De grootte van deze meetfout is afhankelijk van de optische eigenschappen van de lantaarn. In een aantal gevallen mag worden aangenomen dat de lichtverdeling over het lensoppervlak niet homogeen is. In alle gevallen zal per individuele lantaarn een ijkgetal moeten worden vastgesteld. In de voorbeelden is gekozen voor een lichtweglengte $\geq 2,5$ maal de diameter van de verkeerslantaarn. Uit een meting aan een 200 mm LED lantaarn (redelijk homogeen) bleek dat de meetfout op een afstand van 0,45 m ongeveer -60% bedraagt, hetgeen een zeer grote meetfout is.

3.2.1 Toepassing van een afbeeldingslens

De lens van de verkeerslantaarn wordt verkleind afgebeeld op een lichtcel. (Figuur 5).



Figuur 5. Doorsnede van de lichtweg van de verkeerslantaarn op een lichtcel. r is de afstand tot de afbeeldingslens.

Als de lichtcel voor 80% wordt belicht is de vergroting van het systeem is $V = \frac{0,8 \cdot d_{cel}}{d_{lantaarn}}$

Volgens de lenzenformule is $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{r}$, waarbij

- f brandpuntsafstand van de lens
- b afstand van de lens tot de lichtcel
- r afstand van de lens tot de verkeerslantaarn

Rekening houdend met de vergroting wordt de afstand van de lantaarn tot de lens $r = \left(1 + \frac{1}{V}\right) \cdot f$

Voor een tweetal gangbare diameters van de verkeerslantaarn is de lay-out van het optisch meetsysteem vastgelegd in Tabel 2.

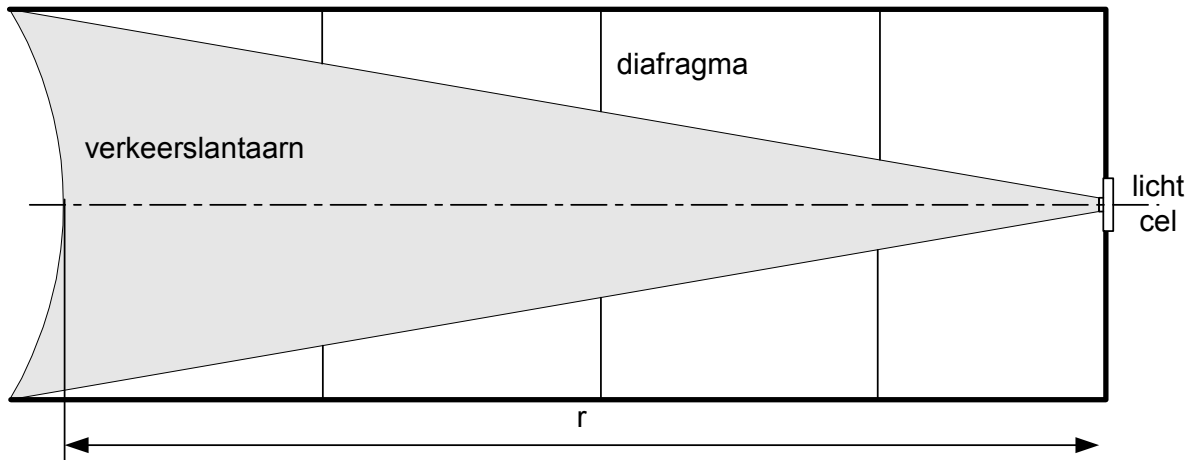
Tabel 2. Afstand van de verkeerslantaarn tot een lens met een brandpuntsafstand van 20 mm, die een afbeelding maakt op een lichtcel met een diameter van 10 mm

netto diameter $d_{lantaarn}$ mm	afstand r tussen de verkeerslantaarn en de lens mm	totale optische lengte mm
190	495	515
280	720	740

De lengte van het optisch systeem is zodanig dat het meetsysteem in de praktijk goed hanteerbaar blijft.

3.2.2 Meting op korte afstand

De meest eenvoudige oplossing is om het licht zonder enige optiek op een lichtcel te werpen. De meter bestaat uit een koker, voorzien van diafragma's om reflecterend licht op de kokerwanden te voorkomen (Figuur 6). Voordeel van deze constructie is dat ze robuust is en ook op lange termijn stabiel blijft en nauwelijks gevoelig is voor vervuiling. In Tabel 3 is de optische lengte voor 2 diameters van verkeerslantaarns gegeven.



Figuur 6. Het licht afkomstig van de verkeerslantaarn wordt direct op een lichtcel geworpen.

Tabel 3. De optische lengte van de meter.

netto diameter d_{lantaarn} verkeerslantaarn mm	afstand r tussen de verkeerslantaarn en de lens mm
190	495
280	720

3.3 Samenvatting

Oplossingen met optische hulpmiddelen zoals lenzen en/of spiegels moeten met zorg worden toegepast om de beoogde lange termijn stabiliteit van de meter te garanderen. Het meten van loodrecht uittredend licht is het meest nauwkeurig. Een constructie die geen optische hulpmiddelen bevat is robuust en stabiel. Het meten van niet loodrecht uittredend licht geeft een zeer onnauwkeurige presentatie van de intensiteit in vergelijking met de intensiteit zoals op grote afstand wordt vastgesteld. Een correctiefactor om de intensiteit te berekenen is in alle gevallen noodzakelijk.

4 Metingen

4.1 Referentiemetingen

Op de in de norm EN 12368 beschreven wijze is de intensiteit van de rode en groene lampen bepaald. Alle lampen waren nieuw en werden minstens 1 uur ingebrand. In Tabel 4 zijn de gemeten waarden gerelateerd aan de vroegere en huidige norm. Bij de meting bleek dat zowel de LED lamp als de halogeenlamp na inschakelen een negatief verlopende lichtoutput vertonen. Dat betekent dat een betrouwbare meting na minstens 15 minuten kon worden uitgevoerd.

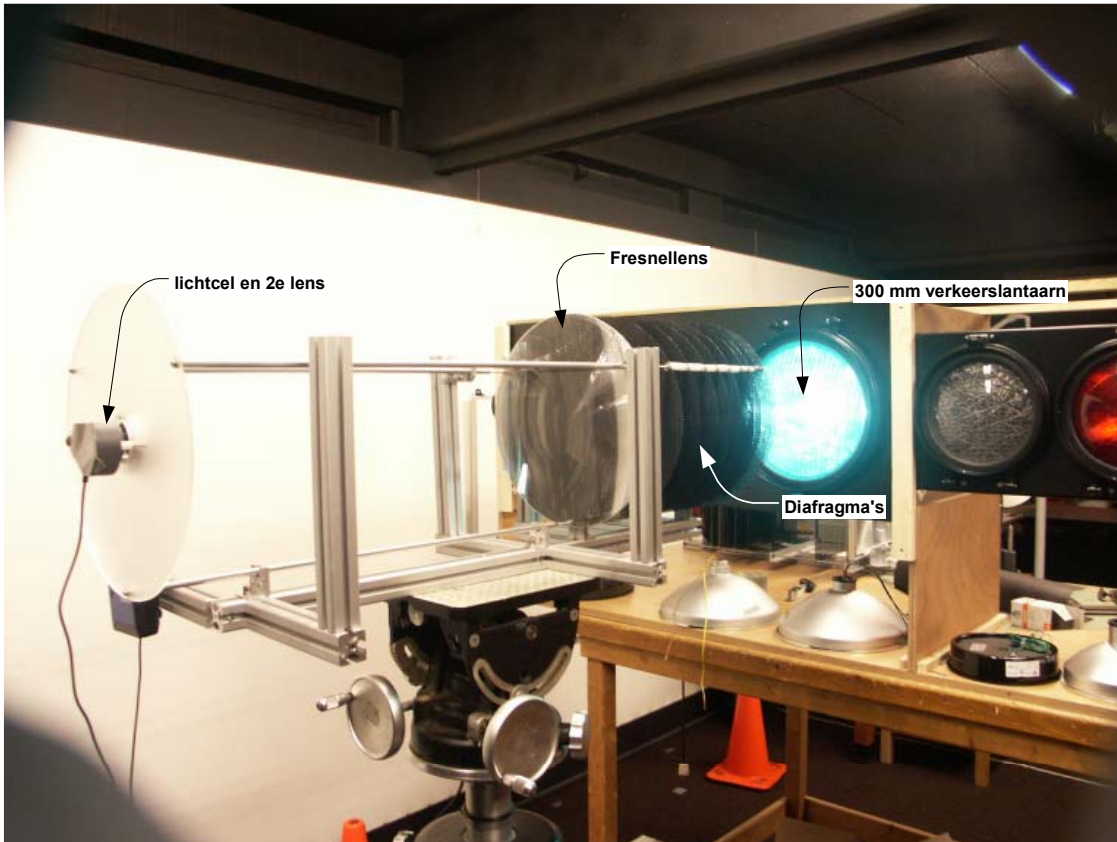
Tabel 4. Metingen aan de door de firma Vialis geleverde verkeerslantaarns en lampen. De intensiteit Eref is vergeleken met de eisen in de norm.

lens diameter mm	Kleur	Lamp	Merk	Type	U	P	Iref	NEN 3322	NEN 12368
					volt	watt	candela		
300	Rood	LED	Nederland Haarlem	619215	40	30	602	voldoet	PL 3
		Krypton	Osram	Sig 1462	40	40	677	voldoet	PL 3
		Halogeen	Philips	13557	10	50	924	voldoet	PL 3
		Gloeilamp	Osram	Sig 1546	230-240	100	573	voldoet	PL 3
	Groen	LED	Nederland Haarlem	619217	40	30	1094	voldoet	PL 3
		Krypton	Osram	Sig 1462	40	40	845	voldoet	PL 3
		Halogeen	Philips	13557	10	50	1135	voldoet	PL 3
		Gloeilamp	Osram	Sig 1546	230-240	100	709	voldoet	PL 3
200	Rood	LED	Nederland Haarlem	619201	40	30	509	voldoet	PL 3
		Krypton	Osram	Sig 1462	40	40	521	voldoet	PL 3
		Halogeen	Philips	6613	10	35	689	voldoet	PL 3
		Gloeilamp	Philips	6945E	220	60	212	voldoet niet	PL 1
	Groen	LED	Nederland Haarlem	619203	40	30	1021	voldoet	PL 3
		Krypton	Osram	Sig 1462	40	40	772	voldoet	PL 3
		Halogeen	Philips	6613	10	35	1036	voldoet	PL 3
		Gloeilamp	Philips	6945E	220	60	217	voldoet niet	PL 2

Volgens beide normen voldoet de gloeilamp van 60 W in de 200 mm lantaarn niet aan de gestelde eisen. In de norm 12368 geldt een minimum intensiteitswaarde van 400 cd voor performance level (PL) 3.

De intensiteitswaarde Iref vormt het uitgangspunt voor metingen aan het prototype meetinstrument waaraan in de vervolgfase de voorkeur zal worden gegeven.

4.2 Metingen aan het prototype



Figuur 7. Meetopstelling met verkeerslantaarns. Op de voorgrond de collimator met diafragma's geplaatst voor een 300 mm groen verkeerslicht.

De verlichtingssterkte werd bepaald met de constructie zoals beschreven in sectie 3.1 en afgebeeld in Figuur 7. Er werd een meting met en zonder diafragma's uitgevoerd. In Tabel 5 zijn de resultaten gegeven.

Tabel 5. De metingen met een collimator en met een collimator plus diafragma's. De verlichtingssterkte E werd gemeten. Deze waarde werd gerelateerd aan de in tabel 4 bepaalde intensiteit Iref. Hieruit kon de ijkfactor alsmede de meetfout worden bepaald.

		Collimator			Collimator + diafragma		
		E(lx)	Iref/E	Factor	E(lx)	Iref/E	Factor
LED	Rood 300 mm	128	4.70	4.87	23.5	25.63	25.24
Krypton		136	4.98		27.18	24.92	
Halogeen		191	4.84		35.94	25.71	
Gloeilamp		117	4.90		22.63	25.32	
LED	Groen 300 mm	228	4.80		44.17	24.77	
Krypton		168	5.03		34	24.85	
Halogeen		250	4.54		42.84	26.48	
Gloeilamp		138	5.14		29.26	24.23	
		rel. fout	3.94%		rel. fout	2.76%	
LED	Rood 200 mm	181.95	2.79	2.62	16.01	31.76	30.55
Krypton		205	2.54		17.33	30.09	
Halogeen		269	2.56		21.9	31.48	
Gloeilamp		84.43	2.51		7.62	27.87	
LED	Groen 200 mm	420.5	2.43		33.42	30.56	
Krypton		283	2.73		24.4	31.63	
Halogeen		363	2.85		34.1	30.37	
Gloeilamp		85.56	2.54		7.09	30.61	
		rel. fout	5.71%		rel. fout	4.20%	

Uit deze metingen blijkt dat het systeem geen verschil maakt tussen het type lichtbron of de kleur. De relatieve fout is voor beide systemen (met en zonder diafragma's) vrijwel gelijk. De fout bij toepassing van diafragma's is een fractie kleiner. Van mogelijke reflecties bij weglating van de diafragma's is pas sprake als de constructie in een meetkoker wordt ingebouwd. In dat geval moet aandacht gegeven worden aan reflecties. De meetwaarde moet met de berekende factor worden vermenigvuldigd om de intensiteit van de lichtbron vast te stellen. Deze factor is onafhankelijk van de kleur van de lichtbron.

Er blijkt uit het bovenstaande geen reden om de collimator uit te breiden met diafragma's. Door de diafragma's weg te laten wordt de constructie vereenvoudigd en vermindert het gewicht.

5 Conclusie

- Een betrouwbare lichtmeting op korte afstand kan worden bereikt met een lichtmeter die bestaat uit een collimator en een gecalibreerde luxmeter (Figuur 2).
- Het voorgestelde ontwerp is niet gevoelig voor het type of kleur van de lichtbron.
- Door de meetwaarde met een factor te vermenigvuldigen wordt de intensiteit vastgesteld.

Soesterberg, 13 november 2001

J.Varkevisser (projectleider)

Referenties

NEN 3322, 1972. *Verkeersregelinstallaties voor wegverkeer. Lichttechnische eisen en keuringsmethoden*. Nederlandse norm. Delft: Nederlands Normalisatie Instituut

NEN-EN 12368, 2000. *Verkeersregelinstallaties – Verkeerslantaarns*. Europese norm. Delft: Nederlands Normalisatie Instituut

Schreuder, D., 1999. *De invloed van vervuiling op de lichtsterkte van verkeerlantaarns. Een overzicht van de literatuur*. Leidschendam: Duco Schreuder Consultancies.

BIJLAGE

Gebruikte meetapparatuur

Lichtmeter voor de referentiemetingen.

Digital-Iph-Meter I500 van Licht Mess Technik LMT Berlin

Instrument no 180011

Mozaiek lichtcel $V\lambda$ gecorrigeerd en temperatuur gestabiliseerd

Meetkop no 180012

Ijkgetal lichtmeting 18,8 nA/lx

Calibratiedatum 17 december 1999

Meetafstand 300 mm lens: 30 m

Meetafstand 200 mm lens: 20 m

Lichtmeter voor prototype

LMT illuminantie meter type Pocket-lux 2 van Licht Mess Technik LMT Berlin

Instrument no 3186

Lichtcel $V\lambda$ gecorrigeerd, bereik 0,01 – 19.999 lx, meetfout 2,0%

Meetkop no PO 3186

Calibratiedatum 4 oktober 2001